



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA: DOCTORADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DE LOS ALIMENTOS



# **“Desarrollo y caracterización fisicoquímica y sensorial de productos alimenticios elaborados con tubérculos andinos”**

**Tesista:** Lic. Agustina M. Lotufo Haddad

**Director:** Dra. María Cristina Goldner, INIQUI-CONICET- Instituto de Investigaciones Sensoriales de Alimentos, Fac. Cs. Salud, UNSa.

**Co-director:** Ing. Margarita Armada, INIQUI-CONICET, Fac. de Ingeniería, UNSa.

Salta, 2019

## DEDICATORIA

A papá y mamá, mis ejemplos a seguir,  
A Ariel, por su aliento constante, mi mayor motor,  
A mis hermanos, mis compañeros de vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A las profesoras María Isabel Margalef y Raquel Guanca por su apoyo para mi trabajo en análisis sensorial.

A la Dra. Alejandra Bertuzzi, Dr. Pablo Ribotta, Dr. Anibal Slabuzky, Dr. José Bermúdez, Dra. Alicia Cid, Luz Seppi y Ana Mosso Rubin por su colaboración para las determinaciones instrumentales.

A Beatriz, Silvia, José y Alejandra, por su colaboración en el trabajo en laboratorio.

A la Escuela N° 4745 Coronel Juan Solá de Morillo, Salta.

A mis amigos Fernando, Enzo, Hugo, Noni, Jimena, Carolina, Ana Paula, Franco, Virginia y “las chicas del Teléfono”.

A las “chicas del IISA”: Cristina, Estela, Verónica, Gisella, Silvana, María Isabel y Claudia.

Al panel sensorial, que sin ellos este trabajo no hubiera sido posible.

A mi directora, la Dra. Cristina Goldner y co-directora, la Ing. Margarita Armada, por su guía y gran colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Los resultados de esta tesis han sido parcialmente publicados en:

**Papers:**

Lotufo, A.M.; Ribotta, P.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Textural, pasting, and rheological behavior of starch gels. Relation with sensory perception”. Enviado para su publicación el 12 de octubre de 2018. Journal “Starch” - Manuscript number star.201800286.

Lotufo, A.M.; Margalef, M.I.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Physico-chemical and sensory properties of marmalades made from mixtures of fruits and under-exploited andean tubers”. Journal of the science of food and agriculture doi: 10.1002/jsfa.8280, 2017.

**Trabajos completos:**

Lotufo, A.M.; Margalef, M.I.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Optimización de la aceptabilidad de mermelada dietética a base de chayote (*Sechium edule*)”, CYTAL-AATA, 2017.

Lotufo, A.M.; Margalef, M.I.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Características sensoriales e instrumentales de textura y color de mermeladas dietéticas a base de frutas y tubérculos andinos”, CYTAL-AATA, 2015.

**Publicación nacional:**

Lotufo, A.M.; Villalva, F.; Margalef, M.I.; Goldner, M.C.; Cravero, A. “La inulina como ingrediente funcional”. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud. Año 5, Vol.1, Nº 6. ISSN 2250-5628.

**Posters:**

Lotufo, A.M.; Margalef, M.I.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Optimización de la aceptabilidad de mermelada dietética a base de chayote (*Sechium edule*)”, CYTAL-AATA. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Año 2017.

Lotufo, A.M.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Aceptabilidad de licuados saludables elaborados con mezclas de frutas y hortalizas”, IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Córdoba, Argentina. Año 2016.

Lotufo, A.M.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Aceptabilidad, intención de compra-consumo y respuesta emocional de mermeladas elaboradas a base de frutas y tubérculos andinos”, IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Córdoba, Argentina. Año 2016.

Lotufo, A.M.; Margalef, M.I.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Evaluación sensorial de mermeladas dietéticas elaboradas con mezclas de frutas y hortalizas”, Congreso Argentino de Graduados en Nutrición. Salta, Argentina. Año 2015.

Lotufo, A.M.; Margalef, M.I.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Características sensoriales e instrumentales de textura y color de mermeladas dietéticas a base de frutas y tubérculos andinos”, CYTAL-AATA. Buenos Aires, Argentina. Año 2015.

Lotufo, A.M.; Margalef, M.I.; Armada, M.; Goldner, M.C. “Aceptabilidad-preferencia de mermeladas dietéticas a base de chayote (*Sechium edule*)”, IV Congreso de Alimentos Siglo XXI y XXXVII Reunión del Capítulo Argentino de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (CASLAN). Catamarca, Argentina. Año 2014.

### **Becas, proyectos e instituciones que financiaron esta tesis:**

- Beca de Iniciación a la Investigación del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta. 2014-2017.
- Beca de Finalización de Doctorado del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Tema de investigación: *Desarrollo y caracterización físico-química y sensorial de productos elaborados con tubérculos andinos*. 2017-2019.
- Proyecto PICT Bicentenario N° 2010-1098. *Revalorización de los alimentos andinos del noroeste argentino a través del estudio de sus propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales*. Directora: Dra. Cristina Goldner.
- Proyecto de Investigación Plurianual PIP n° 224. *Aceptabilidad global de papas andinas en poblaciones de diferentes culturas alimentarias. Un aporte para el patrimonio gastronómico del noroeste argentino*. Directora: Dra. Cristina Goldner.
- PICT 2016-604 Plan Argentina Innovadora 2020: *Estudios fisicoquímicos, reológicos y sensoriales de materia prima regional para el desarrollo de productos de confitería*. Directora: Dra. Cristina Goldner.
- Programa “Los científicos van a las Escuelas”. Proyecto: “Elaboración de bebidas saludables a base de frutas y verduras. Estudio del nivel de agrado en niños de la escuela primaria”. Directora: Dra. Cristina Goldner
- Ayuda económica del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta.
- Ayuda económica de departamento y de capacitación de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Salta.
- **Premio:** Segundo premio en el trabajo presentado en el IX Concurso estudiantil de alimentos innovadores. Otorgado por el 40º Congreso Argentino de Horticultura. Abril 2018.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	3
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	8
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	10
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS</b> .....	13
<b>RESUMEN</b> .....	14
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>CAPÍTULO I</b> .....	17
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	17
PARTE I: Cultivos andinos .....	17
PARTE II: Alimentos de humedad intermedia.....	23
PARTE III: Mermeladas.....	26
PARTE IV: Almidón .....	35
PARTE V: Análisis sensorial de alimentos.....	43
PARTE VI: Análisis instrumental de alimentos .....	66
<b>OBJETIVOS</b> .....	79
<b>CAPITULO II</b> .....	80
<b>ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR DE PRODUCTOS FORMULADOS CON LA INCORPORACIÓN DE TUBÉRCULOS ANDINOS</b> .....	80
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	80
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	83
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	87
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	100
<b>CAPÍTULO III</b> .....	102
<b>ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA, EMPASTE Y COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE GELES DE ALMIDÓN ANDINO. RELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN SENSORIAL</b> .....	102
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	102
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	104
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	110
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	122

CAPÍTULO IV .....	123
FORMULACIÓN DE MERMELADAS.....	123
INTRODUCCIÓN .....	123
OPTIMIZACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE MERMELADA DIETÉTICA A BASE DE CHAYOTE ( <i>Sechium edule</i> ).....	126
MATERIALES Y MÉTODOS .....	127
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	128
CONCLUSIÓN .....	131
FORMULACIÓN DE MERMELADAS CON MEZCLAS DE FRUTILLA, TOMATE DE ÁRBOL Y PAPA OCA, CON LA INCORPORACIÓN DE ALMIDÓN ANDINO..	132
MATERIALES Y MÉTODOS .....	132
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	135
CONCLUSIÓN .....	141
DESARROLLO DE MERMELADAS CON MEZCLAS DE FRUTILLA, MANZANA Y TUBÉRCULO OCA/COLLAREJA DE ALTO CONTENIDO EMOCIONAL .....	142
MATERIALES Y MÉTODOS .....	142
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	147
CONCLUSIÓN .....	164
CAPÍTULO V.....	165
DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL DE SNACKS FORMULADOS CON ALMIDÓN DE TUBÉRCULOS ANDINOS.....	165
INTRODUCCIÓN .....	165
MATERIALES Y MÉTODOS .....	172
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	176
CONCLUSIÓN .....	185
CAPÍTULO VI.....	186
CONCLUSIONES GENERALES.....	186
BIBLIOGRAFÍA .....	188

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química promedio de la papa andina ( <i>Solanum tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i> ).....	21
Tabla 2. Composición química promedio de la Oca ( <i>Oxalis tuberosa</i> ).....	22
Tabla 3. Clasificación de hidrocoloides de acuerdo a su fuente.....	30
Tabla 4. Composición química del tomate de árbol variedad roja.....	33
Tabla 5. Tamaño del gránulo de diversos almidones.....	36
Tabla 6. Contenido de amilosa y amilopectina de almidones naturales.....	38
Tabla 7. Temperatura de gelatinización de almidones de diferentes fuentes.....	40
Tabla 8. Clasificación de los atributos de textura.....	52
Tabla 9. Métodos para evaluar la textura de un alimento.....	52
Tabla 10. Clasificación de pruebas sensoriales.....	53
Tabla 11. Ventajas y desventajas del método CATA.....	65
Tabla 12. Características de parámetros viscoelásticos para los diferentes comportamientos de materiales.....	78
Tabla 13. Características de los participantes de la encuesta.....	87
Tabla 14. Frecuencia de consumo de mermeladas y <i>snacks</i> .....	88
Tabla 15. Dimensiones, categorías y ejemplos de términos incluidos para mermeladas.....	90
Tabla 16 Dimensiones, categorías y ejemplos de términos incluidos para <i>snacks</i>	91
Tabla 17. Frecuencias y porcentajes de mención de cada dimensión definitiva para mermeladas.....	93
Tabla 18. Frecuencias y porcentajes de mención de cada dimensión definitiva para <i>snacks</i> .....	94
Tabla 19. Resultados obtenidos de la evaluación de neofobia.....	100
Tabla 20. Componentes de los geles formulados (g/100g).....	106
Tabla 21. Perfil de la prueba de RVA.....	107
Tabla 22. Definiciones, técnicas de medición y anclas para las evaluaciones sensoriales.....	109
Tabla 23. Medias $\pm$ desvío estándar para los datos del perfil de textura, de la prueba de extrusión reversa y de los datos sensoriales.....	113
Tabla 24 . Medias $\pm$ Desvío estándar de los valores de $G'$ , $G''$ y $\tan \delta$ a 1 Hz y 25 °C.....	115
Tabla 25. Medias $\pm$ desvío estándar de los parámetros de las curvas de RVA para los sistemas modelos.....	117
Tabla 26. Codificación de variables independientes.....	127

Tabla 27. Diseño experimental de las confituras elaboradas .....	128
Tabla 28. Promedios de aceptabilidad de las formulaciones de mermeladas .....	129
Tabla 29. Componentes de las formulaciones de mermelada (g/100 g) .....	133
Tabla 30. Proporciones de oca, frutilla y tomate de árbol de las mermeladas formuladas.....	133
Tabla 31. Términos y frecuencia de mención de los mismos en el FP de las mermeladas.....	137
Tabla 32. Promedios de aceptabilidad global y por atributos de las mermeladas	140
Tabla 33. Proporciones de frutilla:manzana y propiedades físico-químicas de las mermeladas formuladas .....	143
Tabla 34. Atributos y referencias utilizados para los descriptores de color, textura y gustos.....	145
Tabla 35. Caracterización morfológica y física de los tubérculos andinos seleccionados.....	148
Tabla 36. Resultados de los análisis físico-químicos.....	149
Tabla 37. Resultados del ANOVA de modelo mixto para atributos sensorial .....	150
Tabla 38. Valores medios $\pm$ desvío estándar del perfil sensorial .....	152
Tabla 39. Valores medios $\pm$ desvío estándar de los análisis instrumentales de textura y color .....	154
Tabla 40. Coeficientes de Pearson en la correlación entre datos sensoriales e instrumentales .....	155
Tabla 41. Valores medios $\pm$ desvío estándar de las pruebas de aceptabilidad y emociones .....	157
Tabla 42. Componentes de las formulaciones de barritas (g/100 g) formuladas..	172
Tabla 43. Promedio de aceptabilidad de los productos formulados .....	176
Tabla 44. Porcentajes de mención de cada término .....	177
Tabla 45. Intención de compra de las diferentes formulaciones .....	178
Tabla 46. Porcentajes de mención de cada término .....	181
Tabla 47. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables estudiadas	184

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de alimentos según su actividad de agua. ....	23
Figura 2. Velocidad de alteración de los alimentos en función de la actividad del agua .....	24
Figura 3. Unidad de Sucralosa .....	29
Figura 4. Chayote ( <i>Sechium edule</i> ) .....	31
Figura 5. Tomate de árbol .....	33
Figura 6. Estructura química de la amilosa.....	37
Figura 7. Estructura química de la amilopectina .....	38
Figura 8. Cambios ocurridos en el gránulo de almidón durante la gelatinización, gelificación y retrogradación. ....	42
Figura 9. Sensograma que destaca las principales impresiones que tiene un evaluador al momento de realizar el análisis sensorial de un alimento .....	45
Figura 10. Partes de la lengua donde se percibe principalmente cada gusto .....	48
Figura 11. Espacios cromáticos que abarcan los diferentes parámetros del sistema CIELAB.....	66
Figura 12. Curva fuerza-tiempo típica obtenida de la prueba de TPA.....	68
Figura 13. Esquema de una celda simple de back-extrusion test. ....	70
Figura 14. Perfil de viscosidad y cambios estructurales de gránulos de almidón... ..	71
Figura 15. Ensayos reológicos .....	74
Figura 16. Ensayos reológicos oscilatorios.....	75
Figura 17. Barrido de amplitud de deformación o esfuerzo.....	75
Figura 18. Curva obtenida del barrido de deformación o esfuerzo de un producto	76
Figura 19. Barrido de frecuencia .....	76
Figura 20. Curva obtenida del barrido de frecuencia de un producto.....	77
Figura 21. Técnicas de investigación cualitativa de la percepción del consumidor.	81
Figura 22. Análisis de correspondencia de los conceptos de mermeladas y sus dimensiones .....	95
Figura 23. Disposición a probar las mermeladas elaboradas con papa andina .....	97
Figura 24. Disposición a comprar las mermeladas elaboradas con papa andina... ..	98
Figura 25. Almidón de papa andina “Rosadita” extraído por el método de Singh et al. (2003) .....	104
Figura 26. Proceso de extracción de almidón.....	105
Figura 27. Soluciones utilizadas para construir la curva estándar y las preparadas con el almidón de papa comercial y el andino.....	110

Figura 28. Prueba de extrusión reversa de sistemas formulados con almidón de papa comercial (a) y andino (b). .....	111
Figura 29. $G'$ and $G''$ vs frecuencia angular ( $\omega$ ) para los sistemas formulados con almidón de papa comercial (a) y andino (b) .....	112
Figura 30. Perfil de empaste de los geles formulados con almidón de papa comercial (a) y andina (b). Los números de curvas corresponden a los números de muestras.....	116
Figura 31. Regresión de mínimos cuadrados parciales para atributos sensoriales y datos instrumentales.....	120
Figura 32. Dendograma del análisis de conglomerados (APA: Almidón de papa andino, APC: Almidón de papa comercial) .....	121
Figura 33. Gráfico de superficie de la variación de la aceptabilidad de las muestras en función de la concentración de ácido cítrico y sucralosa .....	130
Figura 34. Gráfico de superficie de la variación de la aceptabilidad de las muestras en función de la concentración de inulina y ácido cítrico .....	130
Figura 35. Gráfico de superficie de la variación de la aceptabilidad de las muestras en función de la concentración de inulina y sucralosa.....	131
Figura 36. Evaluación de las mermeladas formuladas .....	134
Figura 37. Configuración de las muestras obtenidas por el análisis de Procrustes Generalizado. ....	138
Figura 38. Dendograma.....	139
Figura 39. Mermeladas elaboradas con mezclas de frutilla:manzana:oca y frutilla:manzana:collareja .....	143
Figura 40. Proceso de elaboración de las mermeladas .....	144
Figura 41. Sesión de entrenamiento del panel sensorial .....	145
Figura 42. Evaluador realizando la prueba triangular .....	146
Figura 43. Tubérculos andinos caracterizados: oca y collareja.....	148
Figura 44. Relación entre los nueve atributos sensoriales y los 19 pares de emociones .....	160
Figura 45. Matriz de correlación de las mermeladas y sus características sensoriales .....	161
Figura 46. PLS1 relación entre aceptabilidad y la respuesta emocional .....	163
Figura 47. Esquema de los diseños básico y reverso .....	169
Figura 48. Barras de cereal .....	173
Figura 49. Valores promedio de aceptabilidad global en función del tiempo de almacenamiento del producto .....	179
Figura 50. Análisis de correspondencia de los resultados de la prueba CATA de barras a diferentes tiempos de vida útil.....	182

Figura 51. Aceptabilidad e índice de peróxido en función del tiempo de almacenamiento (días) .....	183
Figura 52. Aceptabilidad y humedad relativa porcentual en función del tiempo de almacenamiento (días) .....	184
Figura 53. Aceptabilidad y actividad de agua en función del tiempo de almacenamiento (días) .....	184

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ANOVA, análisis de la varianza

$a_w$ , actividad de agua

BET, *back extrusion test*

CAA, Código Alimentario Argentino

CATA, *check all that apply*

FP, *flash profile*

$G'$ , módulo de almacenamiento (Pa)

$G''$ , módulo de pérdida (Pa)

m.s.n.m., metros sobre el nivel del mar

PCA, análisis de componentes principales

PLSR, regresión de mínimos cuadrados parciales

QDA®, análisis descriptivo cuantitativo

RVA, análisis rápido de viscosidad

RVL, región viscoelástica lineal

TPA, análisis del perfil de textura

$\tan \delta$ , tangente del ángulo

## RESUMEN

TÍTULO DE LA TESIS: Desarrollo y caracterización fisicoquímica y sensorial de productos alimenticios elaborados con tubérculos andinos.

El objetivo general de esta tesis fue desarrollar confituras y *snacks* dulces con la incorporación de tubérculos andinos o almidón extraído de ellos, a fin de aumentar el valor agregado de estos productos y su mayor inserción en el mercado, mejorando así las economías regionales.

Se estudió la percepción de los productos mediante técnicas proyectivas. El estudio fisicoquímico y sensorial de sistemas modelos, utilizando almidón como agente espesante, permitió establecer la concentración del mismo (5,5%) como la adecuada para la formulación de mermeladas dietéticas.

Se formularon mermeladas dietéticas con mezclas de frutilla, tomate de árbol y oca en diferentes concentraciones. Se aplicó la prueba sensorial de perfil rápido para caracterizar las muestras y se estudió la aceptabilidad global y por atributos de las mismas.

Se formularon mermeladas dietéticas con mezclas de frutilla:manzana:papa andina: oca y collareja, en diferentes proporciones y se realizó un análisis sensorial descriptivo cuantitativo con un panel entrenado y se determinó la textura y el color de manera instrumental. La aceptabilidad y las emociones que evocaban el consumo de estas confituras se evaluó con más de 700 consumidores.

El *snack* dulce (barrita de cereal), formulado con 15% de papa andina, se caracterizó sensorialmente (prueba CATA), se estudió su aceptabilidad, la intención de compra y su vida útil sensorial, correlacionando los datos sensoriales con los de actividad de agua, humedad e índice de peróxido.

Se determinaron relaciones entre atributos sensoriales e instrumentales.

Los productos obtenidos con la incorporación de tubérculos andinos se percibieron como novedosos y relacionados con el marketing. Se determinó que la untabilidad es la propiedad sensorial más importante en mermeladas. Tanto las confituras como los *snacks* resultaron sensorialmente aceptables. A través de la aplicación de métodos sensoriales e instrumentales se pudo caracterizar novedosas formulaciones de productos dietéticos con ingredientes regionales.

La formulación de productos con ingredientes no tradicionales permitirá dar valor agregado a los tubérculos andinos. La elaboración de nuevos productos utilizando materia prima innovadora es un incentivo para el mercado regional.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la Argentina, se ha producido un proceso de reconocimiento y revalorización de producciones tradicionales, a las que se les atribuyen cualidades distintivas. Este proceso expresa cambios en el hábito alimentario, donde la gastronomía que involucra productos autóctonos, de alto contenido cultural, y alimentos saludables adquiere una importancia y una promoción antes desconocidas (Martínez Reinoso, 2009). Así, se puede observar cómo en la programación televisiva culinaria se enseña cada vez más preparaciones en las que alimentos como los tubérculos andinos se encuentran incluidos, despertando gran interés en el consumidor urbano.

Los tubérculos nativos son el resultado de un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral por parte de los habitantes de las zonas altoandinas. Se caracterizan por poseer formas y colores llamativos (Pallo, 2010). Son alimentos de alta calidad, destacándose por su balance proteína-energía, su contenido de vitaminas, aminoácidos esenciales como la lisina y minerales principalmente fósforo, potasio y calcio (Fuenzalida, 2008). Además, la región andina es el hogar nativo de muchas frutas exóticas con alto potencial para desarrollarse como nuevos cultivos de exportación de alto valor (Council, 1989).

Las variedades nativas de tubérculos que se cultivan en el Noroeste Argentino, tienen un valor fundamental en la alimentación de los pobladores andinos (la producción tiene como fin el autoconsumo, la venta local, semilla para año siguiente y el trueque) y representan un importante potencial genético para el desarrollo de nuevos productos por sus características de calidad culinaria y agronómica (Suaréz, Andreu, Colman, Clausen y Feingold, 2010).

Entre los objetivos del Plan Nacional Argentina Innovadora 2020 se encuentra el de promover innovaciones para mejorar y desarrollar cultivos regionales para el mercado interno y la exportación. Esto favorecería en gran medida a los pobladores rurales de las provincias de Salta y Jujuy, que soportan actualmente una situación socioeconómica precaria, caracterizada por la falta de trabajo, con economías de subsistencia que, de a poco, está mejorando gracias a la demanda de alimentos andinos en diferentes mercados nacionales e internacionales.

Sin embargo, la falta de generación de productos procesados con alto valor agregado es una barrera para que el productor de esas regiones pueda sacar provecho de esta oportunidad de desarrollo, teniendo en cuenta además la creciente tendencia al consumo de productos procesados, por sus múltiples beneficios, practicidad y adaptación a los hábitos de vida actuales (Idígoras, 2014).

Una fuente importante de nutrientes para los seres humanos la han constituido desde siempre los alimentos de origen vegetal. Sin embargo, en muchas ocasiones se dificulta su máximo aprovechamiento, al ser perecederos debido al contenido de agua y sólidos solubles. Por ello, se han desarrollado técnicas que impiden o retardan el deterioro de estos productos, provocando cambios físicos o químicos en el alimento, disminuyendo el contenido de agua, lo que permite denominarlos alimentos de humedad intermedia (Fuentes Alarcón y Arana Errasquin, 2005).

Los alimentos de humedad intermedia (AHI) tienen un rango de actividad de agua ( $a_w$ ) que va desde 0,60 a 0,90, y se les adiciona humectantes y preservantes para prevenir o reducir el crecimiento de microorganismos. Se almacenan sin refrigeración, son eficientes desde un punto de vista energético, no necesitan ser rehidratados para su consumo y son relativamente baratos (Figuerola, Estévez y Avendaño, 2008).

Por todo lo expresado resultaría innovadora la formulación de diferentes productos alimenticios del tipo humedad intermedia utilizando tubérculos nativos, con prolongado periodo de conservación. Esto los haría alimentos aptos para ser utilizados tanto en la gastronomía regional como en el ámbito del montañismo, casos de emergencia o catástrofes naturales.

Indudablemente estos productos tendrán características fisicoquímicas distintas y se percibirán diferentes al producto original (Cardarelli, Buriti, Castro y Saad, 2007) por lo que será muy importante analizarlos instrumental y sensorialmente, y estudiar su aceptabilidad. La evaluación sensorial se define como un método científico usado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a estímulos percibidos por los sentidos de la vista, gusto, tacto, olfato y oído (Stone y Sidel, 1993). El desarrollo de perfiles sensoriales de alimentos permite realizar una descripción completa de los mismos. Actualmente, el campo de evaluación sensorial de los alimentos se ha centrado no sólo en estudiar la aceptabilidad, sino también en determinar las demás variables que hacen que los individuos se inclinen a comprar uno u otro alimento basándose en las respuestas emocionales que le producen los mismos. Cada vez es más utilizada en alimentos, con el objetivo de comprender mejor la elección del consumidor. Por ello, en este trabajo de tesis se propuso no sólo evaluar la aceptabilidad y características de los alimentos elaborados, sino también investigar la respuesta emocional generada al consumirlos.

Este trabajo resulta un importante avance en el conocimiento científico/tecnológico por el estudio de nuevas materias primas obtenidas en nuestro país que aún no están suficientemente explotadas ni industrializadas. La incorporación de alimentos andinos en la formulación de productos tradicionales es una oportunidad de revalorizarlos y preservar con su uso, la biodiversidad andina para generaciones futuras.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### **PARTE I: Cultivos andinos**

El patrimonio cultural de una región se puede entender como una herencia cultural, producto de las creaciones propias en el pasado de una comunidad, que les permite compartir intereses especiales, los cuales a su vez las hacen distinguirse de otros pueblos y les permiten tener un sentido de identidad (Valarezo Torres, 2016). Dentro del mismo se identifica al patrimonio gastronómico, que es un “valor cultural inherente y añadido por el hombre a los alimentos”. Engloba procesos y tradiciones alrededor de los alimentos, desde el cultivo, tratamiento, preparación, presentación, fechas, ocasiones, maneras y sitios en los que se los utiliza, instrumentos y utensilios, recetas y rituales que forman parte de una misma cosmovisión de un pueblo (Valarezo Torres, 2016).

Así, se evidencia que los alimentos forman parte de un sentido y memoria colectiva que es capaz de producir emociones y sentimientos similares entre grupos de personas tras su mención, evocación y consumo (Magri Harsich, 2008).

La palabra cosmovisión hace referencia al conjunto de creencias que llevan a una persona a interpretar el mundo que le rodea de una manera específica (Valarezo Torres, 2016). En la cosmovisión andina el mundo constituye una totalidad viva, lo que a su vez se representa como una colectividad natural, conocida también con el nombre de “Pacha”. Los habitantes de esta región tienen la necesidad vital de conectarse con la “Pachamama”. Como consecuencia de ello se desarrolló un modo de “ver” y sobre todo de vivir y sentir el mundo (Valarezo Torres, 2016).

No es casual que, de todo aquello que constituyen las culturas alimentarias, lo que más se haya “patrimonializado” sean los llamados productos de la tierra y la cocina regional o local. Entre otras cosas porque productos de la tierra y platos locales se integran claramente en determinadas dinámicas, tanto en el ámbito de la producción alimentaria como del turismo (González Cabrera, 2016).

La región andina es cuna de un gran número de cultivos alimenticios que fueron domesticados por pueblos autóctonos hace miles de años, inclusive mucho antes de la expansión de la civilización Inca (Seminario, 2004). En ella, existía una agricultura regional bien organizada (tanto los recursos como las prácticas de cultivo y sus costumbres (Makuch et al., 2014), con una respetuosa utilización del medio, vinculada a la Madre Tierra (Pachamama) y una compleja cosmovisión andina (Tapia y Fries, 2007).

La labor de selección de los agricultores junto con las características del ambiente han generado diversidad genética (González Cabrera, 2016). Se estima que más de 40 especies de alimentos se cultivaban en el imperio incaico en la época precolombina, entre otras, raíces y tubérculos nativos como el melloco, oca, mashua, zanahoria blanca, papa; granos andinos como la quinua y el amaranto; legumbres como el lupino; hortalizas, verduras y frutas como cayote, zapallo, tomate, ají, palta, mora; algunos condimentos y hierbas; cereales como el maíz, el cual constituyó, junto con la papa, la base del sostenimiento de muchas comunidades (Valarezo Torres, 2016). Los inmigrantes también han contribuido a incrementar esta riqueza al incorporar nuevas especies domesticadas en sus lugares de origen, especialmente desde el mediterráneo europeo, luego seleccionadas y adaptadas a las condiciones locales (Makuch et al., 2014).

Con el transcurso del tiempo, algunos de estos cultivos han adquirido importancia global. Sin lugar a dudas, en los primeros puestos se encuentran los tubérculos andinos (González Cabrera, 2016) que constituyen el alimento básico no solamente para cientos de familias campesinas andinas, sino también para millones de personas en el mundo entero (Seminario, 2004).

### **Tubérculos andinos**

Los tubérculos andinos son un grupo de raíces que crecen en tierras altas (por encima de los 3000 m de altitud) en la región andina, que en Argentina se limita a la Quebrada de Humahuaca, Puna y altos valles de las provincias de Jujuy y Salta (Cruz, Ribotta, Ferrero e Iturriaga, 2016). Han sido consumidos por más de 3000 años por pobladores andinos como incas, quechuas y aymaras (Goldner, Pérez, Pilosof y Armada, 2012). Entre ellos, los más difundidos son papa andina (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*), oca (*Oxalis tuberosa*), y Papalisa (*Ullucus tuberosus* Caldas), pero existen cerca de 4000 variedades (Hermann, 2014; Chávez, 2008). Esto puede deberse a que las papas fueron domesticadas partiendo desde las especies silvestres, creándose nuevas variedades mediante diferentes cruzamientos naturales o dirigidos, que permitieron la formación de numerosas variedades (Tapia y Fries, 2007).

Tienen formas y colores variados; se tipifican como redondas, ovaladas, alargadas, planas, así como con ojos (yemas) superficiales o numerosos ojos muy hundidos. La escala de colores de la pulpa o carne va desde el blanco hasta el morado (Tapia y Fries, 2007). Además presentan sabores diferentes (Cruz et al., 2016).

Por lo general, están sembrados en pequeñas áreas bajo sistemas de producción tradicionales y en condiciones difíciles, pero son imprescindibles para asegurar la diversificación alimentaria y el sustento de las poblaciones que viven en mayor riesgo

(Espinosa y Abad, 1996). Todas ellas son usadas por los pobladores andinos rurales en su alimentación y forman parte de su cultura (Barrera, Tapia y Monteros, 2004; Seminario, 2004). Además, tienen una importancia estratégica en las áreas de economía campesina, considerando como ventajas comparativas, la generación de empleo rural, el mejoramiento de la dieta alimenticia de la población en general, la oportunidad de generar valor agregado significativo a la agricultura, el desarrollo sostenible de la agroindustria y la posible generación de divisas por exportación futura de productos y subproductos (González Cabrera, 2016).

En Argentina la producción de papas andinas por año es de 5.708 toneladas y se venden como papas frescas empacadas, puré de papa andina, papas deshidratadas con energía solar, envasadas al vacío, papas precocidas y dulces de papa oca glaseada (Cruz et al., 2016).

El valor nutricional de los tubérculos andinos confirma que pueden utilizarse como alternativas para satisfacer el aumento de la demanda de alimentos humanos y animales, y que pueden usarse en la industria. A pesar de esta creciente inserción en el mercado, es de destacarse que existen otras formas de procesamiento y usos potenciales que no han sido lo suficientemente explorados hasta el momento. Los tubérculos pueden usarse como materia prima industrial para la producción de almidón, el cuál es el principal componente de estos tubérculos (Cruz et al., 2016).

En la literatura disponible existe información sobre las propiedades funcionales y fisicoquímica del almidón de papa (*Solanum tuberosum*), pero aún hay poco conocimiento sobre los obtenidos de tubérculos andinos (Cruz et al., 2016).

### **Importancia de los tubérculos andinos**

La importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutricional (FAO, 2011) radica en lo siguiente (Suquilanda Valdivieso, 2012):

- Aumentan la variedad de alimentos utilizando todos los recursos disponibles;
- Mejoran el estado nutricional al hacer las dietas más sabrosas y con mayor cantidad y mejor combinación de proteínas, vitaminas, minerales y fibra alimentaria (Ayala, 2014; Jacobsen, Mujica y Ortiz, 2003);
- Muchas de estas plantas son resistentes a la sequía, pueden cultivarse sin necesidad de insumos costosos y son de fácil almacenamiento, lo que puede evitar los períodos de escasez estacional (Jacobsen, Mujica y Ortiz, 2003);
- Elevan el consumo familiar y aumentan los ingresos del hogar al vender o intercambiar los excedentes en los mercados locales (Clavijo Ponce y Pérez Martínez, 2014; Espinosa y Abad, 1996);

- Aumentan la disponibilidad de alimentos y contribuyen a reducir las importaciones de los mismos; y
- Pueden convertirse en una importante fuente de divisas al exportar estos cultivos o sus productos derivados (Devaux et al., 2010).

### **Variedades de tubérculos andinos**

Como ya se mencionó, existen al menos 4000 variedades de tubérculos andinos (Hermann, 2014; Chávez, 2008). En Argentina se cosechan 60 variedades, y las que se producen corresponden a los grupos de papa andina (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y Papalisa (*Ullucus tuberosus*). Las características de las mismas se describen a continuación.

### ***Papa andina (Solanum tuberosum ssp. Andigenum)***

Es considerada la madre de los tubérculos andinos. Fue domesticada en la región andina hace más de 8000 años. Partiendo de papas silvestres, no comestibles, los pobladores de la región andina fueron desarrollando una diversidad de papas que hasta el presente enriquecen la alimentación de muchas comunidades altoandinas (Fernández y Failde de Calvo, 2008).

Las papas andinas se caracterizan entre otras cualidades por su diversidad de formas, colores y pigmentación interna del tubérculo (Chávez, 2008). El color de la cáscara puede ser blanco, amarillo, rosado, rojo, morado hasta el azul; el amarillo por ejemplo se debe a la concentración de carotenoides, el rojo, púrpura o azul a las antocianinas. Ambas sustancias tienen propiedades antioxidantes (Fernández y Failde de Calvo, 2008).

En los últimos años, las papas nativas, han transitado un nuevo camino hacia los mercados industriales y en el denominado gourmet (color, forma, textura, valor nutritivo, etc.), consiguiendo precios superiores a las papas comerciales blancas y amarillas. Con ello se convierten en un producto de enorme potencial para el desarrollo económico y social de los pequeños productores y comunidades andinas, pero ello conlleva una tremenda responsabilidad de parte de ellos, para conservar la biodiversidad y los métodos tradicionales (Clavijo Ponce y Pérez Martínez, 2014), casi artesanales de producción que le han permitido ser redescubiertas como una nueva alternativa comercial (Fernández y Failde de Calvo, 2008).

Los lugares donde se realiza la principal producción de este tipo de tubérculos para el mercado es en las zonas de los Valles, Alfarcito y Humahuaca; en las zonas altas se destina mayormente para el auto consumo y venta en ferias locales. En Maimará funciona la Cooperativa Agropecuaria y Artesanal Unión Quebrada y Valles

(C.A.U.Que.Va.). Esta cooperativa formula diferentes productos a partir de cultivos andinos (Cruz et al., 2016).

La papa es uno de los cultivos más importantes de la región interandina, constituyendo una de las fuentes vegetales más nutritivas (Suquilanda Valdivieso, 2012; Chávez, 2008). Posee elevada concentración de almidón, además de una cantidad importante de vitaminas, minerales y fibra (Naser, 2013). Su composición química puede observarse en la Tabla 1.

**Tabla 1. Composición química promedio de la papa andina (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*)**

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad en 100 g</b>
<b>Agua</b>	81 ± 5 g
<b>Hidratos de Carbono</b>	18 ± 5 g
<b>Proteínas</b>	2,1 ± 0,3 g
<b>Fibra</b>	1,4 ± 0 g
<b>Vitamina C</b>	19 ± 0 mg
<b>Potasio</b>	255 ± 0 mg
<b>Sodio</b>	2,5 ± 0,1 mg
<b>Calcio</b>	7, 5 ± 1,5 mg
<b>Hierro</b>	1,8 ± 0 mg

**Fuente:** Fernández y Falide de Calvo, 2008

En la Quebrada de Humahuaca se conservan actualmente más de 40 poblaciones, del género *Solanum*, pertenecientes a la subespecie *andigena*. Se las divide por sus tonalidades en azul, roja y blanca, aunque hay también algunas poblaciones manchadas en uno de los extremos o coloreada alrededor de la yema (Fernández y Falide de Calvo, 2008).

Variedades disponibles: Negra, Imilla negra, Papa azul, Tuni azul, Churqueña, Collareja, Morada, Runa morada, Tuni morada, Waicha, Imilla colorada, Cuarentilla, Rosadita, Señorita, Malcacha, Runa, Chacarera, Revolución y Tuni blanca (Cruz et al., 2016; Fernández y Falide de Calvo, 2008).

### **Oca (*Oxalis tuberosa*)**

La Oca (*Oxalis tuberosa*) es uno de los cultivos nativos más antiguos de los Andes (Fernández y Falide de Calvo, 2008) con alrededor de 8000 años, esta planta anual herbácea de entre 30 y 80 centímetros de alto se cultiva desde los 2300 hasta 4100 m.s.n.m. Es el segundo tubérculo en área de cultivo e importancia después de la papa (Amores Balseca, 2016).

Pertenece a la familia *Oxalidaceae* que incluye ocho géneros con más de 800 especies y una gran diversidad de formas y colores, identificándose tres variedades de oca: albas (blancas), flavas (amarillo claro) y pigmentadas (amarillo intenso, anaranjado, roseo violáceo). Este tubérculo de textura harinosa y sabor ligeramente dulce se consume hervido, cocido al horno, frito y encurtido; puede usarse en panificación, confituras y extracción de alcohol por fermentación debido a su alto contenido de almidón y azúcares (Amores Balseca, 2016; Tapia y Fries, 2007). Su composición química se expone en la Tabla 2.

**Tabla 2. Composición química promedio de la Oca (*Oxalis tuberosa*)**

<b>Nutriente</b>	<b>g/ 100 g</b>
<b>Agua</b>	74,7 ± 0,61
<b>Hidratos de Carbono</b>	21,6 ± 0,00
<b>Proteínas</b>	1,15 ± 0,00
<b>Lípidos</b>	0,13 ± 0,05
<b>Fibra</b>	1,53 ± 0,00
<b>Cenizas</b>	0,88 ± 0,02

Fuente: Jiménez and Samman (2014)

### ***Papalisa (Ullucus tuberosus)***

El ulluco o papa lisa, *Ullucus tuberosus*, se caracteriza por su variación de colores básicos (blanco, amarillo, anaranjado, verde y pardo), pudiendo aparecer en la cáscara jaspeados, puntuaciones y bandas que le dan un aspecto característico típico. El ulluco es rico en carbohidratos y contiene vitaminas y proteínas, aportando sabores diferentes a los platos (Fernández y Failde de Calvo, 2008). El ulluco es el que más se asemeja a la papa en su morfología, pero por su forma de crecimiento es más parecido a la oca. Variedades disponibles: morada, verde, amarilla y overa (Amores Balseca, 2016).

En este trabajo de tesis se utilizaron los tubérculos andinos: Oca (*Oxalis tuberosum*), Collareja y Rosadita (*Solanum tuberosum spp Andigenum*); las dos primeras se incorporaron en prototipos de formulaciones de mermeladas. De la Rosadita se extrajo el almidón como materia prima para la formulación de mermeladas y *snacks* dulces (Fernández y Failde de Calvo, 2008).

## PARTE II: Alimentos de humedad intermedia

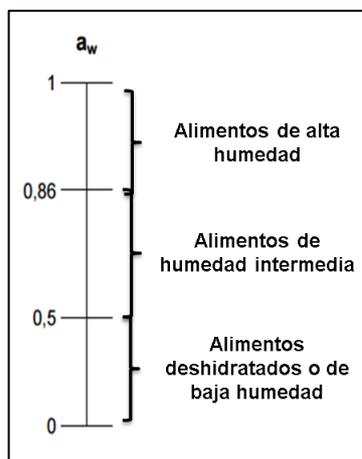
### Actividad de agua

El agua presente en los tejidos vegetales y animales (alimentos) puede estar más o menos “disponible” y así se distingue en “agua libre” y “agua ligada”. El agua llamada ligada puede estar más o menos fuertemente unida, de tal forma que el estado del agua presente en los alimentos es importante para la estabilidad del mismo (Cheftel y Cheftel, 1984).

El sistema más fácil para tener una medida de la mayor o menor “disponibilidad” del agua en los diversos alimentos es la actividad del agua ( $a_w$ ), que es una propiedad termodinámica definida como el cociente entre la presión de vapor del agua en una solución o alimento que depende del contenido de humedad y de la temperatura (Moreira, Chenlo y Torres, 2009) y la presión de saturación de vapor del agua pura a la misma temperatura (Rodríguez Negrette, 2016).

La  $a_w$  constituye una medida relativa por relación a un estado “estándar”, tomado como término de comparación; el estado estándar escogido es el agua pura cuya actividad se fija en la unidad, por lo que la actividad de agua de una solución o un alimento es inferior a 1 (Badui, 2012; Cheftel y Cheftel, 1984). Así, los alimentos se clasifican en (Figura 1):

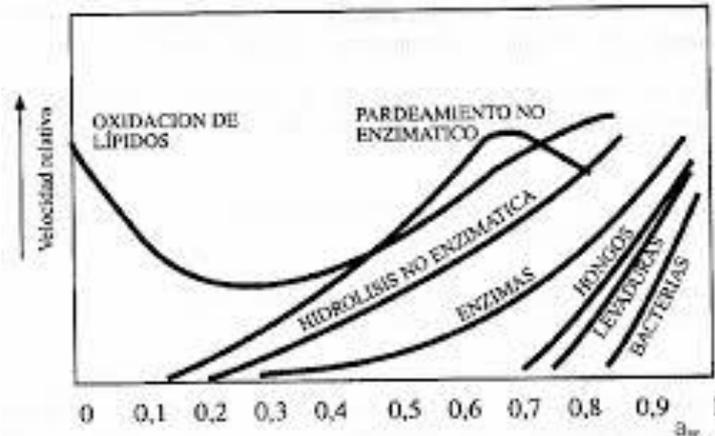
- Alimentos de humedad alta
- Alimentos de humedad intermedia
- Alimentos de humedad baja



**Figura 1. Clasificación de alimentos según su actividad de agua.**

**Fuente:** Zúñiga (2012)

Con el aumento de la actividad de agua hay mayor crecimiento microbiano, reacciones químicas y actividad enzimática más acelerada (Sun-Waterhouse, Teoh, Massarotto, Wibisono y Wadhwa, 2010). La velocidad de estas reacciones aumenta con la actividad del agua (Figura 2).



**Figura 2. Velocidad de alteración de los alimentos en función de la actividad del agua**

Fuente: Labuza, 1968

### Alimentos de humedad intermedia

El término humedad intermedia ha sido introducido en el vocabulario de los tecnólogos de los alimentos durante los años sesenta para identificar a un grupo heterogéneo de productos que se asemejan a los alimentos desecados en su resistencia a las alteraciones microbiológicas pero que contienen mayor cantidad de agua en su constitución y en consecuencia mejores propiedades sensoriales. Los alimentos de humedad intermedia (AHI) se definen como aquellos que son estables básicamente por reducción de su  $a_w$  (Camarena y Sanjuán, 2008).

Presentan niveles de  $a_w$  entre los valores de 0,65 a 0,86 y un contenido de humedad de 20 a 50% (Aquino y Sánchez, 2015; Zúñiga, 2012), adquirida por la adición de sal, azúcar o aditivos humectantes y conservantes. El valor de 0,86 se toma como límite ya que es suficiente para inhibir bacterias patógenas como el *Stafilococcus aureus*, aunque es insuficiente para evitar hongos y levaduras, por lo que en la elaboración de estos alimentos se suelen añadir sorbatos y benzoatos (Casas, 2003).

### Ventajas de estos productos

Entre las ventajas de los AHI se pueden citar las siguientes (Badui, 2012):

- Simplicidad de los métodos de producción y de los equipos necesarios para su elaboración.
- Son microbiológicamente estables a temperatura ambiente.
- No necesitan rehidratarse para ser consumidos (Aquino y Sánchez, 2015; Figuerola et al., 2008).

- No deben refrigerarse para su conservación (disminución de costos de conservación) (Figuerola et al., 2008).
- Mantienen buenas características sensoriales.

### **Formulación de AHI**

Los AHI pueden formularse a través de tres rutas (Badui, 2012):

- Por concentración o evaporación tradicional de alimentos frescos con mucha agua, como las mermeladas y las leches evaporadas.
- Por el mezclado de materias primas con poca agua, como en algunos embutidos y los rellenos de frutas para las barras de cereales; su humectación se promueve con la adición de agentes humectantes, definidos como sustancias que protegen a los alimentos de la pérdida de humedad en ambiente de baja humedad relativa o que facilitan la disolución de un polvo en un medio acuoso (CAA, 2016).
- Por la deshidratación osmótica, como ocurre con las frutas cristalizadas o confitadas, cuya elaboración es a base de baños con diferentes concentraciones de azúcar y contra las cuales pierden agua paulatinamente.

Los ingredientes como la sacarosa, el azúcar líquido, el jarabe de maíz, el azúcar invertido, la miel o una combinación de estos, se utilizan con mucha frecuencia para impartir dulzor y modificar la actividad del agua en los rellenos de los productos para hornear (Sun-Waterhouse et al., 2010).

Si bien, en los AHI hay pocas posibilidades de que las bacterias patógenas puedan desarrollarse, los hongos y levaduras sí pueden hacerlo (Aquino y Sánchez, 2015). Por ello, es imprescindible añadir agentes antimicrobianos de acuerdo a las características del producto: la reducción del contenido de humedad y de la actividad de agua se considera como una herramienta para mejorar la calidad de producto y alargar la vida útil del mismo, signo de estabilidad microbiológica (Badui, 2012).

Entre los AHI se pueden citar los siguientes: frutas secas comunes como higos, ciruelas, pasas y pelones; productos dulces como miel, dulce de leche, leche condensada; anchoas enlatadas y algunos productos de panadería y confitería, como magdalenas, bizcochuelos, turrone, confites suaves, *mashmelows*, jaleas y mermeladas (Gómez, Carmona y Fernández-Salguero, 1991).

Entendiendo la importancia de este tipo de productos, muchos investigadores desarrollaron diferentes AHI. Algunos ejemplos son los AHI para ancianos formulados a base de extrusado de maíz:soja, adicionados con calcio, de buena aceptabilidad (Del Castillo, Armada y Gottifredi, 2000), los desarrollados por Figuerola et al. (2008), a partir de poroto (*Phaseolus vulgaris L.*) incorporando glicerol como agente humectante y los *chutneys* formulados por Zúñiga (2012).

### **PARTE III: Mermeladas**

#### **Mermeladas**

El CAA, en su artículo 810 define a las mermeladas como la confitura elaborada por cocción de frutas u hortalizas (enteras, en trozos, pulpa tamizada, jugo y pulpa normal o concentrada), con edulcorantes. Deberá cumplir las siguientes condiciones:

a) El producto terminado tendrá consistencia untable y se presentará como una mezcla ínfima de componentes de frutas enteras o en trozos.

b) Dicho producto tendrá sabor y aroma propios, sin olores ni sabores extraños.

c) La proporción de frutas y hortalizas no será inferior a 40,0 partes % del producto terminado.

d) Cuando la naturaleza de la materia prima lo exigiere, se admitirá la presencia de piel y/o semillas en la proporción en que naturalmente se encuentren en la fruta fresca (tomates, frutillas, frambuesas y semejantes) y en la parte proporcional que corresponde de acuerdo a la cantidad de fruta empleada.

e) Cuando se prepare con sacarosa, el producto terminado deberá contener una cantidad de sólidos solubles no menor de 65,0% (determinados por refractometría según la Escala Internacional para sacarosa).

Las mermeladas son alimentos consumidos principalmente en el desayuno (como un producto para untar), pero también se utilizan para rellenos de tartas, productos de panadería y de confitería (Igual, Contreras y Martínez-Navarrete, 2014).

La elaboración de mermeladas y jaleas tradicionales requiere de un adecuado equilibrio entre los cuatro constituyentes principales:

- Pectina
- Ácido
- Sacarosa
- Agua

#### ***Pectina***

La pectina es un polisacárido que se encuentra en las paredes celulares y espacios intercelulares del tejido vegetal. Es un coloide que tiene la capacidad de embeber y retener agua.

La propiedad más importante de las pectinas es la de formar geles, por ello es el agente más importante de las frutas. En algunas mermeladas (como las formuladas con frutas de poco contenido de pectina o en las dietéticas (Jiménez y Herrera, 2003)) las pectinas deben agregarse para utilizarse como agentes gelificantes y espesantes.

Químicamente las pectinas son polímeros lineales del ácido galacturónico, con proporción variable de grupos carboxilos esterificados con alcohol metílico; el enlace

es alfa 1-4 glucosídico. Un número limitado de residuos de azúcar como ramnosa, galactosa y arabinosa, pueden estar presentes, a nivel de cadenas laterales, como partes de la estructura del ácido poligalacturónico. Según el grado de esterificación, las pectinas se clasifican como pectinas de alto metoxilo o bajo metoxilo. Los dos grupos tienen propiedades diferentes y gelifican bajo condiciones diferentes (Armada, 2016):

- Las pectinas de alto metoxilo tienen una elevada proporción (normalmente 50-58%) de grupos carboxilos esterificados y se pueden hacer gelificar con la adición de azúcar y ácido.
- La pectina de bajo metoxilo tiene sólo 29-40% de los grupos carboxilos esterificados. Para que estas pectinas puedan gelificar requieren formar enlaces cruzados con iones divalentes como calcio (Featherstone, 2016). Si se forman suficientes enlaces cruzados, se puede obtener una red tridimensional que atrapa líquido, formando un gel.

La cantidad de pectina varía según la fruta, el tejido y el grado de madurez. La proporción de pectina es mayor en frutas a punto de madurar y se encuentra en la cáscara, centro de la fruta, semillas, cabos y albedo o parte blanca ubicada debajo de la cáscara de las frutas cítricas (Armada, 2016).

### **Ácido**

Los ácidos contribuyen a la consistencia, clarifican el color, mejoran el sabor e impiden la cristalización de la sacarosa.

El ácido endurece la fibra de la red, pero si la acidez es elevada, afecta la elasticidad dando una jalea rígida, o bien, destruye la estructura por hidrólisis de la pectina. La acidez baja debilita las fibras de la red y no soportan el jarabe, por lo tanto la jalea es poco firme.

El pH óptimo es 3,0 con un rango de 2,8 a 3,4 que permite la elaboración de mermeladas con adecuada formación del gel, desarrollo de las características sensoriales típicas y vida útil (Featherstone, 2016). Por encima de 3,6 no se forma gel, hay escasa inversión de la sacarosa y puede cristalizar; por debajo de 2,8 se debe aumentar la temperatura para formar el gel, la cual será débil por la excesiva inversión de la sacarosa, la gelificación es rápida, el sabor es ácido y puede producirse sinéresis (Jimenez y Herrera, 2003; Featherstone, 2016).

### **Sacarosa**

Es un ingrediente muy importante en la formulación de mermeladas ya que es el edulcorante por excelencia (Basu y Shivhare, 2010). Además contribuye a la formación

del gel favoreciendo la gelificación de la pectina (cuando es de alto metoxilo), contribuye con aspectos como el color y el brillo (Basu y Shivhare, 2010) y favorece la conservación del producto impidiendo el desarrollo de mohos (Jiménez y Herrera, 2003).

La concentración adecuada varía entre el 60 y 70% del producto final, para evitar la cristalización. Si la cantidad es insuficiente, la estructura del gel es poco firme y puede haber desarrollo de mohos; si es excesiva, la sacarosa cristaliza.

Durante la cocción se produce la inversión de la sacarosa a una mezcla de fructosa y dextrosa. A mayor cantidad de pectina en la fruta y a mayor acidez, menor es la cantidad de azúcar necesaria para formar el gel. El punto de ebullición del producto es indicador de la concentración de azúcar.

### **Agua**

El agua disuelve el ácido y el azúcar y dispersa la pectina. Es importante la cantidad evaporada en la cocción por la consistencia del gel.

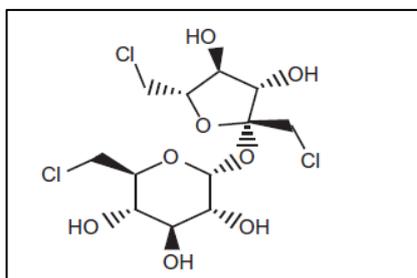
### **Mermeladas dietéticas**

El consumidor actual es más exigente respecto al producto que recibe y más consciente de su salud, por lo que busca productos más saludables. Entre esos, los reducidos en azúcares encabezan la lista. Cada vez más las personas elijen gaseosas, golosinas, mermeladas y jaleas, postres, entre otros con menos contenido de azúcar (Basu y Shivhare, 2010).

En mermeladas tradicionales, la sacarosa es uno de los ingredientes principales (WHO/FAO, 2003), pero su consumo excesivo contribuye a la formación de caries (Moynihan y Kelly, 2014) y la aparición de enfermedades metabólicas (Mendonça et al., 2005). El reemplazo de sacarosa por edulcorantes no nutritivos podría resultar una estrategia viable para la reducción de la ingesta de azúcar (Markey, Lovegrove & Methven, 2015); por lo tanto, el desarrollo de mermeladas reducidas en azúcar es una alternativa muy atractiva. Los productos desarrollados en esta tesis tienen la adición de sucralosa como edulcorante no nutritivo en reemplazo del azúcar comercial.

La sucralosa es un edulcorante no nutritivo de alta intensidad, estable al ácido y al calor, y se puede usar para preparar mermeladas sin comprometer el sabor. La sucralosa (1,6-dicloro-1,6-dideoxi- $\beta$ -D-fructofuranosil-4-cloro-4-desoxi- $\alpha$ -D-galactopiranosido) (Figura 3) es uno de los candidatos más prometedores como edulcorante ideal no nutritivo, ya que es 600 veces más dulce que la sacarosa y no deja el indeseable regusto metálico, característico de otros edulcorantes (Manazael et al., 2018). Se obtiene por cloración selectiva de sacarosa, la cual produce cambios

profundos en la intensidad del dulzor y la estabilidad de la sacarosa (Parra Gaete, 2012).



**Figura 3. Estructura molecular de la sucralosa**

**Fuente:** García Almeida, Casado y García Alemán (2013)

La variación de ingredientes o de sus concentraciones en la formulación de mermeladas (como la reducción del contenido de azúcar) conduce a cambios en la estructura del gel que son percibidos por el consumidor (Agudelo, Varela y Fiszman, 2015). Es por ello que generalmente, para lograr la consistencia deseada en mermeladas dietéticas, se incorporan hidrocoloides a la formulación.

Los hidrocoloides se pueden definir como polímeros solubles en agua que poseen la habilidad de conferir viscosidad o gelificar sistemas acuosos (Agudelo et al., 2014). Se trata de proteínas o polisacáridos de alto peso molecular. Pueden obtenerse a partir de diversas fuentes: semillas, cereales, extractos de algas marinas, exudados de plantas, bacterias, animales, de origen microbiano (semisintéticas) y sintéticas (Ospina Casas, 2016; Pasquel, 2001). En la Tabla 3 se muestra la clasificación de acuerdo a su origen. Los hidrocoloides son ampliamente utilizados en una variedad de sectores industriales como espesantes y gelificantes de soluciones acuosas, estabilizantes de espumas, emulsiones y dispersiones, inhibidores de formación de hielo y cristalización de azúcar y la liberación controlada de sabores, etc. (Vanegas Pérez, 2009; Sanz, 2003; Pasquel, 2001). La industria alimentaria, en particular, ha visto un gran incremento en el uso de estos materiales en los últimos años. A pesar de que a menudo se utilizan en bajas concentraciones, pueden tener una influencia significativa en las propiedades sensoriales de los productos alimenticios (Phillips y Williams, 2009).

Hidrocoloides como el xantano, carragenina, pectina, almidón y gelatina se utilizan generalmente en alimentos debido a sus propiedades funcionales. En este trabajo de tesis se utilizó el almidón como agente espesante, para modificar la consistencia de confituras, y la pectina, como agente gelificante.

**Tabla 3. Clasificación de hidrocoloides de acuerdo a su fuente**

Origen	Ejemplos	
<b>Plantas superiores</b>	Exudados	Goma arábica, goma tragacanto, goma Gatti
	Estructurales	Almidón, pectinas, celulosa
	De reserva (semillas, tubérculos)	Goma guar, goma garrofín, goma tara
<b>Extractos de algas</b>	Algas rojas	Agar- agar, carragenanos
	Algas marrones	Alginatos
<b>Microbiano</b>	Goma xántica, dextrano, celulosa	
<b>Animal</b>	Gelatina, quitosano, proteínas del suero	

Fuente: BeMiller, 2001

Los hidrocoloides poseen un rango amplio de aplicaciones en muchas industrias, incluyendo la alimentaria, farmacéutica, cosmética, de cuidado personal, adhesivos, textiles, cerámicas, papel, detergentes, pinturas, tintas y coagulantes, entre otros (Ospina Casas, 2016).

Además de los ingredientes mencionados, las mermeladas son productos preparados con al menos 45 g/100g pulpa de frutas u hortalizas (Featherstone, 2016). A continuación se desarrollan las características de las frutas y hortalizas utilizadas para la formulación de mermeladas en esta tesis.

### **Chayote (*Sechium edule*)**

Es ampliamente utilizado debido a su valor nutricional (es una buena fuente de vitamina C). Puede consumirse en ensaladas, hervidos, fritos, cocidos al vapor o rellenos y horneados (Cadenas Iñiguez et al., 2011).

Es originario del sur de México y de América Central y del Sur, recibe diferentes nombres (Barrera Marín, 1998):

- Colombia: cidra papa, chayote, papa de pobre.
- Argentina: papa del aire, chayote, chucho, xuxu (CAA, art 871)
- México: chay, shamú.
- Bolivia: zapallo japonés.

La planta es una enredadera que crece en lugares húmedos, cerca de orillas de ríos (Barrera Marín, 1998).

Fue cultivada extensamente por las civilizaciones Maya y Azteca. Hoy en día es casi desconocida y esta reducida al cultivo hogareño (Ramos, 2009). En Salta se cultiva en el departamento de Cerrillos exclusivamente para el uso casero o la venta local. En la Figura 4 se puede observar el fruto chayote (*Sechium edule*).



**Figura 4. Chayote (*Sechium edule*)**

**Fuente:** tomada por el autor

#### **Frutilla (*Fragaria x ananassa D.*)**

Las frutillas son receptáculos hipertrofiados de la flor de *Fragaria x ananassa D.* (CAA, Cap. XI, Art. 888). Se utiliza para el consumo fresco, se procesa para dulces y mermeladas o se usa como materia prima para un número importante de productos como yogures, confituras y conservas. Estudios recientes sobre calidad de la fruta, muestran la importancia de las características sensoriales (sabor y aroma) de la fruta en la elección del consumidor (Misernedino, 2007).

En cuanto a la composición química de la frutilla, se destaca su contenido de Vitamina C, ya que posee 88,7 mg cada 100 g de alimento. Su contenido en hidratos de carbono, proteínas y grasas es de 6,5 g, 0,8 g y 0,6, respectivamente. Posee 1,6 g de fibra (SARA – Ministerio de salud de la Nación Argentina).

En Argentina se cultivan anualmente alrededor de 1300 ha de frutilla para fruta y 200 ha para la producción de plantines (Kirschbaum et al., 2016). La frutilla se produce en numerosas provincias argentinas, si bien la mayor producción se concentra en Tucumán, Santa Fe y Buenos Aires, también se produce en Corrientes, Neuquén, Río Negro, Córdoba (Dughetti, Kirschbaum y Conci, 2017). En Salta, en las localidades de Rosario de Lerma y Vaqueros, y en Jujuy se producen frutillas en aproximadamente 120 hectáreas y participan en la misma unos 180 productores (Villegas y Baldi, 2013). La actividad frutillera en Argentina es relevante por ser altamente demandante de mano de obra y porque el 40% de la fruta se destina a la industria, con el correspondiente valor agregado que esto le genera al producto (Dughetti, Kirschbaum y Conci, 2017).

### **Manzana (*Malus domestica* Borkh)**

El manzano es una planta caducifolia que se cultiva en zonas con inviernos fríos, en la actualidad se han ampliado a áreas de clima templado o tropical (Cerezo Chacón, 2014). En Argentina, la mayor producción de esta fruta se obtiene en los Valles de Río Negro y Neuquén. En Salta, se cosecha manzanas en San Antonio, un paraje ubicado en la localidad salteña de Animaná a 2.000 m.s.n.m. Actualmente, la producción es para consumo local pero se encuentra en aumento (Ferro, 2016).

La manzana es un fruto carnosos; según su forma puede ser achatada y/o redondeada. Tanto la forma como el color y sabor de los frutos difieren en una amplia gama que depende de la variedad (Cerezo Chacón, 2014)

La composición química de macronutrientes de la manzana por cada 100 g de alimento es: 11,4 g de hidratos de carbono; 0,3 g de proteínas; 0,2 g de grasas y 2,4 g de fibra (SARA – Ministerio de salud de la Nación Argentina).

Las manzanas presentan polifenoles, que son compuestos beneficiosos para la salud por sus propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas, y la capacidad de prevenir enfermedades crónicas (Sun-Waterhouse et al., 2010).

### **Tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav. o *Cyphomandra betacea* (Cav.), Sendtn.)**

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav. o *Cyphomandra betacea* (Cav.), Sendtn.), también llamado tomate silvestre, de monte, chilto o tamarillo (Espin et al, 2016; Acosta Quezada et al., 2015), es uno de los cultivos frutales andinos que ha generado un creciente interés en los últimos años (Acosta Quezada, 2015). Proviene de un árbol pequeño y de rápido crecimiento, originario de Sudamérica, que se cultiva en el bosque húmedo de las laderas orientales andinas del noroeste de Argentina (Orqueda et al., 2017). En esta región se cultivan tres variedades, las cuales se distinguen por el color de la piel del fruto: rojo, amarillo y violeta (Prohens y Nuez, 2000). El color depende de su contenido en clorofila, carotenoides y antocianinas, ya que aportan cantidades significativas de estos componentes bioactivos (Acosta-Quezada et al., 2015; Espin et al., 2016; Mertz et al., 2010; Osorio et al., 2012).

Puede considerarse como una fruta exótica, que es parte de la dieta de los pueblos originarios de Sudamérica y que está cada vez más presente en los mercados de los países desarrollados (Acota Quezada et al., 2015). Pertenece al género taxonómico del tomate (Nascimento, 2016). Tiene forma ovoide de 6-8 cm de largo y 4-5 cm de diámetro (Figura 5). Presenta gusto ligeramente amargo y ácido, con un aroma característico (Espin ,2016).



**Figura 5. Tomate de árbol**

**Fuente:** tomada por el autor

El tomate de árbol se consume fresco o se utiliza para elaborar diferentes preparaciones culinarias como salsas, mermeladas, dulces, postres, helados, jugos, licores, conservas saladas, entre otros (Espin, 2016; Nascimento et al., 2016; Acosta Quezada et al., 2015). Se comercializa principalmente en mercados locales (Orqueda et al., 2017). El CAA lo clasifica como una fruta fresca de tipo tropical o subtropical de piel comestible (CAA, Cap XI, art. 888).

Para este trabajo se utilizó la variedad roja, cuya composición química fue determinada por diversos investigadores (Orqueda et al., 2017; Acosta Quezada et al., 2015; Osorio et al., 2012; Vasco et al., 2009) y se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4. Composición química del tomate de árbol variedad roja**

Compuesto	Cantidad cada 100 g de alimento
<b>Humedad<sup>1</sup></b>	87,0±0,03 g
<b>Proteínas<sup>2</sup></b>	2,60±0,60 g
<b>Hidratos de carbono simples (sacarosa, fructosa y glucosa)<sup>2</sup></b>	1,17±0,60 g
<b>Fibra<sup>2,3</sup></b>	2,50±0,50 g
<b>Grasas</b>	-
<b>Potasio<sup>1</sup></b>	2436±235 mg
<b>Calcio<sup>1</sup></b>	60,0±9,00 mg
<b>Magnesio<sup>1</sup></b>	177±33,0 mg
<b>Hierro<sup>1</sup></b>	1,30±0,12 mg
<b>Fósforo<sup>1</sup></b>	107±19,0 mg
<b>Cobre<sup>1</sup></b>	0,41±0,22 mg
<b>Zinc<sup>1</sup></b>	1,12±0,40 mg

**Fuente:** <sup>1</sup>Acosta Quezada et al., 2015, <sup>2</sup>Orqueda et al., 2017, <sup>3</sup>Vasco et al., 2009.

El contenido de azúcares simples (fructosa, glucosa y galactosa) del tomate de árbol es bajo comparado con otras frutas tropicales (Orqueda et al., 2017). Se destaca

el contenido de potasio, el cual es mucho mayor que el de una banana (Acosta Quezada et al., 2015).

El tomate de árbol posee alta capacidad antioxidante *in vitro* (Hurtado, Morales, González-Miret, Escudero-Gilete, y Heredia, 2009; Mertz et al., 2009; Vasco et al., 2008). Los antioxidantes naturales presentes en el tomate de árbol son principalmente los compuestos fenólicos ( $3,75 \pm 0,43$  g/100 g; Acosta Quezada et al., 2015), que son metabolitos secundarios de las plantas de efectos beneficiosos para la salud humana, ya que reducen el riesgo de enfermedad cardiovascular, diferentes tipos de cáncer y otras patologías (Rodríguez-Mateos et al., 2014; de Pascual, Moreno y García-Viguera, 2010). Entre ellos las antocianinas, que son un grupo de pigmentos vegetales solubles en agua. Su capacidad antioxidante permite la protección de los alimentos de la oxidación manteniendo su valor nutricional. El tomate de árbol se caracteriza por contener 7818 mg/100 g de antocianinas (Osorio et al., 2012).

Otros antioxidantes que contiene esta fruta son los carotenoides ( $3,93 \pm 0,67$  mg/100 g; Acosta Quezada et al., 2015) y el ácido ascórbico (15,01 mg/100 g; Orqueda et al., 2017).

#### **PARTE IV: Almidón**

El almidón es, fisiológicamente, una sustancia de reserva que se encuentra en los tejidos vegetales y se localiza principalmente en tubérculos, frutas y semillas (López, 2011). El C.A.A. (2016), en el capítulo IX, art. 674, define al almidón o fécula (según corresponda) como la materia orgánica que en forma de gránulos se encuentran en los corpúsculos especiales incluidos en el protoplasma de células vegetales en la etapa de la maduración. La denominación de Almidón corresponderá a los gránulos que se encuentran en los órganos aéreos de las plantas, y la de Fécula, a los que se encuentran en las partes subterráneas (raíces, tubérculos, rizomas).

Es también, como componente de gran cantidad de alimentos, la fuente más importante de carbohidratos de la alimentación humana (García Rodríguez, 2011; Melian Subiabre, 2010), y se obtiene sobre todo a partir de maíz, papa, trigo, mandioca y arroz (Garzón, 2006). Los almidones y sus derivados tienen gran importancia en diferentes ramas de la industria, tales como la alimentaria, textil y de papel (Garzón, 2006).

#### **Estructura física**

Los almidones se encuentran presentes en los tejidos vegetales bajo la forma de corpúsculos intracelulares compactos, llamados gránulos. El aspecto, tamaño y forma característica varían según la planta de la que provienen (López, 2011; Villagra, 2010; Jiménez y Herrera, 2003). Los gránulos de almidón son semicristalinos; la cristalinidad es de alrededor de 15 a 45% y depende de la fuente botánica, el número de gránulos y la composición del almidón (Matignon y Tecante, 2017).

En términos moleculares, el gránulo de almidón es una estructura altamente organizada. Cuando los gránulos son observados bajo la luz polarizada de un microscopio, aparece una cruz típica de birrefringencia, como dos bandas interceptándose (denominada cruz de Malta), la cual indica que existe un alto grado de orden molecular dentro del gránulo (García Rodríguez, 2011).

Todos los gránulos muestran una hendidura denominada hilum, que constituye el centro de nucleación alrededor del cual se desarrolla el gránulo (Brumovsky, 2014).

Los gránulos de almidón adoptan tamaños variables (<1-100  $\mu\text{m}$  de diámetro) y diferentes formas (elíptica, ovalada, lenticular o discoide, poligonal o esféricos) (Dhital, Shetha, Hasjim y Gidley, 2011; Alvis, 2008; Jiménez y Herrera, 2003), siendo los de arroz los más pequeños (de 3 a 8  $\mu\text{m}$ ) y de forma poligonal y los de la papa los más grandes (de 5 a 100  $\mu\text{m}$ ), pudiendo identificarse por su forma de ostra con la aparición de distintos anillos o estriaciones concéntricas (Villagra, 2010; Jiménez y Herrera, 2003).

En la Tabla 5 se observan los tamaños de los gránulos de diversos almidones.

**Tabla 5. Tamaño del gránulo de diversos almidones**

<b>Almidón</b>	<b>Tamaño del gránulo (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
<b>Arroz</b>	3-8
<b>Sorgo</b>	5-25
<b>Maíz</b>	5-25
<b>Maíz céreo</b>	5-25
<b>Amilomaíz</b>	5-25
<b>Mandioca</b>	5-35
<b>Trigo</b>	11-41
<b>Papa</b>	5-100

**Fuente:** Jiménez y Herrera, 2003

### **Estructura química**

Es un homopolisacárido, formado por monómeros de glucosa unidos por enlaces glucosídicos del tipo  $\alpha$  1-4 y ramificaciones unidas por enlaces  $\alpha$  1-6. Está compuesto por dos tipos de moléculas: amilosa (normalmente representa del 15 al 35% (Méndez-Montealvo et al., 2015)) y amilopectina (generalmente del 70 al 80%), ambos polímeros de glucosa (Villagra, 2010) que presentan diferente peso molecular, grado de ramificación y de cristalinidad, lo que determina el orden molecular interno característico de cada especie vegetal (Garzón, 2006). La proporción relativa de estas moléculas, el peso molecular específico y el tamaño de los gránulos determinan sus propiedades fisicoquímicas y su potencial de aprovechamiento en ciertos procesos industriales (García Robles Gutiérrez, 2009).

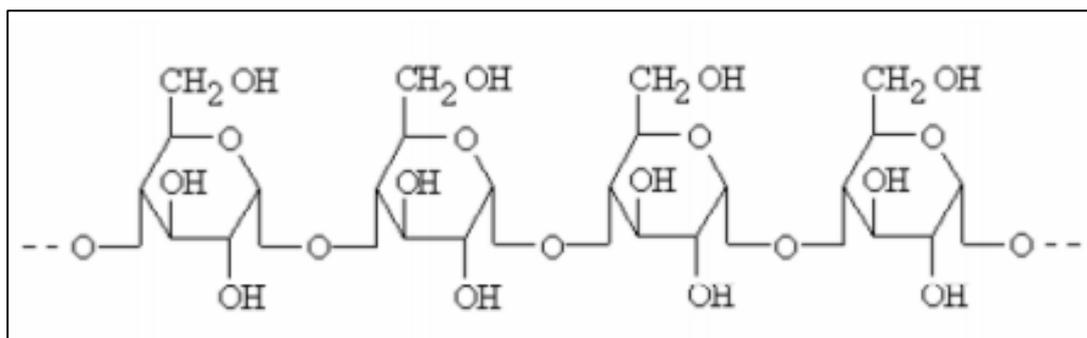
### **Amilosa**

Las moléculas de amilosa, polímero lineal (Figura 6) formado por residuos de D-glucosa (500 a 6000) unidos a través de enlaces glucosídicos  $\alpha$  1-4 (Correa, 2012), se alinean paralelamente y se enlazan por puentes hidrógeno a través de sus hidroxilos para crear estructuras compactas llamadas cristalinas, dentro del gránulo (Badui, 2012). Se presenta en forma cristalina debido al gran número de enlaces por puentes de hidrógeno existentes entre grupos hidroxilos (Ferrerías Charro, 2009). Cabe destacar que la amilosa no es una cadena plana sino que cada glucosa forma un ángulo con su anterior, dando lugar a una hélice tubular estabilizada con puentes de hidrógeno.

El peso molecular de la amilosa es de hasta un millón de Dalton (Badui, 2012) pero varía mucho dependiendo de la especie, variedad y estado de maduración (Dhital et al., 2011).

Constituye del 15 al 35 % del gránulo de almidón (Méndez-Montevalvo et al., 2015), es poco soluble en agua y es la responsable de la adsorción y de la formación de geles, que luego precipitan, en el curso de la retrogradación (recristalización del almidón gelatinizado) después de la gelatinización (hidratación, hinchamiento y empaste de los gránulos de almidón) (Villagra, 2010; Cheftel y Cheftel, 1976).

Basado en el contenido de amilosa, los almidones pueden ser clasificados en diferentes grupos: almidones cerosos, que contienen cantidades muy pequeñas de amilosa (por ejemplo, almidón de amaranto), alrededor del 1%; almidones muy bajos en amilosa, con un 2 a un 9%; almidones bajos en amilosa, con 10 a 20%; almidones intermedios, con contenidos de amilosa entre 20 y 25%; y almidones altos en amilosa son también conocidos como tipo no ceroso, con más de 25% de amilosa (Bello-Pérez et. al, 2006; Juliano, 1971).



**Figura 6. Estructura química de la amilosa.**

**Fuente:** Correa, 2012

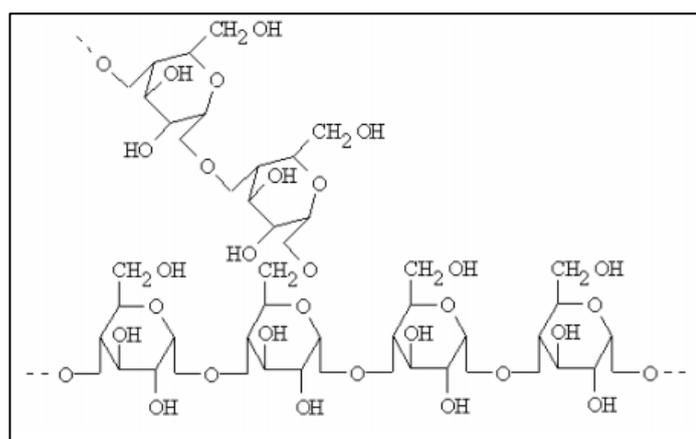
### **Amilopectina**

La amilopectina es una molécula formada por cadenas de residuos de D-glucosa unidos a través de enlaces  $\alpha$  (1-4), con ramificaciones establecidas por enlaces  $\alpha$  (1-6) (Figura 7) (Correa, 2012). Presenta cierto orden estructural: las regiones más organizadas son las cristalinas, y las regiones amorfas y más porosas muestran un grado de desorganización conteniendo la mayoría de los enlaces  $\alpha$ -1-6. Entre mayor sea la ramificación, mayor será la solubilidad en agua y más fácil la cocción del almidón (Badui, 2012).

Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de Dalton (Badui, 2012).

Los almidones contienen entre 70 y 80% de amilopectina, aunque existen algunas variedades de maíz y mijo, conocidas como céreas, que llegan a contener hasta prácticamente el 100% (Tabla 6).

Por calentamiento en agua, proporciona soluciones claras y de alta viscosidad (absorbe una importante cantidad de agua y es responsable del hinchamiento del gránulo de almidón) (Ferrerías Charro, 2009). Sus soluciones no tienen casi tendencia a la retrogradación, tampoco presentan envejecimiento ni formación de gel, aunque la concentración de las mismas sea muy elevada (López, 2011).



**Figura 7. Estructura química de la amilopectina**

Fuente: Correa, 2012

**Tabla 6. Contenido de amilosa y amilopectina de almidones naturales**

Tipo de almidón	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
<b>Papa</b>	23	77
<b>Mandioca</b>	20	80
<b>Trigo</b>	20	80
<b>Arroz</b>	15 a 35	65 a 85
<b>Sorgo</b>	25	75
<b>Maíz</b>	25	75
<b>Maíz céreo</b>	0	100
<b>Amilomaíz</b>	77	23
<b>Porotos (maduros)</b>	40	60
<b>Banana</b>	17	83

Fuente: Jiménez y Herrera, 2003; Villagra, 2010

### **Gelatinización del almidón**

Cuando los gránulos de almidón se colocan en agua fría, absorben agua y se hinchan ligeramente (10 a 30%), debido a la difusión y absorción del agua en las regiones amorfas. Este cambio de volumen y la absorción de agua son reversibles al secarse (García Robles Gutiérrez, 2009; Garzón, 2003) y las propiedades ópticas del gránulo no se pierden (López, 2011).

El calentamiento de los gránulos del almidón en presencia de agua conduce a una serie de transformaciones irreversibles cuando se alcanza la temperatura de gelatinización, como son el hinchamiento granular (de 3 a 10 veces su propio peso) (Garzón, 2006) como consecuencia de la adsorción de agua por los grupos polares hidroxilos (Villagra, 2010), fusión de cristales, pérdida de birrefringencia, solubilización del mismo debido al colapso del orden molecular dentro del gránulo del almidón y un fuerte incremento en la viscosidad; este fenómeno es conocido como gelatinización (López, 2011; García Robles Gutiérrez, 2009).

El calentamiento del almidón en agua causa una ruptura de los puentes de hidrógeno entre las cadenas del polímero por lo tanto debilita al gránulo. Se cree que el hinchamiento inicial toma lugar en las regiones amorfas del gránulo donde los puentes de hidrógeno son menos numerosos y el polímero es más susceptible a ser disuelto. A medida que la estructura comienza a disolverse y aumenta la temperatura, el gránulo se embebe en agua y se hincha. La amilosa difunde hacia el agua y la amilopectina permanece dentro del gránulo para finalmente perder su estructura (García Robles Gutiérrez, 2009). La ruptura de las estructuras amorfas y cristalinas resulta en una pérdida irreversible de la estructura cristalina, la doble hélice y las propiedades del gránulo (BeMiller, 2011).

Las estructuras moleculares de los constituyentes del almidón contribuyen al incremento de la viscosidad en el medio: en las primeras etapas del calentamiento se debe principalmente a la liberación de amilosa y en las últimas, el incremento continuo de la viscosidad se debe a interacciones del material extragranular y al hinchamiento de los gránulos. La viscosidad de la pasta alcanza un nivel máximo cuando el mayor porcentaje de gránulos hinchados está presente, lo cual se refiere como pico de viscosidad o viscosidad máxima (García Robles Gutiérrez, 2009).

El rango de gelatinización (temperatura a la que se produce el hinchamiento completo de los gránulos) depende de la proporción de amilosa y amilopectina (a mayor contenido de amilosa, aumenta la temperatura de gelificación) (Jiménez y Herrera, 2003) y el tamaño de los gránulos y es generalmente entre 52 y 78°C (Brumovsky, 2014; BeMiller, 2011) (Tabla 7). Cuanto más grandes son los granos,

tienden a hincharse a menores temperaturas, variando en los diferentes almidones (Jiménez y Herrera, 2003; Cheftel y Cheftel, 1976).

**Tabla 7. Temperatura de gelatinización de almidones de diferentes fuentes**

<b>Almidón</b>	<b>Temperatura de gelatinización (°C)</b>
<b>Arroz</b>	61-78
<b>Maíz</b>	62-72
<b>Papa</b>	58-65
<b>Mandioca</b>	58-65
<b>Sorgo</b>	68-75
<b>Trigo</b>	52-63

**Fuente:** Brumovsky, 2014

La gelatinización depende de la fuente botánica de la que proviene el almidón, del contenido de humedad de la muestra y de ciertas condiciones experimentales tales como pH, presencia de sólidos, etc. (Jiménez y Herrera, 2003; BeMiller, 2011; López, 2011).

Luego de la gelatinización comienza el proceso de empaste. Este se produce con el calentamiento continuo de los gránulos de almidón en presencia de un exceso de agua e implica el continuo hinchamiento de los gránulos, la lixiviación adicional de las moléculas de amilosa disueltas y la ruptura de los gránulos frágiles e hinchados. El resultado es una masa viscoelástica (llamada pasta) (Matignon, 2017) que consiste en una fase continua que es una dispersión molecular de moléculas de amilosa disueltas que ahora forman una red y una fase discontinua de gránulos hinchados, gránulos parcialmente desintegrados y fragmentos de gránulos (García Rodríguez, 2011). En los instrumentos utilizados para estudiar las propiedades de empaste del almidón (Análisis de Viscosidad Rápido (por su siglas en inglés *RVA*) o amilógrafo de Brabender) el empaste ocurre con el calentamiento continuo (normalmente a una temperatura de mantenimiento de 95 ° C) bajo la cizalla del instrumento después de que se pierda todo el orden en los gránulos. Durante el empaste se produce un hinchamiento continuo de los gránulos y la lixiviación de la amilosa y se alcanza un pico de viscosidad (principalmente como resultado de gránulos hinchados). Durante el mantenimiento de la temperatura a 95 ° C, los gránulos hinchados se desintegran bajo las condiciones de cizallamiento del instrumento y la viscosidad disminuye hasta una viscosidad mínima (un proceso llamado descomposición). El grado de fragmentación depende de la velocidad de corte, el tiempo de corte y la naturaleza de los gránulos de

almidón. En este punto, lo que se conoce como resultados de empaste en caliente (BeMiller, 2011).

### **Gelificación y retrogradación del almidón**

Una vez ocurrida la gelatinización, la amilosa y amilopectina pueden ser consideradas como disueltas. Si la solución se enfría rápidamente, las moléculas de amilosa exudadas de los gránulos hinchados, tienden a asociarse a través de la formación de puentes de hidrógeno estables con otras moléculas de amilosa adyacentes (también dispersas), resultando una red tridimensional que contiene agua y gránulos de almidón hidratados. La amilopectina generalmente permanece dentro del gránulo hinchado, donde lentamente recristaliza. Este proceso se denomina gelificación y se produce a partir del enfriamiento del almidón gelatinizado (García Robles Gutiérrez, 2009). Los geles formados, se hacen progresivamente más fuertes y la birrefringencia se pierde, aumenta la claridad, se restringe el movimiento y aumenta la viscosidad. Estos geles se sitúan en la categoría de geles compuestos, donde los gránulos hinchados ricos en amilopectina están embebidos en una red de amilosa (Biliarderis, 1991 citado en García Robles Gutiérrez, 2009).

Un gel es un sistema líquido que tiene las propiedades de un sólido (Ferrerías Charro, 2009). Se puede imaginar el gel como cadenas de almidón con capas de moléculas de agua retenidas por puentes de hidrógeno. Al ir enfriándose la pasta de almidón, las cadenas van perdiendo energía y los enlaces hidrógeno se hacen más fuertes proporcionando firmeza al gel.

Al envejecer el gel, o si se congela y descongela, se genera una mayor proporción de enlaces de puentes de hidrógeno intermoleculares entre las amilosas, las cuales tienen el tiempo suficiente para alinearse de tal forma que varios enlaces de hidrógeno pueden formarse entre varias cadenas adyacentes. Los enlaces hidrógeno entre moléculas de amilosa reemplazan a los que están entre amilosa y agua. Seguidamente, se produce la recristalización, donde los cristales empiezan a formarse acompañados de un aumento gradual de la rigidez y de una sinéresis (separación de fases entre el polímero y el disolvente, forzando al agua a salir del sistema). Este fenómeno de re-cristalización ocurre por agregación de moléculas lineales (cristalización de las cadenas de almidón) y es conocido con el nombre de retrogradación (Villagra, 2010).

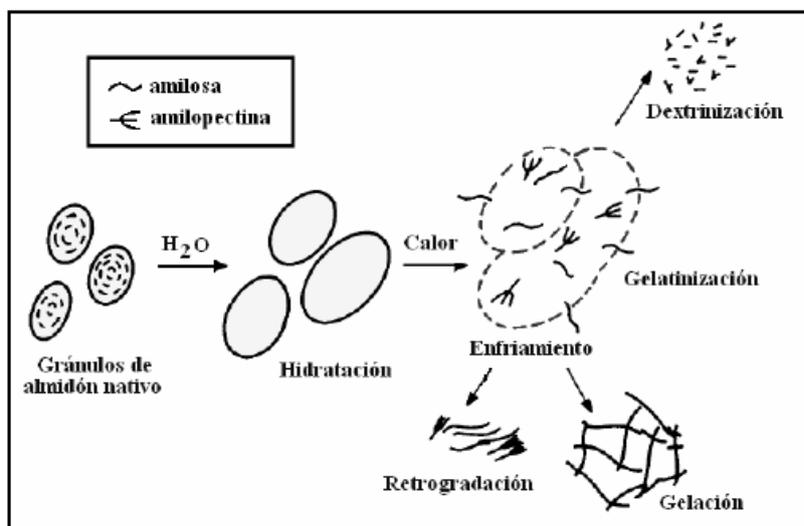
Como el área cristalizada altera el índice de refracción, el gel se va volviendo más opaco a medida que la retrogradación progresa. Además se vuelve más rígido o gomoso, quizás en parte como resultado de la cristalización, y en parte precisamente por la interacción de las cadenas de almidón. La amilosa es la responsable de la

retrogradación del almidón como consecuencia de su estructura lineal. La amilopectina tiene poca tendencia a retrogradar como consecuencia de su estructura ramificada poco apta para la formación de redes moleculares (Ferrerías Charro, 2009).

Se han identificado en el proceso de retrogradación, dos procesos separados, por un lado la gelificación (solidificación) fuera de los gránulos de las moléculas exudadas de amilosa después de la gelatinización y por otro lado, la re-cristalización de la amilopectina que normalmente permanece dentro de los gránulos hinchados (Biliaderis, 1991 citado en García Rodríguez, 2011). Es de gran importancia destacar que la retrogradación de la amilosa se completa en horas, mientras que la cristalización de la amilopectina lleva más tiempo (Bello-Pérez et. al, 2006; Cheftel y Cheftel, 1976).

La retrogradación es un fenómeno complejo que va a influir en la textura, aceptabilidad y digestibilidad, de los alimentos en los cuales se genere (López, 2011; Villagra, 2010).

En la Figura 8 se pueden observar los cambios ocurridos en el gránulo de almidón durante la gelatinización, gelificación y retrogradación.



**Figura 8. Cambios ocurridos en el gránulo de almidón durante la gelatinización, gelificación y retrogradación.**

**Fuente:** García Robles Gutiérrez, 2009

## **PARTE V: Análisis sensorial de alimentos**

### **Evaluación sensorial y sistemas sensoriales**

La evaluación sensorial es una actividad que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos (Hough, Garitta y Sánchez, 2004) de acuerdo con las sensaciones experimentales al observarlos o ingerirlos (Hough y Fiszman, 2005).

Ésta puede definirse como el método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos que son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Stone y Sidel, 1993).

Surge como la disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además, la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (marketing) (Hernández Alarcón, 2005).

Como se mencionó, los sentidos son quienes perciben las características sensoriales de los productos. "Sentidos" es la forma genérica de llamar a los sistemas sensoriales (Casiello, 2017), que son la organización funcional mediante la cual un organismo recibe y procesa información del ambiente externo e interno. Es decir, comprende una organización de estructuras y funciones destinadas a recibir y procesar información (Guirao, 1980).

En cada sistema sensorial se dan diferentes procesos básicos destinados a asegurar la recepción óptima de la información. Cada sistema opera como un transductor, es decir, un dispositivo que cambia un tipo de energía en otro manteniendo el mismo mensaje (Guirao, 1980). La información sensorial llega al sistema nervioso mediante nervios y vías nerviosas. Estas conducen el impulso nervioso, transmitiendo el mensaje a lo largo de las fibras nerviosas (Guirao, 1980).

No existen instrumentos mecánicos o eléctricos que puedan duplicar o sustituir el dictamen humano. Todo el complejo de eventos que ocurren durante la evaluación sensorial no se puede medir completamente con equipos o instrumentos (Bourne, 2002). Las respuestas sensoriales son complejas debido a la integración simultánea de señales múltiples (apariencia, aroma, gusto, textura, sonido), las cuales el juez asocia con su experiencia pasada, los efectos contextuales y su anticipación a la emisión de su juicio (Pedrero y Pangborn, 1989).

La evaluación sensorial implica el uso de técnicas específicas perfectamente estandarizadas, con el objeto de disminuir la subjetividad en las respuestas. Además,

utiliza un lenguaje o vocabulario sensorial, que es un conjunto de palabras que describen de manera precisa las características sensoriales de los productos alimenticios, facilitando la comunicación entre paneles. Usualmente se desarrollan vocabularios sensoriales estandarizados con evaluadores sensoriales experimentados que generan términos que definen con precisión las características de los productos, y generalmente se asocian con referencias (Fizman, Salgado, Orrego y Ares, 2015). El éxito de muchas pruebas sensoriales depende del adecuado uso del lenguaje sensorial (Hough y Fizman, 2005).

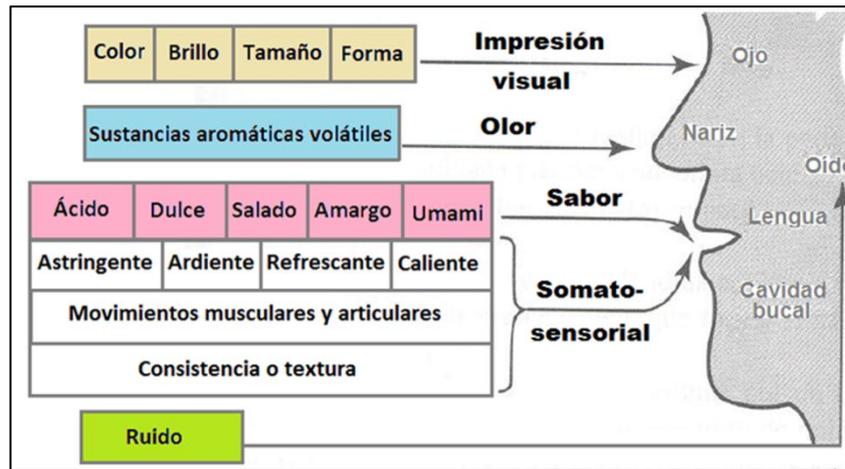
El campo de aplicación de la evaluación sensorial es prácticamente infinito. El desafío está abierto para el investigador sensorial, quien debe ser capaz de desarrollar procedimientos científicos adecuados para cuantificar los atributos sensoriales de un producto determinado (Pedrero y Pangborn, 1989).

### **Percepción sensorial**

El proceso sensorial se inicia con la presencia de un estímulo de magnitud igual o mayor al umbral (Wittig de Penna, 2001) que actúa sobre los receptores sensoriales. Se define al estímulo como el agente químico o físico que excita (IRAM 20001:1995) y produce la respuesta de los receptores sensoriales externos o internos. El impulso nervioso, creado por el receptor sensorial, se transmite por el sistema nervioso al cerebro que lo interpreta como sensación (Hough y Fizman, 2005).

La interpretación de la sensación, es decir, la toma de conciencia sensorial, se denomina percepción (Hough y Fizman, 2005). La percepción también puede definirse como la capacidad de la mente para atribuir información sensorial a un objeto externo a medida que la produce. La percepción de cualquier estímulo se debe a la información recibida por los sentidos, los cuales la codifican y dan respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo (Hernández Alarcón, 2005). El grado de agrado que produce un alimento está unido a este proceso subjetivo (Wittig de Penna, 2001). En la Figura 9 se pueden observar las diferentes percepciones que se pueden tener sobre un alimento, en un sensograma (Sancho, 2002).

Cada órgano receptor está especializado en recibir una sola clase de estímulos, existiendo distintos tipos: visuales, auditivos, químicos y cutáneos. Los estímulos pueden ser medidos por métodos físicos o químicos, pero las sensaciones sólo pueden ser medidas mediante métodos sensoriales (Hough y Fizman, 2005).



**Figura 9. Sensograma que destaca las principales impresiones que tiene un evaluador al momento de realizar el análisis sensorial de un alimento**

Fuente: Sancho (2002)

### Estímulos visuales

En los alimentos, la apariencia es el primer estímulo visual que un consumidor capta sobre el mismo (Garitta, Hough y Chávez, 2013), conformada por diferentes aspectos: el color, la forma, la superficie, el tamaño y el brillo (Anzaldúa-Morales, 1994).

El órgano receptor de este tipo de estímulos es el ojo. La luz penetra en el ojo a través de la pupila y proyecta la imagen de los objetos sobre la retina. La proyección produce ciertas reacciones químicas en algunas sustancias de la retina y el estímulo, debido a la energía de las reacciones, se transforma en una señal nerviosa, la cual es transmitida por el nervio óptico al cerebro, en donde es interpretada como la imagen del objeto (Anzaldúa-Morales, 1994).

El color es la percepción de la luz reflejada por el alimento que contiene sustancias con grupos cromóforos, capaces de absorber parte de las radiaciones luminosas dentro de una determinada longitud de onda (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). Kramer y Twigg (1960) indicaron que se limita a la banda del espectro de 380 a 770 milimicrones, ya que el ojo humano es prácticamente insensible a otras longitudes de onda de energía radiante. Los objetos blancos reflejan la luz de todas las longitudes de onda, mientras que los cuerpos negros no reflejan luz alguna (Anzaldúa-Morales, 1994).

Mathias-Rettig y Ah-Hen (2014) define al color como un fenómeno psíquico o psicológico, resultado de la evaluación de la energía radiante (una magnitud física) en términos de una correlación visual (psicológica) y basado en las propiedades del ojo humano (fisiológicas).

La percepción del color está afectada por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, el fondo, el brillo y la temperatura (Delmoro, Muñoz, Nadal, Clementz y Pranzetti, 2010).

Los objetos absorben y reflejan la luz de forma distinta dependiendo de sus características físicas, tal como la forma o la composición. En el caso de los alimentos, tanto en su forma natural como procesada, presentan un color característico y bien definido mediante el cual el consumidor los identifica (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

La combinación de tres colores básicos (rojo, verde y azul) permite diferenciar numerosos tonos. El ojo humano puede distinguir aproximadamente 200 tonalidades diferentes, de 20 a 25 grados de saturación y alrededor de 500 grados de luminosidad (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

El color es la única propiedad sensorial que puede ser medida en forma instrumental más efectivamente que en forma visual (Anzaldúa-Morales, 1994), ya que la medición objetiva es realizada en forma rápida y precisa (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

### **Evaluación del color**

Hay dos procedimientos fundamentales para medir el color: sensorial e instrumental.

La medición sensorial estricta consiste en hacer uso de un panel de evaluadores entrenados, siguiendo la Norma IRAM 20022: 2004, (Delmoro et al., 2010) utilizando patrones de referencia (fotografías, atlas de colores o muestras de catálogos de colorantes o pinturas) (Anzaldúa-Morales, 1994). El sistema visual humano tiene una gran habilidad para discriminar entre colores pero una pobre memoria visual, por lo que la valoración del color ayudada por patrones, mejora las valoraciones visuales (Delmoro et al., 2010).

Para realizar esta medición se utilizan escalas que deben abarcar todos los tonos e intensidades posibles en las muestras a evaluar, colocados en orden creciente de intensidad, y se asignan valores numéricos a cada punto de la escala. Las muestras se comparan visualmente con dicha escala, y se les asigna el número correspondiente según ella (Anzaldúa-Morales, 1994).

El método instrumental para la evaluación del color se explica en la siguiente parte de este Capítulo.

### **Estímulos auditivos**

El oído es el órgano receptor de los estímulos auditivos, que son el resultado de las vibraciones acústicas que se transmiten a través del aire (Castellanos, 2016), las cuales llegan a las orejas y luego, amplificadas por el tímpano y los huesecillos del

oído medio e interno, son detectadas e interpretadas por el cerebro (Anzaldúa-Morales, 1994).

Los estímulos auditivos generados por los alimentos se relacionan con la textura de los mismos. No sólo se transmiten por el aire, sino que las vibraciones pueden ser conducidas por los huesos, y esto sucede con los sonidos de masticación de los alimentos, los cuales suelen ser tomados en cuenta en la evaluación de la textura (Anzaldúa-Morales, 1994). Esta característica es muy apreciada por muchos consumidores que exigen la presencia de la misma en el alimento que degustan, como signo de que se trata de un producto fresco o también, del grado de madurez. Así por ejemplo, se exige que el apio, la lechuga, una manzana, sean crujientes; las hojuelas de papas también se desean crujientes, las gaseosas y el champagne burbujeantes; la cerveza espumosa; etc. (Castellanos, 2016).

### **Estímulos químicos**

Dentro de los estímulos químicos se encuentran los percibidos por los órganos receptores de los sistemas sensoriales del gusto, del olfato y del sistema químico trigeminal.

El órgano receptor del gusto es la lengua, la cual contiene en la punta, laterales y superficie posterior trasera (Kilcast, 2001) varias protuberancias o gránulos llamados papilas gustativas (Anzaldúa-Morales, 1994), que son los receptores químicos de los estímulos gustativos (Hernández Alarcón, 2005). Existen cuatro tipos morfológicamente diferentes de papilas gustativas: filiformes, foliadas, fungiformes y caliciformes, siendo las dos últimas las más importantes para la detección de gustos (Wittig de Penna, 2001).

El gusto de un alimento es detectado por las papilas, y el mensaje nervioso de éstas llega al cerebro, donde es interpretado. Los botones gustativos no se reparten de forma uniforme por toda la superficie de la lengua, sino que se distribuyen originando zonas de mayor o menor concentración. Estas determinadas zonas sensibles se especializan en un gusto en concreto (Hernández Alarcón, 2005). Esto puede apreciarse en la Figura 10. El gusto de un alimento puede ser dulce, salado, amargo, ácido o umami (Kilcast, 2001)

El sabor o “flavor” de un alimento consiste en una combinación de olor, gusto y sensaciones trigeminales (Anzaldúa-Morales, 1994; IRAM, 1995). Es una sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente, pero no debe desconocerse la estimulación simultánea de los receptores sensoriales de presión y los cutáneos de calor, frío y dolor (Wittig de Penna, 2001). Las sensaciones trigeminales estimulan las terminaciones nerviosas de

la mucosa nasal, bucal y faringe (astringencia, picor, frescura, calor, pungencia, sabor metálico) (Hough y Fiszman, 2005).



**Figura 10. Partes de la lengua donde se percibe principalmente cada gusto**

El sabor de un alimento no puede ser definido ni clasificado completamente. Sin embargo, es posible obtener el perfil de sabor del alimento, el cual es una forma de expresar lo más objetivamente posible el sabor *sui generis* de un producto. Básicamente, el análisis de perfil de sabor consiste en la descripción detallada y la medición de todos y cada uno de los componentes o notas del sabor de un producto alimenticio (Anzaldúa-Morales, 1994).

Una característica importante del sabor que está relacionada con el tiempo es la persistencia del mismo, también conocida como regusto. Hay alimentos y sustancias con sabor que dejan un cierto regusto después de haberlos probado, que es muy importante considerar ya que un alimento puede ser aceptado inicialmente por su sabor y gusto agradables, pero posteriormente puede ser rechazado debido a algún regusto molesto o desagradable que pudiera sentirse en el tiempo después de haber terminado de consumir el producto (Anzaldúa-Morales, 1994).

Para que una sustancia pueda estimular las células sensitivas de los botones gustativos, debe ser un líquido o bien una sustancia soluble en saliva con el fin de que pueda penetrar por el poro gustativo (Hernández Alarcón, 2005). Además, debe reunir otros requisitos: tener determinada concentración, temperatura, estructura química y capacidad de ionización (Hough y Fiszman, 2005).

El sistema sensorial olfativo tiene como órgano receptor a todo el sistema nasal, donde la nariz es la parte externa y visible. En el interior de la nariz y la zona facial cercana a la nariz existen regiones cavernosas cubiertas de una mucosa pituitaria, en la cual se encuentran los quimiorreceptores del olfato (Hernández Alarcón, 2005). Desde allí, la señal se transfiere hacia células y terminales nerviosas que reconocen los diversos olores y transmiten al cerebro la sensación olfativa. El cerebro interpreta la señal correspondiente a cada sustancia como un olor (Anzaldúa-Morales, 1994).

Las sustancias que le dan olor a los alimentos generalmente son volátiles (Kilcast, 2001).

Hay que diferenciar entre olor y aroma. El primero es la percepción de sustancias volátiles –fragantes o fétidas- por medio de la nariz. En cambio, el aroma es la detección después de haberse puesto el alimento en la boca; o sea que el aire, en el caso del aroma, no es el medio de transmisión de la sustancia, sino la membrana mucosa del paladar (Anzaldúa-Morales, 1994).

Es sin duda, uno de los aspectos más complejos a evaluar en análisis sensorial, puesto que en ocasiones un determinado olor o aroma presentes en concentraciones muy pequeñas, provoca sensaciones muy concretas de aceptación o de rechazo (Galván Romo, 2007).

### **Estímulos cutáneos**

El sistema sensorial del tacto está localizado en las terminaciones nerviosas que están situadas justo debajo de la piel de todo el cuerpo (Anzaldúa-Morales, 1994). Las señales generadas en las terminaciones nerviosas de los sentidos se transmiten a través del sistema nervioso central al cerebro, donde se integran con la experiencia pasada, las expectativas y otros factores conceptuales antes de resumir la opinión de la respuesta (Bourne, 2002).

Esto permite percibir una variedad de sensaciones tales como la temperatura del medio y de los objetos, el peso de éstos, las características de superficie y la textura.

Diferentes autores definieron a la textura; entre ellos Szczesniak (2002) quién desarrolló una definición muy completa de textura, con un especial enfoque a lo sensorial. En su artículo “La textura, una propiedad sensorial” la define como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos percibida por los sentidos de la vista, el oído, el tacto y kinestésico. Esta definición abarca diferentes conceptos:

- la textura es una propiedad sensorial y, por esta razón, sólo el ser humano puede percibirla y describirla. Los equipos e instrumentos de evaluación de textura pueden detectar y cuantificar sólo los parámetros físicos, los que luego deben ser interpretados y traducidos en términos de percepción sensorial;
- es un atributo de multi-parámetros, no es sólo elasticidad o masticabilidad, está compuesta por una gama de características por lo que existe un gran número de términos utilizadas para describir las diferentes sensaciones, las cuales se clasifican en distintas categorías. En esta clasificación se contempla el tipo de alimento del que se trata, utilizándose diferentes términos para describir a alimentos sólidos, semi-sólidos y líquidos;

- deriva de la estructura de un alimento: molecular, microscópica o macroscópica; y
- es detectada por varios sentidos, el más importante en su percepción es el sentido del tacto.

La textura es un grupo de características físicas muy importantes en los alimentos, dadas por la disposición de las partículas de los mismos, que se organizan y combinan para formar la estructura. La misma puede medirse a través de la percepción sensorial, por medio de la piel o músculos, con las manos o en la cavidad bucal y, en su caso, por la vista y el oído, o de forma objetiva (por funciones de masa, tiempo y distancia), por medios mecánicos (para conocer las propiedades estructurales) y reológicas (en términos de deformación, desintegración y flujo bajo una fuerza (Bourne, 2002)) de los alimentos y sus interacciones. Además, es muy importante resaltar que la textura no puede ser percibida si el alimento no ha sido deformado.

La sensación de textura se percibe principalmente por el tacto; cómo se sienten los alimentos en la mano y en la boca. Los mismos se manipulan con las manos antes de que lleguen a la boca. La interacción puede ser: por contacto directo entre la comida y la mano, o a través de algún utensilio como un cuchillo, una cuchara o un tenedor (Bourne, 2002).

Respecto a lo que sucede en la boca, durante el proceso de masticación el alimento se rompe en partes pequeñas a través de una combinación de fuerzas de compresión, de corte y de tensión, lubricado por la saliva, formando un bolo apto para deglutirse (Szczeniak, 2002). En la boca son la lengua, las encías, la parte interior de las mejillas, la garganta y el paladar las estructuras encargadas de detectar los atributos de textura de los alimentos (Anzaldúa-Morales, 1994).

El sentido de la vista se utiliza para evaluar el grosor de los alimentos mediante la observación del caudal de líquidos o el grado de deformación de los semisólidos al aplicarle una fuerza. El sentido del sonido percibido por los oídos es un factor importante para determinar el grado de crocantes: el “crujido” de los alimentos (Bourne, 2002).

### **Clasificación de los atributos de textura**

Las propiedades o características de textura han sido clasificadas en tres categorías: mecánicas, geométricas y de composición. La misma puede apreciarse en la Tabla 8.

**Características mecánicas:** dan una indicación del comportamiento mecánico del alimento ante la deformación y, a su vez, se clasifican en primarios y secundarios (Hernández Alarcón, 2005). Los primarios son los que se correlacionan con una

propiedad mecánica tal como la fuerza, deformación o energía, mientras que los secundarios son los que resultan de la combinación de propiedades primarias (Szczesniak, 2002; Anzaldúa-Morales, 1994).

**Características geométricas:** son aquellos relacionados con la forma, el tamaño y la orientación de las partículas de los alimentos, como por ejemplo, la fibrosidad, que nos indica la presencia de fibras y su resistencia (Szczesniak, 2002; Anzaldúa-Morales, 1994).

**Características de composición:** son los que indican la presencia de algún componente en el alimento (Szczesniak, 2002; Anzaldúa-Morales, 1994).

Las propiedades mecánicas primarias generalmente se manifiestan y perciben en la fase de apreciación táctil manual o al dar el primer mordisco, mientras que las geométricas y las mecánicas secundarias son detectadas más frecuentemente en las etapas masticatoria, deglutiva y residual (Szczesniak, 2002; Anzaldúa-Morales, 1994).

### **Evaluación de la textura**

La evaluación de las propiedades texturales de un alimento es muy importante ya que afecta el procesamiento y manejo del mismo, influye en los hábitos y en la aceptabilidad por el consumidor y puede afectar la vida útil del producto (Sanabria, 2012). La textura de muchos alimentos no es estática, cambia con el tiempo, y estos cambios afectan las características texturales (Bourne, 2002).

Al ser la textura un atributo sensorial (Szczesniak, 2002) el ser humano es el mejor juez (Kramer y Twigg, 1960). Sin embargo, como ya se mencionó, también es posible evaluarla por medios instrumentales. En la Tabla 9 se pueden observar los diferentes métodos para evaluar la textura de los alimentos, tanto sensoriales como instrumentales.

Las pruebas sensoriales pueden clasificarse en bucales (aquellas que se realizan en la boca) y no bucales (en las que se utiliza alguna parte del cuerpo que no sea la boca para medir las propiedades de textura) (Bourne, 2002).

Los métodos instrumentales se desarrollan en la parte VI de este capítulo.

### **Sensaciones kinestésicas**

Las sensaciones kinestésicas comprenden las sensaciones de movimiento, tensión, peso y fuerza, como sensaciones internas a nuestro organismo. Las táctiles son cutáneas, en cambio estas son internas: implican la posición y fuerza que realiza el cuerpo. Responden a un estímulo interno. Comprenden el examen de madurez de las frutas o quesos medido por la presión con los dedos. Instrumentalmente esta medición se realiza con penetrómetros, suculómetros, plunger, texturómetros, etc. que tienen un principio semejante; sin embargo, estas mediciones instrumentales de textura y reología de los alimentos son bastante complejas, a menudo empíricas y no

siempre se correlacionan bien con las percepciones sensoriales (Wittig de Penna, 2001).

**Tabla 8. Clasificación de los atributos de textura**

<b>Características mecánicas</b>		
<b>Parámetros primarios</b>	<b>Parámetros secundarios</b>	<b>Descriptorios utilizados</b>
Dureza		Suave, firme, duro
Cohesividad	Fragilidad	Desmoronable, frágil
	Masticabilidad	Blando, masticable, duro
	Gomosidad	Gomoso
Elasticidad		Plástico, elástico
Adhesividad	Pegajosidad	Poco pegajoso, muy pegajoso
Viscosidad		Ligero, viscoso
<b>Características geométricas</b>		
<b>Clase</b>	<b>Ejemplo</b>	
Forma y tamaño de las partículas	Arenoso, grumoso, granuloso, áspero	
Forma y orientación de las partículas	Fibroso, cristalino, poroso, esponjoso, aireado	
<b>Características de composición</b>		
<b>Parámetros primarios</b>	<b>Parámetros secundarios</b>	<b>Descriptorios utilizados</b>
Contenido de humedad		Seco, húmedo, acuoso
Contenido de grasa	Aceitosidad	Aceitoso, grasoso
	Grasosidad	
	Harinosidad	
	Suculencia	
	Terrosidad	

**Fuente:** Szczesniak, 2002; Anzaldúa-Morales, 1994; Kramer y Twigg, 1960

**Tabla 9. Métodos para evaluar la textura de un alimento**

<b>Sensoriales</b>		<b>Instrumentales (objetivos)</b>	
<b>No bucales</b>	<b>Bucal</b>	<b>Directos</b>	<b>Indirectos</b>
Con los dedos, las manos, la visión y el oído	Propiedades mecánicas, geométricas y de composición	Fundamentales Empíricos Imitativos	Ópticos Químicos Acústicos

**Fuente:** Bourne, 2002

## Tipos de pruebas para la evaluación sensorial

De acuerdo a la finalidad del ensayo, las pruebas sensoriales pueden clasificarse en pruebas discriminativas, descriptivas y afectivas (Tabla 10):

- Las **pruebas discriminativas** son aquellas en que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia (Anzaldúa-Morales, 1994).
- En las **pruebas descriptivas** se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Se busca conocer cuál es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento (Anzaldúa-Morales, 1994). Los resultados comprenden una descripción completa de los productos (Hough y Fiszman, 2005) sin embargo son más difíciles de realizar, el entrenamiento de los jueces debe ser intenso y la interpretación de resultados es ligeramente más laboriosa que en otros tipos de pruebas (Anzaldúa-Morales, 1994).
- Las **pruebas afectivas** tienen como principal propósito evaluar la respuesta (reacción, preferencia o aceptación) de consumidores reales o potenciales de un producto, idea o característica específica de un alimento (Hough y Fiszman, 2005). Es decir que son aquellas en las cuales el evaluador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Anzaldúa-Morales, 1994).

**Tabla 10. Clasificación de pruebas sensoriales**

Tipo de prueba	Pregunta	Tipo de prueba	Características del panel	Pruebas
<b>Discriminativas</b>	¿Los productos son diferentes en alguna de sus características?	Analítica	Elegido según su agudeza sensorial, orientado a la prueba sensorial, a veces entrenado.	-Triangular -Dúo-trío -Comparación pareada
<b>Descriptiva:</b> cuantificar la intensidad de las características percibidas en los productos	¿Cómo difieren los productos en sus características sensoriales específicas?	Analítica	Elegido por su agudeza sensorial y motivaciones, entrenado o altamente entrenado.	Perfiles de sabor, aroma, textura
<b>Afectivas</b>	¿Cuánto gustan los productos o cuáles de los productos son preferidos?	Hedónica	Elegido por el uso del producto, no entrenado.	Pruebas de preferencia y de aceptabilidad

**Fuente:** Lawless y Heymann (2010)

A continuación se desarrollan las pruebas sensoriales utilizadas en este trabajo de tesis.

### **Pruebas discriminativas: prueba triangular**

Esta prueba consiste en presentar a los panelistas simultáneamente tres muestras codificadas, de las cuales dos son iguales y una diferente. El panelista debe identificar la muestra diferente. Esta prueba permite al investigador conocer si existe diferencia perceptible entre dos productos diferentes (Olivas-Gastélum et al., 2009, IRAM 20008, Anzaldúa-Morales, 1994).

### **Pruebas descriptivas: prueba de perfil sensorial**

El perfil sensorial es una metodología validada, confiable y precisa para realizar una caracterización sensorial completa de un producto (Gámbaro, 2016; Lawless y Heymann, 2010; Stone y Sidel 1993). Permite obtener una descripción cualitativa y cuantitativa detallada de las características sensoriales de un producto (Ares, 2015).

La evaluación de productos es llevada a cabo por un grupo de panelistas entrenados (Muñoz, 2002), con el objetivo de obtener una descripción de las diferentes percepciones sensoriales de alimentos con una serie de términos y darle una magnitud mediante una escala (Catania y Avagnina, 2007). Muñoz (2002) considera al aspecto cualitativo de esta prueba como el más importante, ya que si los términos no están bien establecidos, el aspecto cuantitativo se ve directamente afectado.

Los términos utilizados corresponden a descriptores sensoriales. Los mismos se definen como aquellas palabras que describen los atributos de un producto, tales como la apariencia, la textura y el sabor (Muñoz, 2002). Los descriptores utilizados pueden obtenerse de reuniones de consenso de evaluadores o de bibliografía (Catania y Avagnina, 2007). Al momento de la evaluación, se ordenan en un orden lógico (Catania y Avagnina, 2007), siguiendo la secuencia sensorial (Ares, 2017). Para realizar este tipo de prueba se pueden utilizar escalas estructuradas o no estructuradas (Catania y Avagnina, 2007).

La prueba de perfil sensorial implica (Ares, 2015):

- Trabajar con jueces seleccionados en función de sus habilidades sensoriales (Stone y Sidel, 1993).
- Seleccionar los atributos sensoriales a evaluar.
- Realizar un entrenamiento (adaptado al producto) en el reconocimiento, descripción, cuantificación y evaluación con escalas de cada uno de los atributos seleccionados (Lawless y Heymman, 2010).
- Las muestras deben evaluarse en varias sesiones.

Todo esto la convierte en una prueba lenta y costosa, que requiere de una larga capacitación de los evaluadores para proporcionar resultados confiables y consistentes (Dairou y Sieffermann, 2002).

Algunos de los métodos de análisis descriptivo más utilizados son: el Perfil de Sabor (Lawless y Heymann, 2010), el Perfil de Textura (Brandt y otros 1963), la metodología del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA®) (Stone & Sidel, 1993), el Método del Espectro, y el Perfil de elección Libre (*Free Choice Profiling*, FCP).

### **Pruebas afectivas: prueba de aceptabilidad**

La prueba de aceptabilidad es una prueba afectiva que busca cuantificar el nivel de agrado sensorial de un alimento, es decir, cuanto le gusta a los consumidores (Gámbaro, 2016; Lawless y Heymann, 2010; Anzaldúa-Morales, 1994). La percepción hedónica de los productos por parte de los consumidores puede considerarse como un predictor clave en la elección de alimentos. La palabra hedónico proviene del griego “edov”, que significa placer (Gámbaro, 2016).

Durante el ciclo de desarrollo de un nuevo producto, las pruebas afectivas son necesarias en distintas etapas: en grupos de enfoque para evaluar conceptos, en estudios de factibilidad en los que se presenta el prototipo a los consumidores, en comparaciones con la competencia, o en ensayos centralizados y en el hogar (Sosa, 2011).

Se basan en que el consumidor de su impresión una vez que probó la muestra, señalando cuanto le agrada o desagradó a través de una escala hedónica (Gámbaro, 2016). Por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento. Las escalas hedónicas pueden ser verbales o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y el número de muestras a evaluar (Anzaldúa-Morales, 1994).

Los puntos de las escalas hedónicas se encuentran equidistantes, lo cual es muy importante para la asignación de valores numéricos a las elecciones de respuesta y para el uso de estadísticas paramétricas en el análisis de los datos (Lawless y Heymann, 2010). Son fáciles de entender, son muy usadas y han sido muy estudiadas, se pueden usar en cuestionarios autogestionados y se pueden adaptar a cualquier grupo de consumidores (Gámbaro, 2016; Sosa, 2011).

En las pruebas afectivas es importante tener en cuenta el contexto donde se realiza la evaluación sensorial, ya que se ha demostrado que influye en la aceptabilidad de los productos (Sosa et al., 2005; Jaeger y Mieselman, 2004). Las pruebas sensoriales pueden realizarse en el laboratorio, en espacios públicos (en confiterías, supermercados, ferias, entre otros) o en el hogar, los dos últimos con el objetivo de simular el lugar de consumo habitual del alimento (Ares, 2017; Gámbaro, 2016; Sosa, 2011; Stone y Sidel, 1993).

La forma de presentación de la muestra es otra cuestión que influye en la valoración del consumidor. Debe presentarse en un recipiente adecuado, generalmente descartable, codificado con un número de tres dígitos, proveyendo al evaluador la menor información posible del producto. Además debe considerarse la hora de evaluación, los vehículos para la evaluación (si fuera necesario) y los borradores que se utilizan cuando se prueban más de una muestra (Ares, 2017; Gámbaro, 2016; Lawless y Heymann, 2010; Anzaldúa-Morales, 1994; Watts, 1992).

### **Evaluación de emociones evocadas por el consumo de un producto**

La elección de los alimentos se basa principalmente en si sus propiedades sensoriales son agradables o desagradables, en sus beneficios nutricionales y para la salud (Hough y Sosa, 2015; Sosa y Hough, 2006). En los últimos años, el estudio de las respuestas emocionales al consumo de alimentos y bebidas ha adquirido importancia en la investigación sensorial y ha impulsado el desarrollo de enfoques metodológicos que buscan la discriminación de productos, independientemente de las respuestas hedónicas tradicionales (Meiselman, 2015). Se ha demostrado que el comportamiento del consumidor frente a la elección y consumo de un alimento se basa en sus asociaciones a experiencias, conocimientos y recuerdos, es decir, asociaciones con una connotación emocional (Jager et al., 2014; Piqueras-Fiszman y Jaeger, 2015; Gutjar et al., 2015). El estudio de las emociones provee información adicional que no es explicada por la respuesta hedónica (Gutjar et al., 2015; King, Meiselman y Carr, 2010) y que permite entender mejor la elección del consumidor (Jager et al., 2014).

Las emociones se definen como respuestas afectivas a un estímulo, a corto plazo, rápida e intensa. Son internas a una persona y primeramente se enfocan en los afectos, no en el comportamiento o en lo cognitivo (Meiselman, 2015).

Las emociones son difíciles de expresar con palabras, por eso es que en diferentes investigaciones se han desarrollado herramientas para poder evaluarlas, como cuestionarios o escalas (King et al., 2010; Gutjar et al., 2015; Seo et al., 2009). Además, no son estáticas, sino que cambian constantemente (Jager et al., 2014)

Se ha informado que los alimentos y las emociones comparten una relación bidireccional: por un lado, las emociones pueden determinar la elección de los alimentos, la ingesta de alimentos y el gusto; mientras que, por otro lado, el consumo de alimentos puede influir en el estado de ánimo y las emociones de los consumidores (Jaeger y Meiselman, 2004; Meiselman, 2017).

Es importante destacar que la determinación de las emociones evocadas por un alimento además pueden resultar unas herramientas excelentes para comercializar un producto, utilizándolas para su publicidad. Además, el estudio de las emociones que

genera un alimento puede diferenciarlo de otro de igual aceptabilidad (por ejemplo, un producto y su competencia en el mercado) (Meiselman, 2017).

### **Diseño experimental**

Son planes o secuencias de pasos para organizar, llevar a cabo y analizar los resultados de un experimento. Si el mismo es apropiado y eficiente, asegurará la confiabilidad de los datos y resultados de la prueba (Watts, 1992).

Consiste en definir los objetivos del estudio, las pruebas a utilizar para cumplir con esos objetivos y las condiciones, los recursos disponibles y el tipo de prueba estadística a utilizar (Lawless y Heymann, 1998).

Las características más importantes de un buen diseño experimental son:

- **Aleatorización:** es el procedimiento de ordenar muestras de tal manera que cada una de ellas tenga la misma oportunidad de ser escogida en cada etapa del proceso de ordenación. Permite minimizar los efectos de fuentes incontrolables de variación (Lawless y Heymann, 2010; Watts, 1992).
- **Agrupamiento en bloques:** permite controlar efectos de fuentes de variación conocidas y mejorar la eficiencia. Las unidades experimentales se agrupan en bloques, la variación entre unidades de un bloque es probablemente menor que la variación entre bloques. Se pueden realizar bloques completos o incompletos, en cada uno de los cuales las muestras se evalúan de manera aleatorizada (Lawless y Heymann, 1998). En el diseño de bloques completos cada evaluador prueba todas las muestras y cada muestra ocupa todas las posiciones posibles (Gámbaro, 2016). En el caso de bloques incompletos, se usa cuando existe un gran número de muestras que no pueden ser evaluadas todas a la vez (Lawless y Heymann, 1998); cada muestra es evaluada el mismo número de veces pero por diferentes evaluadores (Gámbaro, 2016).
- **Repeticiones:** supone repetir el experimento bajo condiciones idénticas. Proporciona un estimado del error experimental y aumenta la confiabilidad y validez de los resultados de la prueba. La repetición permite determinar la constancia, tanto del panel como de cada panelista. El número de repeticiones de un experimento está condicionado por las limitaciones de tiempo, costo y selección de muestras; mientras mayor sea el número de repeticiones más confiables serán los resultados de la prueba (Watts, 1992).

## **Análisis estadísticos de datos obtenidos de pruebas sensoriales**

La estadística es la disciplina de mayor relevancia para la evaluación sensorial. Esta ciencia proporciona un apoyo fundamental en la comprensión de la información que se genera mediante la prueba sensorial (Pedrero y Pangborn, 1989).

Puede dividirse en dos tipos: la estadística descriptiva, la cual trata de la clasificación de los datos; y la estadística inferencial, que es el proceso por medio del cual se establecen enunciados inductivos con base en muestras aleatorias tomadas de una población objetivo (Pedrero y Pangborn, 1989).

Para pruebas sensoriales el análisis estadístico persigue los siguientes objetivos (Watts, 1992):

- Comprobar hipótesis.
- Determinar si existen diferencias entre las muestras, tratamientos o poblaciones y si estas diferencias dependen a su vez de otras variables o parámetros.
- Verificar la consistencia de los panelistas entrenados, tanto durante la fase de capacitación como durante el estudio mismo.
- Relacionar resultados de pruebas sensoriales con los obtenidos de ensayos instrumentales.
- Predecir el comportamiento de diferentes variables a partir de otro grupo de ellas.

El análisis multivariado puede utilizarse cuando se investigan relaciones entre diferentes mediciones o pruebas, o cuando se evalúan conjuntamente datos sensoriales y de otro tipo, como fisicoquímicos. Se utilizan para simplificar gran cantidad de datos a un conjunto de variables y mostrar la interrelación que guardan, para facilitar su interpretación (Pedrero y Pangborn, 1989). Los más utilizados son el análisis de componentes principales (su sigla en inglés, PCA), la regresión de mínimos cuadrados parciales (su sigla en inglés, PLSR) y el análisis de conglomerados. En este trabajo de tesis además se utilizaron el análisis de Procrustes generalizado y el análisis de correspondencia.

**PCA:** es una técnica multivariada que se usa para simplificar y/o describir las relaciones entre múltiples variables independientes (descriptores sensoriales) y las muestras. El producto de este análisis es frecuentemente un mapa sensorial que ilustra las relaciones (Lawless y Heymann, 2010).

**PLSR:** Es una técnica que generaliza y combina el PCA y el análisis de Regresión Lineal. Es particularmente útil cuando se desea predecir un conjunto de variables dependientes (Y) desde un conjunto (relativamente grande y posiblemente

correlacionadas) de variables predictoras (X). El objetivo del método PLSR es describir Y a partir de X y su estructura de variación común (Balzarini et al., 2008).

**Análisis de conglomerados:** permite implementar distintos procesos para agrupar objetos descriptos por un conjunto de valores de varias variables. Ocasionalmente, estos procedimientos son usados para agrupar variables en lugar de observaciones. Es frecuentemente utilizado como método exploratorio de datos con la finalidad de obtener mayor conocimiento sobre la estructura de las observaciones y/o variables en estudio (Balzarini et al., 2008).

**Procrustes generalizado:** es una técnica estadística que deriva de una configuración de consensos de dos o más grupos de datos (Gower, 1975). En el análisis de Procrustes, las matrices de datos de los conjuntos de datos individuales se ajustan en un único espacio de consenso. Las configuraciones del espacio multidimensional se emparejan por medio de traslaciones, cambios de escala o rotación (Lawless y Heymann, 2010).

**Análisis de correspondencia:** es una técnica exploratoria que permite representar gráficamente filas y columnas de una tabla de contingencia. El propósito de su uso es similar al del análisis de componentes principales para datos continuos, diferenciándose de este por el hecho de que el análisis de correspondencia opera sobre la matriz de desviaciones Chi-cuadrado en lugar de usar una matriz de varianzas y covarianzas (Balzarini et al., 2008). Las variables se proyectan en un plano, dando lugar a una representación visual y simultánea de toda la información (Santos et al., 2015).

### **Nuevos métodos sensoriales descriptivos para la caracterización de productos**

La alta especialización de paneles para realizar pruebas descriptivas permite obtener resultados muy detallados, robustos y consistentes, reproducibles, estables en el tiempo y dentro de un cierto espacio sensorial (Moussaoui y Varela, 2010). Los evaluadores entrenados usan un vocabulario estandarizado, un protocolo de evaluación y están capacitados para medir intensidad de atributos sensoriales con escalas con referencias definidas (Lawless y Heymann, 2010).

Por otro lado, los consumidores, al momento de realizar evaluaciones, están fuertemente influenciados por sus preferencias personales y sus experiencias previas de consumo de alimentos. Al momento de describir los productos evaluados tienden a usar palabras menos técnicas, más ambiguas y redundantes que los evaluadores entrenados, como así también términos hedónicos (Ares y Varela, 2017). La interpretación de atributos sensoriales específicos por parte de los consumidores suele

ser muy heterogénea, ya que resultan diferentes del significado de los distintos descriptores. El uso de escalas también puede resultarles dificultoso (Liu, 2016).

Existe amplio consenso con respecto a la idea de que los evaluadores entrenados no pueden realizar pruebas hedónicas, ya que están capacitados para dejar de lado sus preferencias personales y evaluar los productos utilizando criterios específicos, además de que un pequeño panel no será representativo de un mercado objetivo (Stone y Sidel, 1993). Por otro lado, los consumidores han sido tradicionalmente considerados como incapaces de realizar evaluaciones analíticas de las características sensoriales de un producto.

Todo lo expuesto permite pensar que la realización de pruebas analíticas con consumidores dan lugar a riesgos de validez de resultados (Stone y Sidel, 1993). Sin embargo, Moskowitz (1996) desafió esta idea afirmando que los consumidores realmente podían evaluar con precisión la intensidad de las características sensoriales de un alimento proporcionando resultados similares a los de jueces sensoriales. De esta manera, la línea entre paneles entrenados y consumidores es cada vez más borrosa (Meiselman, 2013) y el uso de evaluadores no entrenados para obtener caracterizaciones de productos está ganando aceptación (Giménez y Ares, 2015).

Por otro lado, y teniendo en cuenta la necesidad de desarrollar más velozmente nuevos productos y de integrar la percepción del consumidor para aumentar la probabilidad de éxito en su venta, se han diseñado nuevas metodologías para la caracterización sensorial (Ares, 2015), que buscan:

- Disminuir los tiempos asociados con la selección y el entrenamiento de los jueces, dando cierta agilidad a la descripción sensorial (Varela y Ares, 2012).
- Tener en cuenta la percepción que los consumidores tienen de los productos.
- Evaluar los productos de una forma “holística” (Gámbaro, 2016; Reis, Alcaire, Deliza y Ares, 2017).

Distintas investigaciones comparan los nuevos métodos descriptivos rápidos con los clásicos, obteniendo resultados similares (Ares y Varela, 2017; Delarue y Sieffermann, 2014; Veinand, Godefroy, Adam y Delarue, 2011; Ares et al., 2010; Moussaoui y Varela, 2010; Dairou y Sieffermann, 2002, 2004). Esto permite concluir que los perfiles obtenidos de los consumidores pueden ser una buena alternativa a los perfiles de catadores entrenados, ya que cumplen con los requisitos relativos a la discriminación, el consenso y la repetitibilidad (Gámbaro, 2016).

Entre estos nuevos métodos se pueden mencionar los siguientes:

- Perfil rápido (*Flash profile*) (Dairou y Sieffermann, 2002, 2004)
- Perfil ultra-rápido (*Ultra-flash profile*) (Page`s, 2003)
- Preguntas CATA (Varela y Ares, 2012)

- Escalas de punto ideal (*Just about right, JAR*) (Ares, 2017)
- Mapeo proyectivo (Risvik et al., 1994)

Estas pruebas suelen realizarse con evaluadores semi-entrenados o con consumidores (Varela y Ares, 2012). Las mismas pueden enriquecer las descripciones sensoriales de los productos, particularmente cuando se trabaja con productos complejos (Ares y Varela, 2014).

A continuación se desarrollan los nuevos métodos sensoriales utilizados en este trabajo de tesis.

### **Prueba de perfil rápido**

El método del perfil rápido, en inglés *Flash Profile* o *Flash Profiling* (FP), surgió como una combinación de la generación individual de vocabulario (atributos elegidos libremente) y una evaluación comparativa de los productos para cada atributo elegido a través de un ordenamiento (*ranking*), basado en la presentación simultánea de un grupo de muestras (Dairou y Sieffermann, 2002). El FP es un método flexible usado para obtener rápidamente un perfil sensorial de productos de acuerdo a sus atributos más sobresalientes (Varela y Ares, 2012).

#### *Procedimiento*

En un primer momento se indica a los consumidores que deben probar las muestras y evaluarlas comparativamente (Gámbaro, 2016). Las muestras codificadas deben presentarse de manera simultánea, lo que fuerza al evaluador a enfocarse en las diferencias entre los productos para generar solamente atributos discriminantes (Liu, 2016; Ares; Veinand, Godefroy, Adam y Delarue 2011; Moussaoui y Varela, 2010). Esto refleja la importancia que cada consumidor le da a las características sensoriales de un producto, mostrando su punto de vista (O'Sullivan, 2017). Como en el perfil libre, cada consumidor genera su propio grupo de atributos, en cualquier número, limitado solo por sus habilidades sensoriales (Murray et al., 2001). Los mismos no pueden ser términos hedónicos. En un segundo paso, deben ordenar todas las muestras para cada uno de los atributos seleccionados, de acuerdo a la intensidad, en una escala ordinal anclada de "menor intensidad" a "mayor intensidad" (O'Sullivan, 2017), permitiéndose "empates" entre los productos. La distancia relativa entre las muestras no es relevante (Gámbaro, 2016).

Cuando los productos se prueban a ciegas y las muestras lo permiten (no fácilmente reconocibles por forma, color, etc), es común incluir una repetición ciega del control dentro del grupo de muestras para evaluar el rendimiento individual del asesor,

verificando posteriormente en los resultados si el control y su repetición fueron evaluadas de manera similar (Moussaoui y Varela, 2010).

Las respuestas de los evaluadores se consideran como medidas complementarias en lugar de repeticiones (Liu, 2018).

La prueba de perfil rápido puede realizarse de dos formas:

- En diferentes sesiones: consiste en reunir a los evaluadores en diferentes oportunidades, utilizando una sesión para la generación de los atributos, una siguiente reunión para que puedan comparar los atributos generados por ellos mismos con los de otros evaluadores para “no olvidar” ninguna característica importante (Sieffermann, 2000), y otras reuniones para evaluar las muestras, ya sea en una oportunidad o por triplicado (Dairou y Sieffermann, 2002; Delarue y Sieffermann, 2014).
- En una única sesión: se trata de que en una única reunión los evaluadores generen los atributos y realicen la evaluación de las muestras (O’Sullivan, 2017; Veinand, Godefroy, Adam y Delarue 2011; Moussaoui y Varela, 2010).

Esta prueba puede realizarse con 6 a 12 panelistas entrenados o semi-entrenados (Albert, Varela, Salvador, Hough y Fiszman, 2011; Dairou y Sieffermann, 2002; Delarue y Sieffermann, 2004; Moussaoui y Varela, 2010; Tarea, Cuvelier y Sieffermann, 2007); sin embargo Delarue (2014) declaró que cuatro o cinco era el número mínimo de asesores para realizar el FP. También puede realizarse con un panel de consumidores de entre 20 y 40 participantes (Moussaoui y Varela, 2010; Veinand, Godefroy, Adam y Delarue, 2011). De todas maneras no se han publicado estudios de investigación para evaluar el efecto del número de evaluadores en el resultado del método de FP (Liu, 2018).

Los datos de FP pueden correlacionarse con los datos sensoriales de un panel entrenado o también con datos fisicoquímicos. Además, la correlación de FP y la prueba de perfil sensorial permite la validación del glosario del panel descriptivo (Moussaoui y Varela, 2010).

#### *Ventajas y limitaciones del perfil rápido*

Es una herramienta de mapeo sensorial que provee una descripción detallada de los productos a evaluar, fácil de comprender para los consumidores y adecuada para aplicaciones en las que se necesita una respuesta rápida (Delarue y Sieffermann, 2014). Según Moussaoui y Varela (2010), el FP es eficiente para captar con precisión las percepciones de los consumidores.

Respecto a la prueba de perfil convencional, necesita cuatro veces menos sesiones, no hay problemas de coincidencia de horarios de panelistas ya que no es

necesario realizar consensos y no requiere la presencia del experimentador (O'Sullivan 2017; Dairou y Sieffermann, 2002). Sin embargo, completa los datos obtenidos de un panel sensorial entrenado, además de permitir la validación del glosario de dicho panel (Moussaoui y Varela, 2010), sin reemplazarlo.

Al comparar FP con perfil convencional se obtienen resultados similares en cuanto al posicionamiento y la descripción de las muestras, siendo el FP más rápido pero menos descriptivo (Moussaoui y Varela, 2010; Delarue y Sieffermann, 2004; Dairou y Sieffermann, 2002).

Puede usarse también como una herramienta para la evaluación de un nuevo producto o para estudiar un mercado específico (Dairou y Sieffermann, 2002; Delarue y Sieffermann, 2004; Tarea et al., 2007), ya que al ser el evaluador quien genera los términos esta técnica puede usarse como una herramienta de comunicación entre la investigación, el desarrollo de productos y el marketing (O'Sullivan 2017).

Una limitación de FP es que, al ser un método comparativo, el número de muestras que pueden evaluarse es limitado, y dependerá de la categoría de producto (O'Sullivan, 2017; Moussaoui y Varela, 2010). Otro inconveniente de FP es que cada asesor genera su propia lista de atributos, por lo que la interpretación semántica puede ser compleja (Dairou y Sieffermann, 2002; Veinand et al., 2011), además que implica un mayor número de atributos diferentes, lo que hace más difícil la descripción (Delarue y Sieffermann, 2014).

No tiene el mismo poder discriminante que el perfil sensorial clásico ni lo sustituye cuando se trata de comparaciones complejas como sensación en la boca o buscar finas diferencias (O'Sullivan, 2017; Moussaoui y Varela, 2010). Además, no es recomendable utilizarlo en estudios de vida útil o de control de calidad, ya que no indica la magnitud de las diferencias entre los productos (O'Sullivan, 2017).

### **Preguntas CATA**

Las preguntas CATA (del inglés "check-all-that-apply"), también conocidas con "Tilde todo lo que corresponde" (TICO), se encuentran entre los métodos rápidos para el análisis sensorial recientemente introducidos (O'Sullivan, 2017). Corresponde a una serie de preguntas estructuradas que se presentan en formato de cuestionario, donde los evaluadores pueden encontrar una lista de términos de la cual deben seleccionar todas aquellas características enunciadas que aplican para una determinada muestra (Jaeger et al, 2015; Ares, 2014). Es un método simple, fácil y válido para recopilar información sobre la percepción sensorial y no sensorial (por ejemplo, conceptos u ocasiones de consumo) (Reinbach et al., 2014).

La lista del cuestionario debe estar conformada por un número determinado de palabras, términos o conceptos, lo que es muy importante ya que da la posibilidad al consumidor de captar los matices en las similitudes y diferencias entre determinadas muestras, que puede proporcionar una descripción completa de las características de una determinada muestra (O'Sullivan, 2017; Jaeger et al, 2015). Dicha lista de términos puede incluir antónimos (por ejemplo, “duro” y “blando”), lo cual puede ayudar al investigador a chequear la validez de las respuestas del consumidor. Además, permite identificar a los consumidores que tildan el término y su antónimo (posiblemente con el fin de eliminarlos del conjunto de datos debido a la falta de atención) (Jaeger et al, 2015).

Los términos que pueden incluirse son (Gámbaro, 2016):

- Sensoriales (muy dulce, astringente)
- Hedónicos (delicioso, desagradable)
- No sensoriales (saludable)
- Conceptos (productos para niños, producto *premium*)
- Ocasiones de consumo (entre horas)

Sin embargo, cuanto más larga es la lista de términos, más tediosa resulta la actividad, comprometiendo la atención en la tarea. Por esta razón, largas listas de términos puede dar lugar a respuestas poco satisfactorias, lo que lleva a los consumidores a seleccionar los términos que captan fácilmente su atención sin pensar profundamente en las características sensoriales de las muestras (Ares, 2015; Jaeger et al, 2015).

Jaeger et al. (2015) concluyó que no se debe utilizar un número excesivo de términos, sino que se tienen que incluir términos diferentes para las características sensoriales relevantes a fin de tener en cuenta la heterogeneidad del consumidor.

Por otro lado, Ares (2015; 2010) expuso que los evaluadores prestan más atención a los términos ubicados al principio de la lista que a aquellos que se encuentran al final; a medida que avanza la lista de términos comienzan a perder atención. La rotación de términos dentro de un cuestionario CATA es necesaria, ya que los consumidores a veces seleccionan términos basados únicamente en su posición en la lista, sesgados por los de la parte superior; así, un término no seleccionado podría aplicarse al producto (O' Sullivan, 2017). Estos resultados sugieren que es necesario balancear la posición de los términos en las listas entre los asesores.

Las ventajas y desventajas del método pueden observarse en la Tabla 11.

Los perfiles CATA obtenidos con consumidores han mostrado un buen acuerdo con los perfiles sensoriales desarrollados por paneles tradicionales (Ares et al., 2010),

lo que sugiere que CATA podría ser una alternativa valiosa para comprender la percepción de los atributos sensoriales del producto (Reinbach et al., 2014).

**Tabla 11. Ventajas y desventajas del método CATA**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>-Los consumidores perciben las preguntas CATA como algo sencillo de responder y no como algo tedioso o difícil<sup>1</sup>.</p> <p>-Son muy intuitivas de usar<sup>2</sup> y menos cansadoras que las escalas<sup>3</sup>.</p> <p>-Tienen una influencia mínima en los puntajes de aceptabilidad<sup>2</sup>.</p> <p>-Permiten evaluar características sensoriales<sup>3,4</sup>.</p> <p>-Mediante el uso de “poco/mucho/demasiado” se puede estimar la intensidad de las características<sup>3</sup>.</p>	<p>Una debilidad de éste método es que los participantes pueden no seleccionar un término por tres razones:</p> <p>1) porque realmente no describe a una muestra,</p> <p>2) porque ignoran su significado o</p> <p>3) porque consideran que el mismo es neutral o se encuentran indecisos respecto a si el mismo aplica para ese producto<sup>5</sup>.</p>

**Fuente:** <sup>1</sup>Jaeger, et al., 2013; <sup>2</sup>Ares, 2017; <sup>3</sup>Gámbaro, 2016; <sup>4</sup>Reinbach et al., 2014; <sup>5</sup>Jaeger et al, 2015

En general, se utilizan entre 50 y 100 consumidores para realizar preguntas CATA; y las muestras se presentan en forma monádica. Los evaluadores responden el cuestionario marcando todos los términos que consideren describen al producto (Ares et al., 2015; Varela y Ares, 2012).

## PARTE VI: Análisis instrumental de alimentos

Los métodos instrumentales para el análisis de alimentos permiten la caracterización de los mismos. Existen métodos físicos y químicos; a continuación se desarrollan los utilizados en el este trabajo de tesis:

### Evaluación del color

El método instrumental consiste en el uso de técnicas en las cuales se mide la reflectancia o transmitancia de la muestra. Se utilizan equipos como espectrofotómetros o colorímetros triestímulo. Tienen la desventaja de que la superficie del material cuyo color se va a medir, debe ser homogénea y de que se mide sobre un área muy pequeña (2 cm<sup>2</sup>) (Mendoza y Aguilera, 2006).

Para medir el color en los alimentos pueden utilizarse diferentes sistemas como el Munsell, Hunter o CIE (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). La CIE (*Commission International de 'Eclairage*) establece tres colores primarios: azul, rojo y amarillo. Los demás colores resultan de combinar al menos dos de ellos (Wittig de Penna, 2001). Con este sistema se puede medir utilizando espacios cromáticos uniformes (CIELAB) y no uniformes (CIEXYZ), los que permiten visualizar y representar colores en dos y tres dimensiones (Delmoro et al., 2010). El sistema CIELAB expresa sus mediciones mediante el cálculo de coordenadas cromáticas en una muestra, que son L\*, a\* y b\* y están relacionadas con la percepción fisiológica del color: claro u oscuro, rojo o verde y amarillo o azul (Hough y Fiszman, 2005). En la Figura 11 se pueden observar los espacios cromáticos que abarcan los diferentes parámetros (coordenadas) del sistema CIELAB.

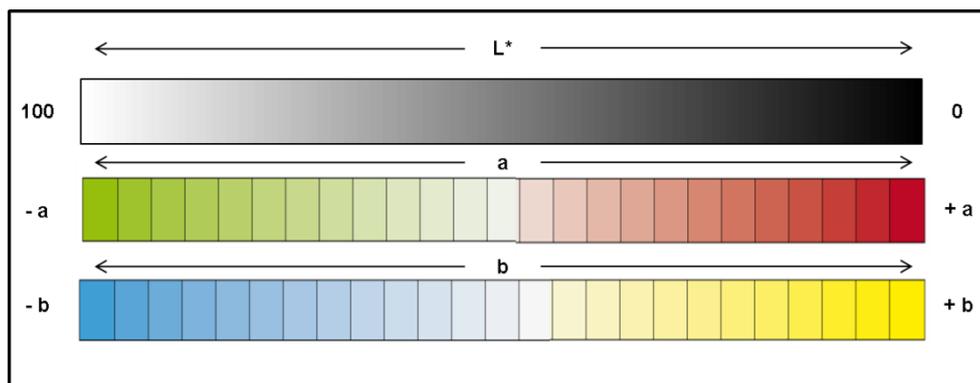


Figura 11. Espacios cromáticos que abarcan los diferentes parámetros del sistema CIELAB.

Fuente: elaboración propia

### Evaluación de la textura

Los métodos instrumentales (objetivos) pueden dividirse en:

- **Directos:** miden las propiedades texturales reales de los materiales. En ellos encontramos las pruebas fundamentales, empíricas e imitativas.

- Pruebas fundamentales: miden propiedades texturales bien definidas de los alimentos sin dañarlos (Kilcast, 2001). Se asumen materiales continuos, isotrópicos y homogéneos (Rodríguez Sandoval, Fernández Quintero y Ayala Aponte, 2005). Las pruebas fundamentales son generalmente lentas de realizar, utilizan equipos costosos y no se correlacionan tan bien con la evaluación sensorial como lo hacen las pruebas empíricas (Bourne, 2002). Proporcionan una base para la realización de pruebas empíricas (Szczesniak, 2002). Incluyen pruebas de compresión y los métodos dinámicos oscilatorios (Castro, Novoa, Algecira, y Buitrago, 2014; Rodríguez Sandoval et al., 2005).

- Pruebas empíricas: es el tipo de prueba más utilizada en el desarrollo de alimentos. Son pruebas que se consideran destructivas del alimento (Mejía Cárdenas, 2003). Las pruebas son generalmente fáciles de realizar, rápidas y se llevan a cabo con equipos de bajo costo. Sus resultados se correlacionan muy bien con datos sensoriales. La principal desventaja de este tipo de prueba es la baja precisión. Miden el efecto de la aplicación de una fuerza en un solo punto de la muestra (por ejemplo, durante la manipulación de la cuajada o la presión con los dedos), mediante penetrómetros, bolas de compresión y tromboelastógrafos, entre otros (Castro et al., 2014).

- Pruebas imitativas: imitan las condiciones a las que se somete el material, como la masticación. Un ejemplo de este tipo de pruebas es el análisis de perfil de textura instrumental (TPA), realizado con un texturómetro (Rodríguez Sandoval et al., 2005).

El equipo ideal para medir la textura debería combinar las mejores características de los tres tipos de pruebas, pero en la actualidad no existe un equipo o sistema ideal para medir la textura.

- **Indirectos:** miden las propiedades físicas que se correlacionan bien con una o más propiedades texturales. Son las pruebas realizadas por medios ópticos, químicos, acústicos u otros (Bourne, 2002).

Los métodos instrumentales utilizados en este trabajo de tesis fueron:

### **1. Análisis de perfil de textura (texture profile analysis, TPA)**

El análisis de perfil de textura es una prueba basada en la imitación del proceso de masticación con una doble compresión (en dos ciclos) de una muestra de alimento (Chen y Opara, 2013). El resultado obtenido relaciona la fuerza aplicada en función del tiempo, mediante una curva (Figura 12) que permite definir una amplia variedad de

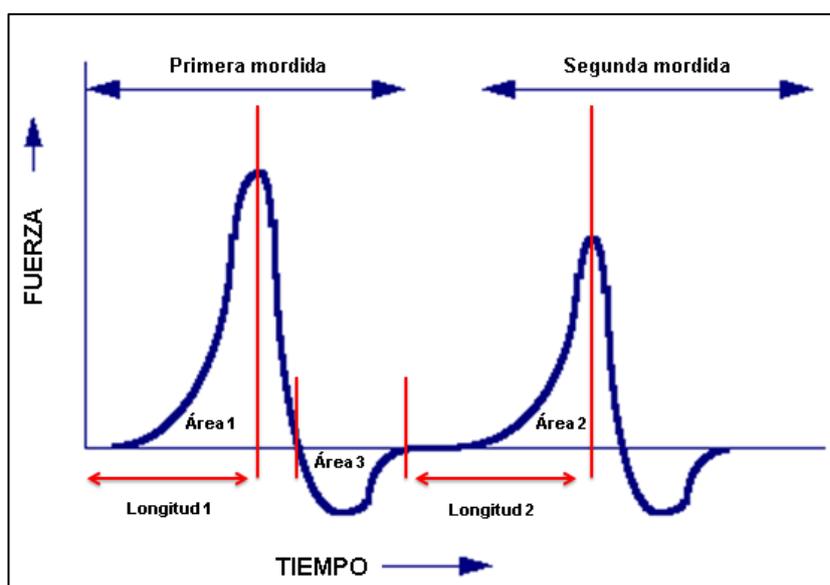
parámetros de textura tales como dureza, cohesividad, elasticidad, masticabilidad, gomosidad y adhesividad, entre otros (Chen y Opara, 2013; Szczesniak et al., 1963). El instrumento diseñado especialmente para este propósito es el Texturómetro (Bourne, 2002).

#### *Parámetros típicos obtenidos en un TPA*

Los parámetros obtenidos de un perfil típico de TPA (Chen y Opara, 2013) y sus definiciones se enlistan a continuación:

Dureza: es la fuerza necesaria para lograr una deformación dada (Szczesniak, 2002). Se determinó como el pico de la curva del primer ciclo de compresión (primera mordida) del producto (Bourne, 2002).

Cohesividad: se define como el grado en el que un material puede ser deformado antes de su ruptura (Szczesniak, 2002). Ésta se refiere a qué tan bien el producto soporta una segunda deformación en relación con su comportamiento en la primera deformación. Se mide como el área bajo la curva de la segunda compresión dividida por el área bajo la curva de la primera compresión (Área 2 / Área 1) (Bourne, 2002).



**Figura 12. Curva fuerza-tiempo típica obtenida de la prueba de TPA**

**Fuente:** Bourne, 2012

Elasticidad: velocidad con la que un material deformado regresa a su condición inicial al quitar la fuerza de deformación (Szczesniak, 2002). Esta se mide por la longitud de la segunda compresión (Longitud 2) dividida por la longitud de la compresión original (Longitud 1): Longitud 2/Longitud 1 (Bourne, 2002).

Masticabilidad: energía requerida para desintegrar un alimento sólido hasta el estado en el que esté listo para tragarlo (Szczesniak, 2002). Se aplica a productos sólidos y se calcula como Gomosidad \* Elasticidad (Bourne, 2002).

Gomosidad: energía requerida para desintegrar un alimento semi-sólido hasta el estado en el que esté listo para tragarlo (Szczesniak, 2002). Se calcula dividiendo la cohesividad por la dureza.

Adhesividad: trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto (Szczesniak, 2002). Ésta está representada por el área 3 de la curva fuerza-tiempo (área negativa total entre el primer y segundo pico) (Chen y Opara, 2013).

## **2. Prueba de extrusión reversa (*back extrusion test*)**

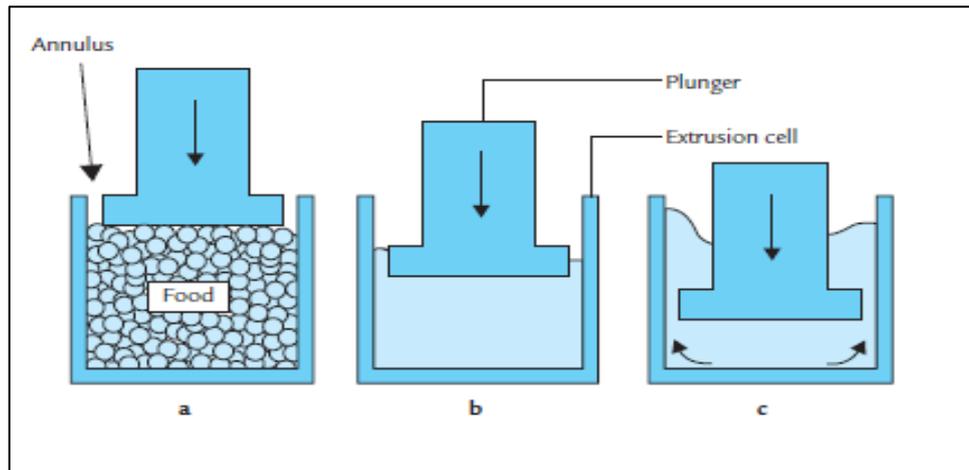
La prueba de compresión-extrusión reversa es un método empírico para estudiar las propiedades texturales de un fluido viscoelástico (Perrot et al., 2011; Kilcast, 2001) que consiste en aplicar una fuerza a un alimento hasta que este fluya a través del espacio comprendido entre la placa de compresión y las paredes de la celda que contiene el producto (este espacio se llama *annulus*). El alimento se comprime hasta que la estructura se rompe y se expulsa a través de ese espacio. Usualmente se mide la fuerza máxima requerida para lograr la extrusión y se utiliza como un índice de calidad de textura. Dado que la extrusión requiere que el alimento fluya bajo presión, este tipo de prueba se usa en líquidos viscosos, geles y grasas. Es “reversa” porque el alimento se mueve en dirección opuesta al émbolo que lo comprime (Bourne, 2002).

En la Figura 13 se muestra un esquema de una prueba de compresión-extrusión reversa (Bourne, 2002).

- a- El émbolo (placa de compresión) desciende y entra en contacto con la superficie del alimento.
- b- El alimento es comprimido (para eliminar el aire entre las partículas) y puede sacar algo del líquido.
- c- El alimento es extruido (expulsado) a través del *annulus*.

## **3. Analizador de viscosidad rápida (*rapid visco analyzer; RVA*)**

El RVA es un viscosímetro rotacional con control de perfiles variables de temperatura y velocidad de rotación variable, optimizado, para el análisis de las propiedades viscosas en almidones, cereales, harinas y alimentos (Perten instrument, Manual de uso del RVA). Permite medir la viscosidad en continuo de una muestra bajo condiciones controladas de estrés térmico y fuerza de corte.



**Figura 13. Esquema de una celda simple de back-extrusion test.**

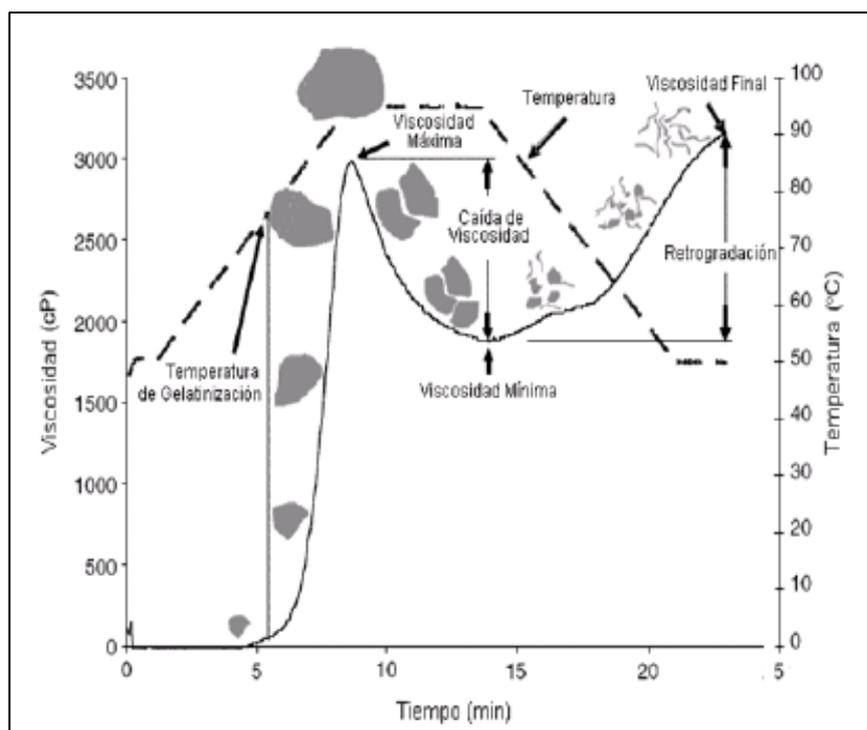
**Fuente:** Bourne, 2012

Durante el análisis estándar del almidón, el producto se calienta en una mezcla de agua, los gránulos de almidón absorben el agua y se hinchan, la estructura cristalina interna se funde (gelatinización), los gránulos colapsan y crean una masa homogénea (gel). Los cambios en la viscosidad, producto de la combinación de mezclado, calentamiento y enfriamiento, aplicados durante un tiempo, crean la curva de viscosidad del producto (Perten instrument, Manual de uso del RVA).

Las propiedades reológicas del almidón están relacionadas con su microestructura y son influenciadas por diversos factores, tales como la proporción y longitud de amilosa/amilopectina, la presencia de compuestos minoritarios, la concentración de almidón, esfuerzo de corte, temperatura y tratamiento hidrotérmico (García Rodríguez, 2011).

Un típico perfil de viscosidad obtenido con un equipo *Rapid Visco Analyzer* se muestra en la Figura 14, en la cual también se representan los cambios estructurales en los gránulos de almidón de maíz normal (García Rodríguez, 2011).

Los gránulos de almidón son generalmente insolubles en agua a temperaturas inferiores a 50 °C, exhibiendo una baja viscosidad. Cuando los gránulos son calentados a temperaturas superiores, absorben una gran cantidad de agua y se hinchan, incrementando la viscosidad del medio (gelatinización). La temperatura a la cual comienza este incremento de viscosidad es conocida como **temperatura de gelatinización** (García Rodríguez, 2011, Ferrera Charro, 2009).



**Figura 14. Perfil de viscosidad y cambios estructurales de granulos de almidón.**

**Fuente:** García Rodríguez, 2011.

Al inicio del análisis de RVA se observan bajas temperaturas y menor viscosidad, pero al incrementar la temperatura cerca de la temperatura de gelatinización, los granulos comienzan a adherirse unos a otros formando una pasta que produce un aumento de la viscosidad; este instante se conoce como **temperatura de empaste**, que puede ser definido como la temperatura mínima requerida para cocinar la muestra y a su vez, es asociada a la temperatura de gelatinización. Los granulos siguen hinchándose y se produce un elevado aumento de la viscosidad hasta llegar a un intervalo máximo de temperatura denominado **viscosidad máxima o pico de viscosidad**, donde los granulos alcanzan su mayor nivel de absorción de agua. (García Rodríguez, 2011; Ferrera Charro, 2009)

A medida que la temperatura se incrementa y se mantiene por un periodo de tiempo, los granulos colapsan y ocurre una subsecuente alineación de los polimeros del almidón, lo que disminuye la viscosidad aparente de la pasta (Liu, 2005 en García Rodríguez, 2011) hasta llegar a un punto denominado **viscosidad media o mínima**. La diferencia entre la viscosidad máxima y la mínima se conoce como **caída de viscosidad (breakdown)** y permite conocer la estabilidad del granulo frente a la cocción. (García Rodríguez, 2011; Ferrera Charro, 2009)

Finalmente, en el periodo de disminución de la temperatura ocurre la retrogradación que se define como el reordenamiento de las moléculas de almidón en pequeños agregados cristalinos insolubles; este fenómeno es el precursor de la formación del gel y la amilosa es el principal responsable. Allí se describe un nuevo incremento de la viscosidad hasta llegar al punto final de la prueba, donde se obtiene el valor de **viscosidad final**. Esta parte de la curva de viscosidad es comúnmente conocida como la **región de retrogradación** (*setback*), que es aquella región definida por la diferencia entre la viscosidad mínima y la viscosidad final (García Rodríguez, 2011; Ferrera Charro, 2009).

### **Reología y textura**

Una propiedad importante del alimento que se asocia con la textura es su comportamiento reológico. La reología es el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados cuando se les aplica una fuerza (Rodríguez Sandoval, 2005). Esta definición clásica de reología se divide en dos partes (Bourne, 2002):

1. La deformación generalmente se aplica a materiales que son predominantemente de naturaleza sólida.
2. El flujo generalmente se aplica a materiales que son predominantemente de naturaleza fluida.

Es una técnica instrumental usada ampliamente en la caracterización de materias primas (Dak, Verma y Sharma, 2006). Aplicada en los alimentos, proporciona información importante para la selección de ingredientes, para diseñar y mejorar productos, para optimizar procesos de fabricación y para elegir estrategias de empaque y almacenamiento (Dogan y Kokini, 2007).

### **Viscosidad**

La viscosidad puede definirse como una medida de la resistencia a la deformación del fluido, es decir, la resistencia interna al flujo (Ramírez Navas, 2006; Muller, 1973). También se puede definir como la propiedad de un fluido que mide su resistencia a fluir ante la presencia de un esfuerzo de cizalla (Bertuzzi y Slavutsky, 2015).

Existen distintos tipos de viscosidad: viscosidad dinámica o absoluta, viscosidad cinemática, viscosidad relativa y viscosidad aparente.

La viscosidad puede ser afectada por variables como el gradiente de velocidad de deformación, la temperatura y la presión, entre otros, siendo éstas las más importantes (Ramírez Navas, 2006; Muller, 1973).

## **Fluidos**

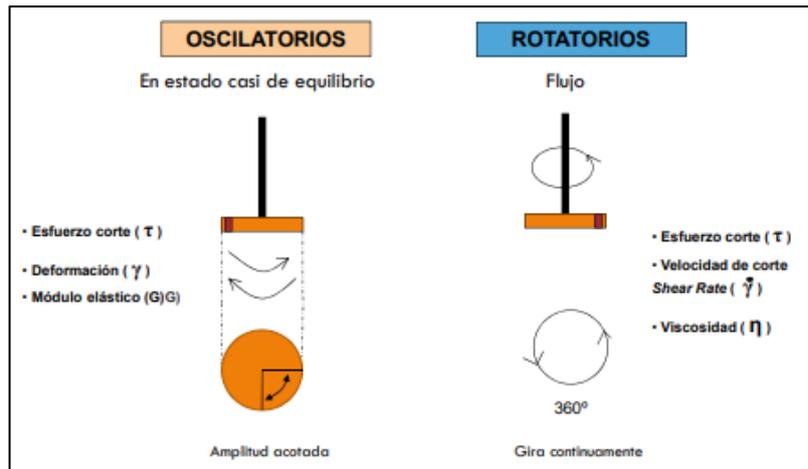
Un fluido se define como una sustancia que se deforma continuamente bajo la aplicación de esfuerzos cortantes (Ramírez Navas, 2006).

Las características reológicas de un fluido son uno de los criterios esenciales en el desarrollo de productos en el ámbito industrial, además que se utiliza para el control de calidad y el diseño de la planta de producción (Ramírez Navas, 2006; McKenna y Lyng, 2003). Estas propiedades se definen a partir de la relación existente entre fuerza y su respuesta, ya sea como deformación o flujo. Como ejemplo se puede poner un elemento de fluido entre dos placas paralelas infinitas, donde la placa superior se mueve a una velocidad constante bajo la influencia de una fuerza aplicada. La placa inferior permanece estática. El movimiento de la placa superior da lugar a un gradiente de velocidad en el fluido. Esto puede usarse para definir un parámetro reológico fundamental: el esfuerzo cortante o de cizalladura (Ramírez Navas, 2006).

### **Determinación de propiedades reológicas**

Las propiedades reológicas se determinan midiendo la fuerza y la deformación en función del tiempo (Dak et al., 2006). Los elementos más importantes tanto en la deformación como en el flujo son la distancia (m), el tiempo (s) y la masa (kg) (Bourne, 2002).

Las propiedades reológicas se pueden medir mediante reómetros, instrumentos que permiten someter al material a diferentes tipos de deformaciones controladas (*strain*) o velocidades de flujo (*shear rate*) y medir los esfuerzos (*shear stress*) o viceversa, utilizando ensayos de tipo rotatorios (obtener una visión en el comportamiento del flujo de materiales) u oscilatorios (estudiar el comportamiento viscoelástico de sistemas alimentarios complejos) (Contreras Lozano, 2015) (Figura 15). Mide tanto la viscosidad como la viscoelasticidad de fluidos, semisólidos y sólidos. Las mediciones se realizan para simular condiciones de procesamiento en la industria o condiciones de uso por parte de los consumidores en el mundo real (Gaspar, 2017).



**Figura 15. Ensayos reológicos**

Fuente: Gaspar, 2017

Las propiedades viscoelásticas en estructuras alimentarias están determinadas por la composición química, las condiciones de procesamiento y por la adición de algunos ingredientes tales como estabilizantes; y se estudia mediante pruebas dinámicas oscilatorias (Contreras Lozano, 2015),

En este trabajo de tesis se utilizaron ensayos oscilatorios para estudiar el comportamiento reológico de geles.

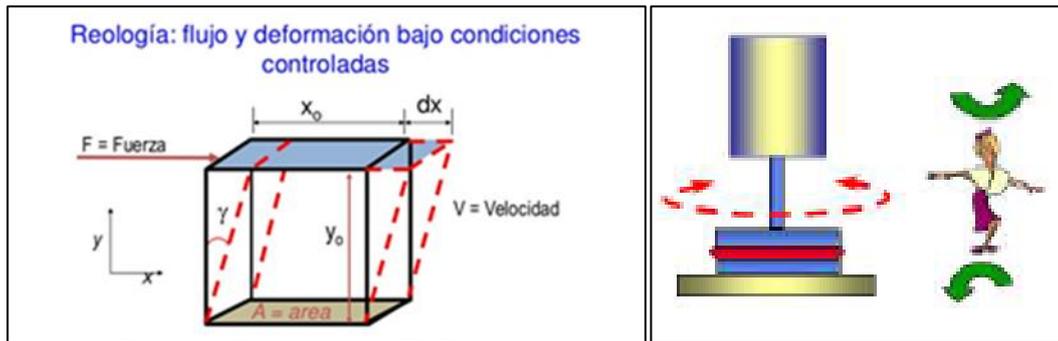
### Ensayos oscilatorios

Los materiales viscoelásticos combinan propiedades de los sólidos elásticos con las de los fluidos viscosos; en ellos los componentes elástico y viscoso se manifiestan simultáneamente (Muller, 1977) y se caracterizan por la presencia de una estructura tridimensional incompleta que se destruye por la aplicación de un esfuerzo y solo se recupera parcialmente cuando el esfuerzo es removido. Mientras la estructura es más completa y resistente a la ruptura, más pronunciada es su elasticidad, y mientras más fácil se rompa su estructura, mayor es su comportamiento viscoso (Contreras Lozano, 2015).

Existen dos regímenes de comportamiento en fluidos viscoelásticos; el lineal donde las propiedades son una función del tiempo y no de la magnitud o velocidad de deformación, y el no lineal cuyas propiedades mecánicas están en función del tiempo y de la magnitud del esfuerzo aplicado (Méndez, Nuñez y Solorza, 2010).

La viscoelasticidad se estudia comúnmente mediante pruebas dinámicas oscilatorias. En un ensayo oscilatorio las muestras se someten a un movimiento que varía armónicamente con el tiempo (movimiento oscilatorio) (Figura 16) utilizando geometrías específicas, y solo se pueden aplicar deformaciones (o esfuerzos)

considerados bajos para no exceder el intervalo de viscoelasticidad lineal que hace imposible la recuperación completa (Contreras Lozano, 2015).



**Figura 16. Ensayos reológicos oscilatorios**

Fuente: Gaspar, 2017

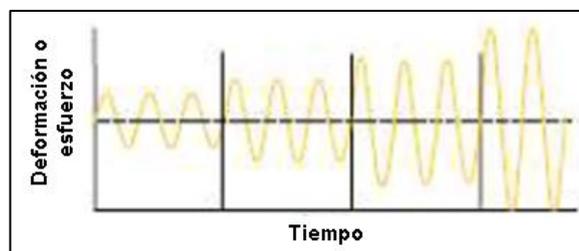
Los ensayos oscilatorios son pruebas fundamentales que estudian la estructura de un material sin dañarlo (en estado de casi equilibrio), pueden ser los siguientes:

- Barrido de Tiempo
- Barrido de Amplitud de deformación (*strain*) o esfuerzo (*stress*)
- Barrido de Frecuencia
- Barrido de Temperatura
- Barrido de Temperatura/Frecuencia (TTS)

A continuación se describen los ensayos utilizados en este trabajo de tesis:

**Barrido de Amplitud de deformación (*strain*) o esfuerzo (*stress*)**

Con esta prueba se obtiene información acerca de la estructura del material y su resistencia a la deformación (respuesta del material al aumento de deformación). Sirve para determinar el rango viscoelástico lineal (RVL) (los ensayos de barrido de frecuencia y de temperatura necesitan de dicha información para poder realizarse) (Gaspar, 2017). En la Figura 17 se puede observar un barrido de amplitud de deformación o esfuerzo.

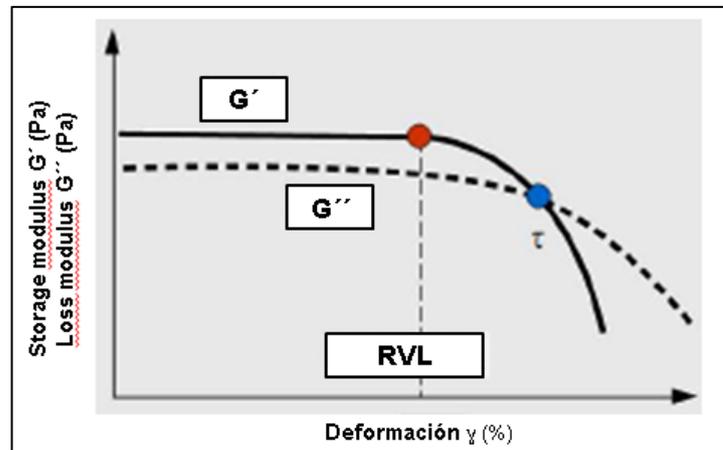


**Figura 17. Barrido de amplitud de deformación o esfuerzo**

Fuente: Gaspar, 2017

Este ensayo asume que la muestra es estable. En la zona del RVL las magnitudes de deformación y esfuerzo se mantienen lineales (Gaspar, 2017). Se realiza a

frecuencia y temperatura constantes. En la Figura 18 se puede observar la curva obtenida del barrido de deformación o esfuerzo de un producto.

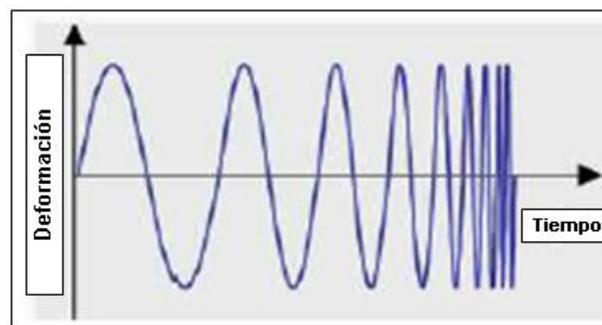


**Figura 18. Curva obtenida del barrido de deformación o esfuerzo de un producto**

Fuente: Gaspar, 2017

### Barrido de Frecuencia

El barrido de frecuencia permite obtener información respecto a las propiedades elásticas a corto y largo plazo (fuerza del gel, elasticidad, viscosidad a tiempo cero) (Gaspar, 2017). En la Figura 19 se puede observar un típico gráfico de barrido de frecuencia.



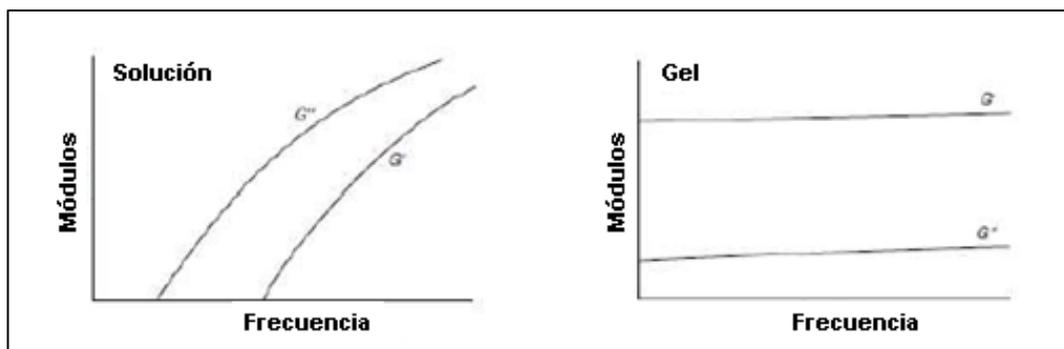
**Figura 19. Barrido de frecuencia**

Fuente: Gaspar, 2017

La deformación aplicada debe estar dentro del RVL. Es necesario que la muestra sea estable (Gaspar, 2017). En la Figura 20 se puede observar la curva obtenida del barrido de frecuencia.

### Parámetros viscoelásticos

Los parámetros viscoelásticos permiten describir el comportamiento viscoelástico de un producto. A continuación se presentan los utilizados en esta tesis para tal fin.



**Figura 20. Curva obtenida del barrido de frecuencia de un producto**

**Fuente:** Gaspar, 2017

**G'**: es el llamado módulo elástico o de almacenamiento, se define como el esfuerzo en fase con la deformación, dividida por la deformación en una prueba sinusoidal ( $G' = (\tau_0/\gamma_0) \cos \delta$ ) (Castro, 2014). Es una medida de la energía almacenada y recuperada por el material en un ciclo y es un indicador del componente elástico del material.

**G''**: se denomina módulo de pérdida o viscoso y es definido como el esfuerzo desfasado 90° respecto a la deformación, dividido por la deformación ( $G'' = (\tau_0/\gamma_0) \sin \delta$ ) (Castro, 2014). Es una medida de la energía disipada como calor por el material en un ciclo y es un indicador del componente viscoso del material (Contreras Lozano, 2015).

Ambos módulos son funciones de la frecuencia y se pueden expresar en términos de la relación de amplitud del esfuerzo y el ángulo de desfasamiento en (Castro, 2014; Contreras Lozano, 2015).

**Tangente del ángulo de desfasaje ( $\tan \delta$ ):** indica la relación entre la parte viscosa y la elástica del producto ( $\tan \delta = G''/G'$ ) (Castro, 2014). Es también una función de la frecuencia, e indica la cantidad de energía disipada y la energía almacenada, es decir, la relación entre la fracción viscosa y elástica de la muestra, y varía de cero a infinito. Ha sido considerada como una medida relevante de la estabilidad física en dispersiones (Gasperlin et al., 1998; Kuentz y Röthlisberger, 2003), cuando  $\tan \delta < 1$  indica cierta forma de estabilidad en dispersiones (Mezger, 2006). También se ha demostrado que cuando  $\tan \delta < 0,5$  las dispersiones estabilizadas con gomas son menos susceptibles a la separación de fases (Kuentz y Röthlisberger, 2003). Las características de parámetros viscoelásticos para los diferentes comportamientos de materiales se pueden observar en la Tabla 12.

La relación entre las propiedades reológicas y las sensoriales es muy importante para poder definir el comportamiento del alimento. En la introducción de este trabajo se definió a la psicofísica como la disciplina que se ocupa del estudio de las relaciones

cuantitativas en el mundo físico y el subjetivo (Guirao, 1980). Es a partir de ello que para caracterizar los alimentos teniendo en cuenta la relación entre sus propiedades reológicas y sensoriales surge la psicoreología.

**Tabla 12. Características de parámetros viscoelásticos para los diferentes comportamientos de materiales**

Comportamiento viscoso ideal	Comportamiento de líquido viscoelástico	Comportamiento viscoelástico (relación 50/50 de porción viscosa y porción elástica)	Comportamiento de gel o sólido viscoelástico	Comportamiento elástico ideal
$\delta = 90^\circ$	$90^\circ > \delta > 45^\circ$	$\delta = 45^\circ$	$45^\circ > \delta > 0^\circ$	$\delta = 0^\circ$
$\text{Tan } \delta \rightarrow \infty$	$\text{Tan } \delta > 1$	$\text{Tan } \delta = 1$	$\text{Tan } \delta < 1$	$\text{Tan } \delta \rightarrow 0$
$G' \rightarrow 0$	$G'' > G'$	$G' = G''$	$G' > G''$	$G'' \rightarrow 0$

Fuente: Mezger, 2006

Hay dos tipos de definiciones dadas a la psicoreología (Bourne, 2002):

- Desde la ciencia se la define como la rama de la psicofísica que se ocupa de la percepción sensorial de las propiedades reológicas de los alimentos; y
- Desde el punto de vista del consumidor se la define como la relación entre las preferencias del mismo y las propiedades reológicas de los alimentos.

Durante el proceso de masticación, se detectan en la boca varias propiedades reológicas, como la deformación que se produce en la primera mordida y las propiedades de flujo del bolo (Bourne, 2002).

Los cambios de fase que resultan de los cambios de temperatura que ocurren en la boca son una parte importante de la sensación de textura de algunos alimentos; por ejemplo, el helado, el chocolate y la jalea se derriten en la boca. Estos cambios no son propiedades reológicas, aunque con frecuencia son detectados por cambios en estas propiedades (Bourne, 2002).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar alimentos procesados de humedad intermedia, a base de tubérculos andinos, a fin de aumentar el valor agregado de estos productos y su mayor inserción en el mercado, mejorando así las economías regionales.

### **Objetivos específicos**

1. Seleccionar el tipo de tubérculo andino con el que se va a trabajar y caracterizarlo física, química y sensorialmente.
2. Formular y optimizar confituras y *snacks* dulces de humedad intermedia con el tubérculo andino seleccionado y/o el agregado del almidón.
3. Determinar el perfil sensorial de los alimentos formulados.
4. Medir la actitud de consumo, la aceptabilidad y las emociones que producen los productos.
5. Determinar las características fisicoquímicas.
6. Relacionar las características fisicoquímicas y sensoriales con la respuesta hedónica y emocional, para identificar aquellas que determinan la aceptabilidad.

## **ESTRUCTURA DE LA TESIS**

Primero se estudió la percepción del consumidor respecto a formulaciones novedosas elaboradas con tubérculos andinos a través de pruebas cualitativas que permitieron conocer qué pensaban al respecto de esta propuesta, presentando la idea sin elaborar el producto.

Luego, para estudiar la concentración más adecuada de almidón a incorporar en una mermelada como agente espesante se procedió a formular sistemas modelos (geles) de estas confituras con diferentes concentraciones de almidón andino.

A continuación, teniendo en cuenta la concentración de almidón que mejor resultó en la elaboración de los geles, se formularon mermeladas dietéticas con la incorporación del tubérculo oca.

Por otro lado, se formularon mermeladas dietéticas con los tubérculos andinos oca y collareja, y se estudiaron las características fisicoquímicas y sensoriales.

Por último, se desarrollaron barritas de cereal y, a la de mayor aceptabilidad, se le incorporó almidón de papa andina “rosadita” como agente ligante.

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR DE PRODUCTOS FORMULADOS CON LA INCORPORACIÓN DE TUBÉRCULOS ANDINOS

#### INTRODUCCIÓN

Investigar la percepción del consumidor y los motivos de elección de un producto es extremadamente importante para las industrias alimentarias, particularmente durante las primeras etapas del desarrollo de nuevos productos. También es de suma importancia para definir las estrategias de mercadeo para promoverlos (Gastón Ares, Giménez y Gámbaro, 2008). Pero esto representa un desafío para los investigadores ya que a los consumidores les resulta difícil expresar (o incluso desconocen) los motivos por los que eligen uno u otro alimento (Donoghue, 2000). Las técnicas cualitativas, como la asociación libre de palabras, son útiles para ello (Ares et al., 2008). Se basan en el supuesto de que los sentimientos, creencias, actitudes y motivaciones más íntimos de los consumidores pueden descubrirse presentando un estímulo no estructurado y ambiguo (Donoghue, 2000; Guerrero et al., 2010).

Estas técnicas implican tareas que son menos estructuradas que los enfoques cuantitativos, como las encuestas basadas en cuestionarios fijos, y por lo tanto permiten un análisis más profundo del comportamiento del consumidor (Lawless y Heymann, 2010).

La evaluación del comportamiento del consumidor permitirá identificar las estrategias para aumentar la aceptabilidad de alimentos. Con la aceptabilidad de nuevos alimentos está relacionado el concepto de neofobia alimentaria, que se describe como la "renuencia a comer y/o evitar alimentos nuevos" (Pliner y Hobden, 1992; Siegrist, Hartmann y Keller, 2013). En el desarrollo de productos dulces con incorporación de tubérculos andinos la neofobia puede influir negativamente en su consumo.

Por todo lo expuesto, los objetivos de este capítulo fueron:

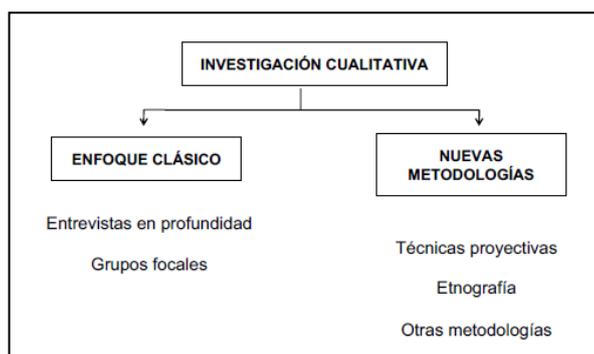
1. Conocer la percepción del consumidor respecto a productos dulces elaborados con tubérculos andinos.
2. Explorar el nivel de neofobia alimentaria de las personas que participaron de este estudio.

#### **Investigación cualitativa: técnicas proyectivas**

La ciencia del consumidor se encarga del estudio de los procesos involucrados cuando individuos o grupos de individuos seleccionan, compran, consumen, usan o

descartan productos, servicios, ideas o experiencias para satisfacer sus necesidades o deseos (Ares, 2017). Esto permite comprender la percepción y comportamiento del consumidor, para tener una idea de aquello que afecta su decisión de compra (Gámbaro, 2018; Pontual et al., 2017).

Para ello, se vale de una serie de pruebas cualitativas (Figura 21), entre ellas, las técnicas proyectivas, las cuales son una metodología de indagación indirecta para que el sujeto, a partir de la presentación de un estímulo (visual o verbal), proyecte ideas, creencias, emociones y actitudes (Gámbaro, 2016). No hay respuestas correctas o incorrectas, lo que se busca es que el individuo proyecte sus sentimientos y pensamientos inconscientes en sus respuestas (Solomon, 2017), ya que son estos los que guían a los individuos en sus decisiones y se asocian a ideas, actitudes, preconcepciones y estereotipos (Gámbaro, 2018). Se utilizan para alentar a las personas a expresar emociones y sentimientos privados, que si se indagaran en forma directa, no habría seguridad de respuestas verdaderas (Gámbaro, 2016).



**Figura 21. Técnicas de investigación cualitativa de la percepción del consumidor.**

**Fuente:** Ares, 2017

Las técnicas proyectivas se clasifican en (Gámbaro, 2018):

- De asociación
- De construcción
- De completar
- De expresión
- De orden o elección

Entre las técnicas de asociación, una de las más usadas es la “asociación libre de palabras”, en la que la persona responde a un estímulo con lo primero que viene a su mente (Gámbaro, 2016).

### **Asociación libre de palabras**

La asociación libre de palabras es el método más usado para conocer las creencias o actitudes en psicología y sociología (Hirsh y Tree, 2001).

Es un método cualitativo que se basa en proveerle al consumidor un estímulo, que puede ser un concepto o imagen de un objeto o alimento y pedirle que indique todas aquellas ideas que asocie libremente o que vengan a su mente (Gámbaro, 2018; Donoghue, 2000), permitiendo acceder a las representaciones mentales que un estímulo genera en un individuo.

La mayoría de las primeras asociaciones o creencias que el consumidor tiene sobre un concepto están estrechamente relacionadas con los comportamientos del consumidor respecto a ese concepto. Cuando se trata de productos alimenticios, las asociaciones que primero llegan a la mente de los encuestados podrían ser las más relevantes en la dirección de la elección y toma de decisiones relacionadas con la compra de los productos (Roininen, Arvola y Lähteenmäki, 2006).

Se ha declarado que las ideas expresadas dentro de un procedimiento de asociación de palabras son producciones espontáneas sujetas a menos restricciones que las impuestas típicamente en entrevistas o cuestionarios cerrados (Wagner, Valencia y Elejabarrieta, 1996). Además, permite conocer el vocabulario del consumidor respecto a la descripción de un producto (Donoghue, 2000).

Por lo tanto, esta técnica podría proporcionar una herramienta rápida y eficaz para explorar los motivos detrás de la elección de los alimentos o las percepciones de los consumidores sobre los productos alimenticios, incluidos los conceptos alimentarios nuevos e indefinidos (Ares, 2008; Roininen, Arvola y Lähteenmäki, 2006).

La percepción del consumidor, sus preferencias y comportamiento respecto a cualquier producto alimentario es compleja y depende de diferentes variables relacionadas entre sí, características intrínsecas y extrínsecas como el nivel socioeconómico, la religión, factores psicológicos, entre otros, como así también aspectos contextuales del medio en el que viven (de Andrade et al., 2016).

### **Neofobia alimentaria**

La neofobia alimentaria es el miedo o la resistencia a consumir alimentos novedosos o desconocidos (Alley, 2018), característica que todos los omnívoros, incluidos los humanos, comparten (Pliner y Hobden, 1992; Siegrist et al., 2013).

Este comportamiento alimentario es mucho más fuerte en algunas personas que en otras (Alley, 2018) y es un rasgo que se ha conservado de una generación a otra, lo que hace que algunos individuos sean extremadamente selectivos respecto de los

alimentos, probablemente como un medio para evitar la posible toxicidad de una fuente de alimentos desconocida (Hobden y Pliner, 1995).

En las sociedades modernas, donde la seguridad alimentaria está generalmente garantizada y el propósito protector de la neofobia alimentaria ha perdido importancia (Laureati et al., 2018), la presencia continua de neofobia alimentaria afecta la elección, e incluso tiene un efecto adverso sobre la calidad de la alimentación de las personas (Alley, 2018).

La evidencia reciente sugiere que la neofobia se relaciona negativamente con la ingesta diaria de frutas y verduras (Jaeger, Rasmussen y Prescott, 2017), y compromete la variedad y calidad de la alimentación, lo que podría llevar a un déficit en macro y micronutrientes (Damsbo-Svendsen, Frøst y Olsen, 2017). Además, se ha observado una asociación entre neofobia y un mayor índice de masa corporal ya que los individuos neofóbicos tienden a elegir alimentos familiares que suelen tener mayor densidad energética que las frutas y verduras o están menos dispuestos a probar versiones alternativas saludables de productos familiares (Laureati et al., 2018).

Para medir la neofobia se desarrollaron diferentes instrumentos, entre ellos la escala de neofobia (Pliner y Hobden, 1992), que es la más usada en adultos probablemente por ser muy específica, además de ser la única completamente balanceada (Guidetti, Carraro, Cavazza y Roccató, 2018). Esta escala consta de un cuestionario de cinco afirmaciones positivas y cinco negativas sobre situaciones relacionadas con el consumo de alimentos. Los participantes completan el cuestionario indicando el nivel de acuerdo con esas afirmaciones en una escala Likert de siete puntos desde "completamente de acuerdo" a "completamente en desacuerdo" (Fernández-Ruiz, Claret, & Chaya, 2013).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los productos dulces cuya percepción por parte del consumidor se quería conocer fueron mermeladas y *snacks* formulados con papa andina. Estos y diferentes variantes de los mismos se propusieron como estímulos en la prueba de asociación libre de palabras.

El CAA (2016) no contempla la denominación *snack* para ningún alimento. Sin embargo, esta palabra es usada en países de habla inglesa para describir cualquier tipo de alimento que se come rápidamente. Esto se ha trasladado a otros países incluyendo la Argentina, donde es usada frecuentemente para describir cualquier alimento dulce o salado de consumo rápido (Cristóbal, 2008).

## **Participantes**

Participaron 1066 personas (79,9% mujeres y 20,1% hombres, en un rango de edad de 18 a 66 años) reclutadas a través de redes sociales y correo electrónico, quienes completaron una encuesta de manera anónima. Las características de la población estudiada pueden observarse en la Tabla 13.

En este estudio para la selección de los participantes se realizó un muestreo por conveniencia, que es el generalmente usado en estudios exploratorios cuando el propósito principal es obtener una aproximación de la percepción de potenciales consumidores (Pontual et al., 2017; de Andrade et al., 2016).

## **Procedimiento: encuesta**

La encuesta consistió en responder preguntas sobre datos personales y relacionadas al nivel socio-económico, consumo de mermeladas y *snacks*, la prueba de asociación libre de palabras, la disposición a probar y comprar los productos, y la escala de neofobia.

La misma se realizó usando la aplicación de *google docs* que permite realizar este tipo de trabajos (Google+, 2014: <https://docs.google.com/forms>). Estuvo disponible en los meses de noviembre de 2016 y de septiembre de 2018. Otros autores también realizaron este tipo de pruebas con encuestas enviadas vía internet, obteniendo un gran volumen de respuestas (Pontual et al., 2017; de Andrade et al., 2016).

➤ **Preguntas personales y relacionadas al nivel socio-económico:** se indagó respecto al sexo, edad, estado civil, lugar de origen, lugar de residencia, si trabaja, si estudia y nivel de estudios alcanzado.

### ➤ **Preguntas referidas al consumo de mermeladas y snacks**

En caso del encuestado sea consumidor de mermeladas/*snacks* (condición excluyente para participar), se indagaba respecto a la **frecuencia de consumo** de los productos, de acuerdo a las siguientes categorías:

- A diario
- 5 veces por semana
- 3 veces por semana
- 1 vez por semana
- 1 vez cada 15 días

### ➤ **Prueba de asociación libre de palabras**

#### **Procedimiento**

Los encuestados recibieron como estímulo, 4 o 6 de los siguientes conceptos:

- Mermelada

- Mermelada dietética
- Mermelada andina
- Mermelada dietética con papa andina
- Mermelada con papa andina, más unttable
- Mermelada con papa andina, más firme
- *Snack*
- *Snack* con papa andina
- *Snack* dietético
- *Snack* hipercalórico

Y se les indicó que escriban las cuatro primeras palabras, emociones, asociaciones o recuerdos que venían a su mente al leer los conceptos.

➤ ***Disposición al consumo y compra***

Se indagó respecto a la intención de compra y de consumo de los conceptos presentados, utilizando una escala de 7 puntos anclada en el extremo izquierdo con la frase *estoy seguro que NO lo probaría/definitivamente NO lo compraría* y en el derecho con *estoy seguro que SI lo probaría/definitivamente SI lo compraría*. Se usó una escala de intención de prueba y una de intención de compra para cada producto (por separado).

➤ ***Escalas de neofobia***

Se evaluaron 10 afirmaciones con escalas de 7 puntos (Pliner y Hobden, 1992), ancladas con las frases *completamente de acuerdo/completamente en desacuerdo*, en la derecha o en la izquierda según cada una de las siguientes afirmaciones:

1. Constantemente pruebo comidas o alimentos nuevos y diferentes.
2. No confío en comidas o alimentos nuevos
3. Si no sé lo que hay en una comida o alimento, no lo pruebo.
4. Me gustan las comidas o alimentos de países diferentes.
5. La comida étnica parece demasiado extraña para comer.
6. En ocasiones especiales, probaría comidas o alimentos nuevos.
7. Me da miedo comer cosas que nunca he probado antes.
8. Soy muy particular respecto a las comidas que como.
9. Yo comería casi cualquier cosa.
10. Me gusta probar restaurantes étnicos nuevos.

La palabra étnico se aclaró para mejor comprensión de los participantes.

Los ítems 1, 4, 6, 9 y 10 se evaluaron de la siguiente manera: 1=Completamente de acuerdo, 2=Moderadamente de acuerdo, 3=Ligeramente de acuerdo, 4=Ni en acuerdo, ni en desacuerdo, 5=Ligeramente en desacuerdo, 6=Moderadamente en

desacuerdo y 7=Completamente en desacuerdo. Los ítems 2, 3, 5, 7 y 8, se evaluaron de forma contraria a los anteriores, donde 1=Completamente en desacuerdo y 7=Completamente de acuerdo (Pliner y Hobden, 1992).

### **Análisis de datos**

Las respuestas a las preguntas sobre datos personales y a las relacionadas al nivel socio-económico, el consumo de mermeladas y *snacks*, y la frecuencia de consumo, la disposición a probar y comprar los productos y la escala de neofobia se analizaron con análisis de frecuencias y porcentajes.

Para las respuestas a la prueba de asociación libre de palabras, el análisis de datos se realizó de forma cualitativa. En un primer momento, se agruparon aquellas palabras con significado similar en diferentes categorías y, siguiendo el mismo criterio, las categorías se agruparon en dimensiones. Las frecuencias de mención de cada dimensión se determinaron contando el número de consumidores que usaron palabras similares para describir los conceptos (Gámbaro, 2018; de Andrade et al., 2016). Se consideraron aquellas dimensiones mencionadas por al menos el 5% de los participantes, tomando este punto de corte para perder la menor cantidad de información posible (Ares, 2017; Guerrero et al., 2010). La frecuencia de mención de cada palabra se calculó independientemente de si la misma fue la única palabra mencionada por un consumidor o si era una del grupo de respuestas de ese mismo consumidor, por lo que la frecuencia relativa de mención de dimensiones podía ser superior al 100% (de Andrade et al., 2016).

Las diferencias estadísticas entre las frecuencias de mención de las dimensiones se estudió con la prueba de Chi-cuadrado (Pontual et al., 2017; de Andrade et al., 2016; Ares, 2008).

La consistencia interna de la escala de neofobia se estudió con la prueba Alfa de Cronbach. Las opciones de respuestas a la escala de neofobia se agruparon en “de acuerdo” (completamente, moderadamente y ligeramente de acuerdo), “ni de acuerdo, ni en desacuerdo” y “en desacuerdo” (completamente, moderadamente y ligeramente en desacuerdo). Así, se calcularon los porcentajes de individuos que usaron cada respuesta para cada una de las preguntas. Se estudiaron las diferencias entre respuestas con prueba exacta de Fisher. Además, se agruparon a los participantes en neofílicos, aquellos que obtuvieron un puntaje entre 11 y 24 puntos en la escala; un grupo medio, quienes obtuvieron entre 25 y 50 puntos y neofóbicos, aquellos participantes que alcanzaron entre 51 y 69 puntos (Pliner y Hobden, 1992).

Para el análisis de datos se utilizó el software Infostat v. 2016p (Universidad Nacional de Córdoba).

### *Análisis de correspondencia*

El análisis de correspondencias se aplicó para visualizar la representación espacial de los datos obtenidos de la prueba de asociación libre de palabras de mermeladas, reflejando la relación entre conceptos y dimensiones. El análisis de correspondencias es una técnica descriptiva/exploratoria diseñada para analizar tablas de contingencia bidireccionales simples que contienen alguna medida de correspondencia entre las filas y las columnas. Utilizando esta técnica, las variables de filas y columnas se representaron espacialmente, lo que permite una representación visual de los datos (Ares et al., 2008). Sólo se aplicó para mermeladas, ya que el número de conceptos de *snacks* no es suficiente para el análisis de datos multivariado (Ares, 2017).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Caracterización de los participantes de la encuesta**

En la Tabla 13 se pueden observar las características de los participantes respecto a edad, estado civil, lugar de origen y de residencia, si trabaja, si estudia y nivel de estudios alcanzados.

**Tabla 13. Características de los participantes de la encuesta**

	Porcentaje (%)		Porcentaje (%)		Porcentaje (%)
<b>Edad</b>		<b>Trabaja</b>		<b>Lugar de origen (regiones de la Argentina)</b>	
18-28	46	Si	74	Noroeste	53
29-38	44	No	26	Noreste	2,1
39-48	4,9	<b>Estudia</b>		Cuyo	3,3
49-58	3,5	Si	72	Pampeana	39
Más de 58	1,6	No	28	Patagónica	1,8
				Otros	0,8
<b>Estado civil</b>		<b>Nivel de estudios alcanzado</b>		<b>Lugar de residencia</b>	
Soltero	75	Secundario completo	8,2	Noroeste	52
Casado	18	Terciario incompleto	1,1	Noreste	1,0
Unión de hecho	0,9	Terciario completo	3,5	Cuyo	2,0
Concubino	2,1	Univ. incompleto	29	Pampeana	41
En pareja	2,5	Univ. completo	46	Patagónica	4,0
Viudo	0,5	Posgrado en curso	5,1		
Divorciado	1,0	Posgrado completo	7,1		

Se puede observar que el mayor porcentaje de participantes tiene edades comprendidas entre 18 y 38 años, que un gran porcentaje tiene como lugar de origen y

de residencia la región del NOA y la Pampeana, el 75% son solteros y casi la mitad posee un nivel de estudios de universitario completo.

### **Preguntas referidas al consumo de mermeladas y *snacks***

El 83,6% y el 90%, del total de encuestados, consume mermeladas y *snacks*, respectivamente. La frecuencia de consumo de estos productos puede observarse en la Tabla 14:

**Tabla 14. Frecuencia de consumo de mermeladas y *snacks***

<b>Frecuencia</b>	<b>Mermeladas (%)</b>	<b><i>Snacks</i> (%)</b>
<b>A diario</b>	17,5	12,9
<b>5 veces por semana</b>	8,10	13,2
<b>3 veces por semana</b>	20,9	27,5
<b>1 vez por semana</b>	16,8	24,7
<b>1 vez cada 15 días</b>	20,3	11,7
<b>No consume</b>	16,4	10,0
<b>TOTAL</b>	100	100

A partir de estos resultados se puede decir que el 46,5% de los encuestados son consumidores habituales de mermeladas y el 53,6%, de *snacks*. El 37,1% y el 36,4% consumen mermeladas y *snacks* de manera ocasional, respectivamente.

El 16,4% de los encuestados no consume mermeladas y el 10%, *snacks*. Los datos aportados por estos individuos para las distintas preguntas no fueron tomados en cuenta en el análisis, ya que, como se mencionó, el no consumo de los productos era una condición excluyente para participar de la prueba.

### **Prueba de asociación libre de palabras**

Los encuestados arrojaron un total de 1320 conceptos distintos. Los términos más mencionados pueden considerarse como los más relevantes para cada producto (Ares, 2008) y por tanto, los más influyentes en la decisión del consumidor (Roininen et al., 2006). Es muy importante tenerlos en cuenta para el éxito de los productos en el mercado, en especial para las estrategias de marketing (de Andrade et al., 2016).

Para los estímulos de mermeladas, los términos más mencionados fueron “novedoso”, “regional” y “autóctono”, asociados a los conceptos de confituras con papa andina; “frutilla” y “cayote”, probablemente por ser el tipo de mermeladas más consumida por los participantes, y descriptores sensoriales de color, textura y sabor. En cuanto a los términos *snacks*, las palabras más mencionadas fueron “queso”, “asado”, “fiambres”, “cerveza”, “mate” y “coca cola”, probablemente por ser los alimentos con los que comúnmente acompañan *snacks*; el consumo en “cumpleaños”,

“como aperitivo” y “al paso”, seguramente por ser los momentos en los que más los consumen y, al igual que los conceptos de mermeladas, a descriptores sensoriales, especialmente relacionados con la textura de los *snacks*. de Andrade et al. (2016) obtuvo resultados similares respecto a que las asociaciones mentales más fuertes (las más frecuentemente nombradas) fueron las relacionadas con lo consumido habitualmente respecto al producto y con las características sensoriales esperadas en los mismos. Un porcentaje muy bajo de consumidores evocaron algunos términos negativos, como “desagradable” o “costoso”, por lo que no se consideraron en ninguna categoría o dimensión (Vidal, Ares y Giménez, 2013).

Los términos con significados similares se agruparon en categorías, que a su vez, se concentraron en dimensiones (siguiendo el mismo criterio). En el caso de las mermeladas, las dimensiones formadas fueron: “sentimientos, emociones y recuerdos”, “frutas y verduras”, “ocasiones de consumo”, “términos hedónicos”, “características sensoriales”, “alimentos y bebidas”, “*marketing*”, “salud y nutrición”, “regional” y “casero-industrial”. Las categorías que formaron a cada dimensión y ejemplos de términos incluidos en cada categoría pueden observarse en la Tabla 15.

Para los *snacks*, las dimensiones que se formaron fueron las siguientes: “sensaciones fisiológicas”, “ocasiones de consumo”, “términos hedónicos”, “características sensoriales”, “alimentos y bebidas”, “*marketing*”, “salud y nutrición” y “casero-industrial”. En la Tabla 16 se pueden observar las dimensiones, características y ejemplos de términos incluidos en cada una de ellas.

A partir de la clasificación de los términos en cada dimensión se procedió a calcular el porcentaje de cada dimensión. Para ambos productos se descartó la dimensión “casero-industrial” por tener un porcentaje de mención menor a 5. Para mermeladas también se dejó de lado la dimensión “ocasiones de consumo”. En las Tablas 17 y 18 se pueden observar las frecuencias y porcentajes de mención de cada dimensión definitiva para mermeladas y *snacks*, respectivamente.

En la Figura 22 se presenta el análisis de correspondencia, que permite visualizar la relación entre las mermeladas y asociaciones. Las primeras dos dimensiones explicaron el 82,6% de la variabilidad de los datos. El alto porcentaje de varianza total explicado por el mapa sensorial demostró que las dimensiones formadas fueron efectivas para representar las diferentes percepciones de los individuos ante los estímulos presentados (Pontual et al., 2017).

**Tabla 15. Dimensiones, categorías y ejemplos de términos incluidos para mermeladas**

<b>Dimensiones</b>	<b>Categorías</b>	<b>Ejemplos de términos incluidos</b>
<b>Sentimientos, emociones y recuerdos</b>	Sentimientos y emociones	lo probaría, probar cosas nuevas, me gustaría probarla, quiero probar, curiosidad, divertido,
	Recuerdos	familia, mi abuela
<b>Frutas y verduras</b>	Frutas	frutilla, cayote, mamón
	Verduras	batata, papín, calabaza, oca
<b>Ocasiones de consumo</b>	Clima/Estaciones del año	frío, calor, nieve, invierno
	Comidas	desayuno, merienda
	Lugares	escuela, universidad
<b>Términos hedónicos</b>	Agrado	rica, agradable, riquísima, delicioso
<b>Características sensoriales</b>	Textura	firme, espeso, pastoso, cremoso, áspero, viscoso, grumoso, líquido, adhesivo
	Sabor	agridulce, residual, frutal
	Gusto	dulce, poco dulce, menos dulce
	Olor	a yogur
	Color	rojo, amarillo, morado, rosa, gris, blanco
	Otros	terroso, barro (en su mayoría para mermeladas con papa andina)
<b>Alimentos y bebidas</b>	Alimentos	manteca, té, pan casero, queso
	Bebidas	té, café, leche, café con leche
<b>Marketing</b>	Marcas	La Campagnola, Noel
	Producto novedoso	nuevo, novedad, innovador, distinto, original, único, extraño, raro, poco común
	Regional	regional, autóctono, local, rústico, cultural, Incas, aborígenes, ancestros, Jujuy, Salta, Perú, Bolivia, montaña, cerro, Los Andes, quebrada, cordillera
<b>Salud y nutrición</b>	Nutrición	dieta, baja en calorías, sin TACC, nutritivo, calórico (en su mayoría para mermeladas con papas andinas)
	Salud	sano, remedio, enfermo
<b>Casero-Industrial</b>	Casero	casero, elaboración propia
	Industrial	conservantes, gelatina

Así, a partir de lo observado en la Tabla 17 y la Figura 22, para la dimensión que generó la representación mental acerca de “sentimientos, emociones y recuerdos” se destaca el concepto “mermelada con papa andina más untable” ( $p < 0,01$ ), probablemente por ser un producto que genera curiosidad y que a los consumidores les gustaría probar.

Es importante destacar que el estímulo “mermelada tradicional” se caracterizó por su asociación con las “frutas y verduras”, nombrándose con mayor frecuencia para esta dimensión frutas como la frutilla y el cayote, tal vez por ser las mermeladas más consumidas por los evaluadores.

**Tabla 16 Dimensiones, categorías y ejemplos de términos incluidos para snacks**

<b>Dimensiones</b>	<b>Categorías</b>	<b>Ejemplos de términos incluidos</b>
<b>Sensaciones fisiológicas</b>	Sensaciones	hambre, sed, saciedad
	Adicción	comer sin parar, adicción, comer todo el tiempo
<b>Ocasiones de consumo</b>	Recreación	cumpleaños, entretenimiento, reunión con amigos, fiesta, ver películas, cena con amigos o novio, cine, televisión
	Momento de consumo	aperitivo, merienda, cualquier ocasión, picoteo, recreo, tarde, noche, colación
	Facilidad para el consumo	al paso, cómodo, práctico, fácil
	Clima/Época del año	calor, frío
	Lugar	hotel en vacaciones, universidad, bar
<b>Términos hedónicos</b>	Agrado	pienso que sería rico, suena rico, sabroso, delicioso, posiblemente rico, me encantan, muy rico
<b>Características sensoriales</b>	Textura	crocante, seco, duro, crujiente, sequitas, ruidoso
	Sabor	intenso, agridulce, insípido, oxidado, fuerte, a albahaca, suave
	Gusto	muy salado, sin sal, amargo, dulce
	Color	claro, blanco, dorado, colorido, colores de papa, rojo, colorido, amarillo, verde
<b>Alimentos y bebidas</b>	Alimentos	queso, asado, salame, jamón, salsas, postre, papas fritas andinas, papas fritas, batatas fritas, remolacha, yuca, chips, papa fritas dulces, nachos, chizitos, nachos
	Bebidas	cerveza, mate, coca cola, fernet, birra, licuados
	Otros	almidón, cáscara
<b>Marketing</b>	Producto novedoso	nuevo, novedoso
	Regional	autóctono, Puna, artesanal, rústico, poncho, tradicional, típico, nativo, cultura
	Marcas	Pringles, Lays, Pepsico, Día
<b>Salud y nutrición</b>	Precio	costoso, caro, para ricos
	Beneficioso para la salud y nutrición	saludable, sano, deportistas, más nutritivas, que pueden consumir los celíacos
<b>Casero-Industrial</b>	Negativo para la salud y nutrición	engorda, poco saludable, chatarra, grasas saturadas, calorías, malo para la salud, sube la presión, hipercalórico, perjudicial para la salud, colesterol, romper la dieta
	Casero	casero, elaboración propia
	Industrial	industrializado, Norteamérica, demasiados conservantes

El concepto “mermelada dietética” se diferenció de mermelada tradicional y andina respecto a “términos hedónicos”, por lo que puede asociarse a una mermelada más agradable que las demás ( $p < 0,05$ ).

La asociación a “características sensoriales” también distinguió a los conceptos “mermelada tradicional” y “mermelada dietética” de los demás ( $p < 0,05$ ), principalmente relacionadas con el color rojo, la textura firme y el gusto dulce, en concordancia con los resultados de Culetu, Manolache y Duta (2014), quienes concluyeron que los

consumidores prefieren mermeladas rojas. Es importante destacar que probablemente los consumidores imaginaron que las mermeladas elaboradas con papa andina no tendrán esta característica de color sino que se destacarán por ser más amarillas, blancas o marrones, ya que fueron los términos más mencionados para los conceptos de “mermelada andina” y sus variantes. Así, las palabras relacionadas con la apariencia tuvieron una gran frecuencia de mención y fueron asociaciones importantes realizadas por los participantes a conceptos de mermeladas, diferente a lo concluido por Bernués, Olaizola y Corcoran (2003), quien en su trabajo con carne de cordero obtuvo baja mención de términos relacionados con la apariencia del producto. Esto destaca la importancia de la apariencia como una característica sensorial sobresaliente y determinante para confituras. En el caso del estímulo “mermelada dietética”, se puede decir que esas características sensoriales son, además, las que más gustan, lo que muestra la importancia de los atributos sensoriales en la percepción y aceptación de ese tipo de producto por los consumidores (Ares et al., 2008).

El término “mermelada tradicional” se asoció a la dimensión “alimentos y bebidas” ( $p < 0,01$ ), ya que muchos evaluadores mencionaron las palabras “tostadas”, “queso”, “té”, “café” y “mate”, seguramente por ser alimentos con los que acostumbran a consumir mermeladas.

El concepto “mermelada andina” se asoció con la dimensión “marketing” por su alto porcentaje de mención de términos de esta dimensión ( $p < 0,001$ ). Se destacan los términos “novedoso”, “regional”, “autóctono”, “artesanal” y “típico” como los más mencionados para este concepto. Esto podría ser lo que motive a las personas a comprar y/o consumir este tipo de confituras.

Cuando al consumidor se le presentó el estímulo “mermelada dietética” lo asoció a términos referidos a nutrición, como dieta o baja en calorías, obteniendo un porcentaje de mención para la dimensión “salud y nutrición” mucho más elevado que los demás conceptos ( $p < 0,001$ ). De Andrade et al. (2016) concluyó que este tipo de asociaciones sugieren una percepción positiva acerca del valor nutricional del alimento. Además, Ares et al., (2008), en su trabajo con yogures, obtuvo un resultado similar, pudiendo concluir que las asociaciones de los consumidores cambian significativamente cuando se realizan modificaciones en la composición química de los productos. Y esto ocurrió cuando pasaron de “mermelada tradicional” a “dietética”.

**Tabla 17. Frecuencias y porcentajes de mención de cada dimensión definitiva para mermeladas**

Dimensión	Producto											
	Mermelada tradicional		Mermelada dietética		Mermelada andina		Mermelada dietética con papa andina		Mermelada dietética con papa andina, más untable		Mermelada dietética con papa andina, más firme	
	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje
<b>Sentimientos emociones y recuerdos</b>	90	14 b	49	11 ab	40	9 a	53	12 b	119	28 c	74	17 b
<b>Frutas y verduras</b>	275	43 c	59	14 b	32	7 a	20	5 a	33	8 ab	36	8 ab
<b>Términos hedónicos</b>	95	15 a	95	22 b	76	12 a	66	15 ab	65	15 ab	73	17 ab
<b>Características sensoriales</b>	282	45 b	170	39 b	153	24 a	80	19 a	79	18 a	94	22 a
<b>Alimentos y bebidas</b>	188	30 c	84	20 b	42	7 a	32	7 a	68	16 b	88	20 b
<b>Marketing</b>	53	8 a	60	14 ac	452	71 d	168	39 b	68	16 c	63	15 c
<b>Salud y Nutrición</b>	44	7 a	179	42 b	32	5 a	33	8 a	15	5 a	16	5 a

Los porcentajes de la misma fila con letras diferentes indican diferencias significativas para esa dimensión en  $p < 0,05$  en la prueba bilateral de igualdad para proporciones de columna.

**Tabla 18. Frecuencias y porcentajes de mención de cada dimensión definitiva para *snacks***

Dimensión	Producto							
	<i>Snack</i>		<i>Snack dietético</i>		<i>Snack hipercalórico</i>		<i>Snack andino</i>	
	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje
<b>Sensaciones fisiológicas</b>	113	18 c	56	13 ab	23	5 a	71	11 b
<b>Ocasiones de consumo</b>	236	37 c	35	8 ab	40	10 b	32	5 a
<b>Términos hedónicos</b>	118	19 ab	78	18 ab	59	14 a	130	21 b
<b>Características sensoriales</b>	207	33 c	39	9 a	23	5 a	134	21 b
<b>Alimentos y bebidas</b>	268	42 c	110	16 b	122	28 b	85	13 a
<b>Marketing</b>	30	5 a	21	5 a	20	5 a	387	61 b
<b>Salud y Nutrición</b>	150	26 b	149	35 c	161	37 c	84	13 a

Los porcentajes de la misma fila con letras diferentes indican diferencias significativas para esa dimensión en  $p < 0,05$  en la prueba bilateral de igualdad para proporciones de columna.

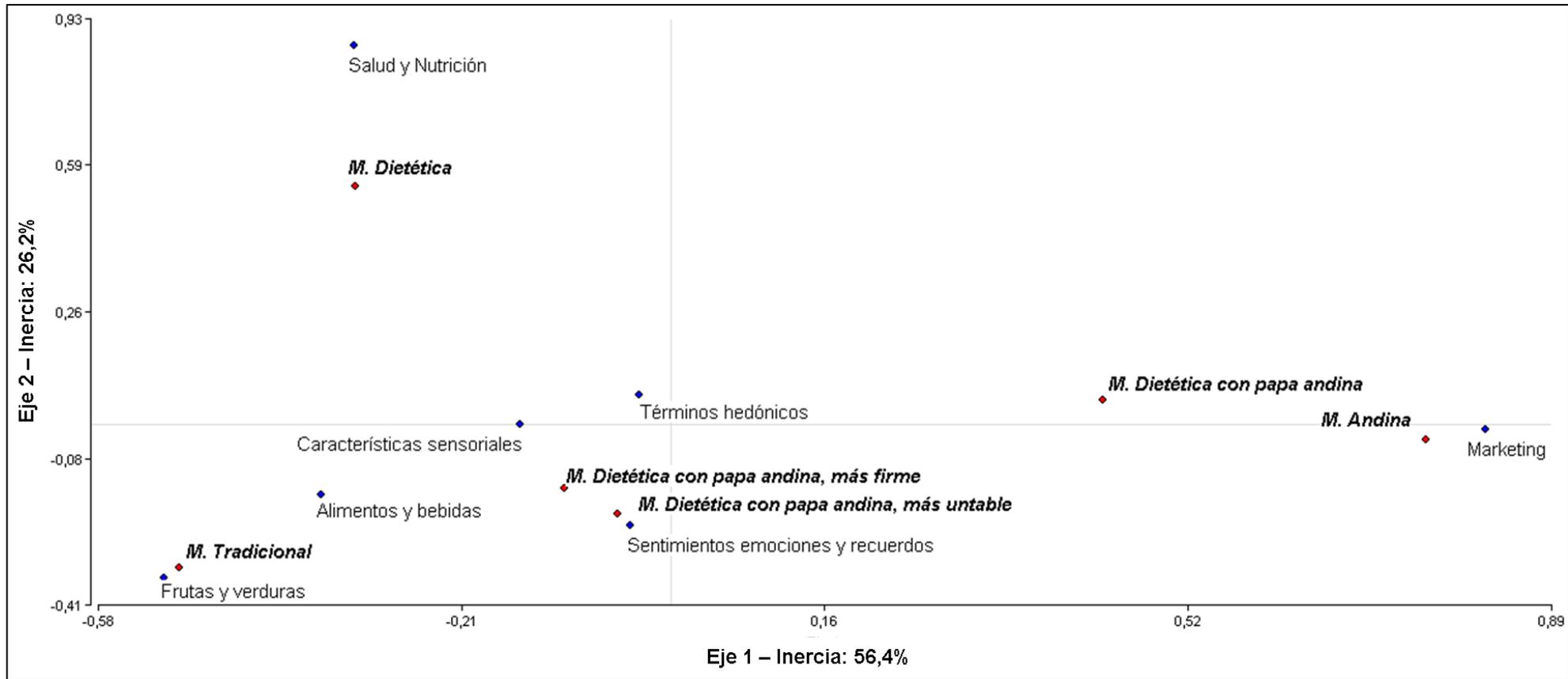


Figura 22. Análisis de correspondencia de los conceptos de mermeladas y sus dimensiones

Las asociaciones estimuladas por el concepto “mermelada tradicional” y el “mermelada andina” fueron diferentes ( $p < 0,05$ ), salvo para las dimensiones “términos hedónicos” y “salud y nutrición”.

Los estímulos “mermelada dietética con papa andina más untable” y “mermelada dietética con papa andina más firme” resultaron diferentes sólo por la dimensión “sentimientos, emociones y recuerdos” ( $p < 0,05$ ), generando las mismas asociaciones para las demás dimensiones. Esto puede deberse a la dificultad de los consumidores para imaginar estas mermeladas que no están disponibles en el mercado, con características sensoriales de textura bien definidas.

Respecto a los *snacks*, el estímulo “*snack*” evocó más asociaciones con los “sensaciones fisiológicas” que los otros ( $p < 0,01$ ), probablemente por haberse relacionado más con productos salados tipo papas fritas que se consumen habitualmente en mucha cantidad (el consumo de papas en la Argentina es de 48 kg/habitante/año, encabezando el mercado la venta de *snacks* (Huarte, 2014).

El concepto “*snack*” también fue asociado a las “ocasiones de consumo”, relacionado al hecho de consumirse en “cumpleaños” o “reuniones con amigos”, de poder consumirse a cualquier hora y destacándose la facilidad de consumo respecto a los otros estímulos ( $p < 0,001$ ). El contexto de consumo del producto influye en las asociaciones emocionales de los consumidores, siendo un fuerte predictor del gusto y de la satisfacción general (Cardello, Schutz, Snow y Leshner, 2000), condicionando así la frecuencia de consumo del mismo (Piqueras-Fiszman y Jaeger, 2015). Vidal et al. (2013) también destacaron a la facilidad de consumo como el factor motivante más importante para la compra de diferentes alimentos.

Además, los participantes asociaron el concepto “*snack*” a “características sensoriales” esperando que estos productos sean “crocantes”, “crujientes”, “ruidosos” y “salados”, que representan las características texturales deseadas en los productos (Pontual et al., 2017). Además, les pareció que pueden consumirse con otros “alimentos y bebidas” como “quesos”, “asado”, “fiambres” y “cerveza”. En ambas dimensiones, el concepto “*snack*” resultó diferente a los otros estímulos ( $p < 0,05$ ). Estos resultados pueden deberse probablemente a que son productos que los participantes comentaron no conocer.

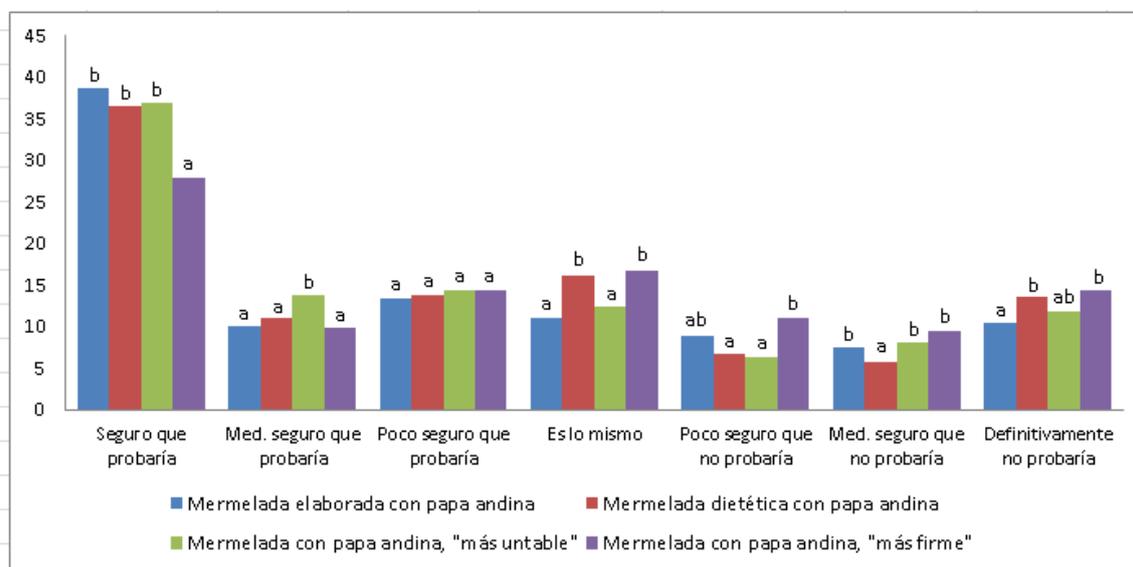
El concepto “*snack* andino” se destacó por su relación a las palabras que conformaron la dimensión “términos hedónicos”, probablemente porque los participantes intuyeron que podría tratarse de algo agradable (“pienso que sería rico” y “suena rico” fueron los términos más frecuentemente expresados). Los participantes evocaron principalmente palabras satisfactorias, lo que indica una actitud hedónica positiva hacia este producto (de Andrade et al., 2016). Además, este estímulo tuvo la

mayor frecuencia de mención de palabras para la dimensión “marketing” por ser un producto novedoso, autóctono, artesanal y rústico, que se asocia a lugares, paisajes y costumbres del Noroeste Argentino y de otros países, como Bolivia y Perú.

Los conceptos “snacks dietético” y “snack hipercalórico” se asociaron por igual a términos que conformaron la dimensión “salud y nutrición”, con una mayor frecuencia de mención de palabras que los otros snacks ( $p < 0,05$ ). Los primeros se destacaron por ser productos saludables, más nutritivos y para deportistas. Ares et al. (2008) obtuvo resultados similares en su estudio de la percepción de yogures dietéticos, concluyendo además que esto podría ser una motivación para la elección de este tipo de producto frente a otros. Roininen et al. (2005) también destacó que los potenciales consumidores de un producto lo preferirían dietético y saludable. Los hipercalóricos resaltaron por ser poco saludables, que engordan, perjudiciales para la salud.

### Disposición a probar y a comprar los productos

En la Figura 23 se puede observar la disposición a probar las mermeladas formuladas con papa andina. Se destaca que el porcentaje de personas que *seguro probarían* estas confituras es mayor a las otras opciones de la escala. Entre las mismas, el concepto que menos intención a probar generó fue “mermelada con papa andina, más firme”.



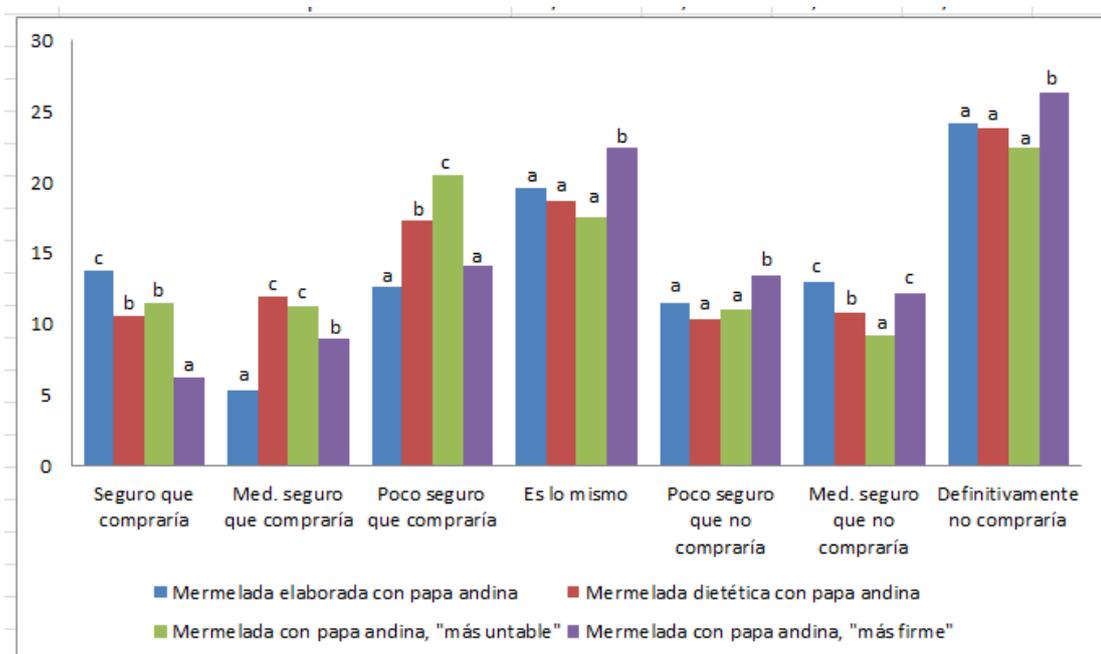
Letras diferentes entre columnas para una misma muestra indican diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre intenciones.

**Figura 23. Disposición a probar las mermeladas elaboradas con papa andina**

En cuanto a la disposición a probar el *snack* con papa andina, la mayoría (68%) de los participantes manifestaron que *seguro lo probarían*, siendo sólo un 3% los que manifestaron que *definitivamente no lo probarían*.

Respecto a la disposición a comprar las mermeladas, en la Figura 24 se puede observar que la mayoría de los participantes *definitivamente no comprarían* las mermeladas elaboradas con papa andina. Torres and Padilla (2013) indicaron que las personas tienen mayor disposición a comprar un alimento nuevo en el mercado cuando ya han probado uno similar. En el mercado no hay disponibles mermeladas elaboradas con papa, tampoco con papa andina, por lo que esta podría ser la razón por la que no la comprarían.

En cuanto al *snack* formulado con papa andina, el 39% de los participantes definitivamente lo compraría, el 18% medianamente está seguro que lo compraría y un 13% está poco seguro de comprar ese producto. Esto indica que el porcentaje de personas que lo comprarían (70%) es mayor al que le da lo mismo (14,5%) o no compraría el producto (15,5%). Es posible que a los participantes de la encuesta les resulte más fácil asociar papa andina a un *snack* que a una mermelada, pudiendo ser una razón por la cual lo comprarían.



Letras diferentes entre columnas para una misma muestra indican diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre intenciones.

**Figura 24. Disposición a comprar las mermeladas elaboradas con papa andina**

Se destaca que los participantes si probarían las mermeladas con papa andina en sus diferentes versiones, pero no las comprarían, distinto al *snack*, que lo probarían y comprarían.

### **Escalas de neofobia**

La prueba de alfa de Cronbach indicó que la escala tuvo buena fiabilidad (0,84). El alfa de Cronbach varía entre 0 y 1 y generalmente cuando es igual o mayor a 0,70 se considera aceptable (Damsbo-Svendsen et al., 2017).

En la Tabla 19 se puede observar los porcentajes para cada opción de respuesta (agrupadas según lo que se describió en el apartado análisis de datos) de participantes que respondieron a las preguntas de la escala de neofobia. La mayoría de los individuos respondió probar constantemente nuevos alimentos (80,1%), confía en alimentos y comidas nuevas (70,1%), probarían nuevas comidas o alimentos por más que no sepan que tienen (53,4%), le gustan las comidas o alimentos de países diferentes (84,5%), la comida étnica no les parece demasiado extraña para comer (72,7%), probarían nuevas comidas o alimentos en ocasiones especiales (90,7%), no les da miedo comer cosas que no hayan probado antes (73,5%), no se consideran particulares respecto a las comidas que comen (56,9%), consideran que comerían cualquier cosa (56,9%) y les gusta probar restaurantes étnicos nuevos (72,4%).

Respecto a los grupos de consumidores según su neofobia, sólo el 3,3 % de los participantes resultó neofóbico; el 46,3% se ubicó como grupo promedio y el 50,4% como neofílicos. No se encontraron diferencias en las proporciones de neofobia entre el grupo promedio y el de neofílicos ( $p < 0,05$ ). Se destaca el bajo porcentaje de individuos neofóbicos, debido probablemente a que el estudio se realizó con participantes adultos, ya que los niños suelen tener más rechazo a nuevos alimentos (Maiz y Balluerka, 2018; Falciglia, Couch, Gribble, Pabst y Frank, 2000; Hobden y Pliner, 1995).

Siegrist et al. (2013) estudió la relación de la neofobia con el comportamiento alimentario, encontrando correlaciones significativas. Además, halló un alto porcentaje de individuos neofobicos, proponiendo aumentar la familiaridad con nuevos alimentos mediante el uso del "*marketing*".

**Tabla 19. Resultados obtenidos de la evaluación de neofobia**

Pregunta	Respuesta (%)		
	De acuerdo (%)	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)
1. Constantemente pruebo comidas o alimentos nuevos y diferentes.	80,1b	10,4a	9,50 <sup>a</sup>
2. No confío en comidas o alimentos nuevos.	14,1a	15,8a	70,1b
3. Si no sé lo que hay en una comida o alimento, no lo pruebo.	36,2b	10,4a	53,4c
4. Me gustan las comidas o alimentos de países diferentes.	84,5b	8,50a	7,00a
5. La comida étnica parece demasiado extraña para comer.	13,3a	14,1a	72,7b
6. En ocasiones especiales, probaría comidas o alimentos nuevos.	90,7b	4,90a	4,40 <sup>a</sup>
7. Me da miedo comer cosas que nunca he probado antes.	19,0b	7,60a	73,5c
8. Soy muy particular respecto a las comidas que como.	29,4b	13,7a	56,9c
9. Yo comería casi cualquier cosa.	56,9c	10,7a	32,4b
10. Me gusta probar restaurantes étnicos nuevos.	72,4c	17,1b	10,6 <sup>a</sup>

Los porcentajes de la misma fila con letras diferentes indican diferencias significativas para las respuestas al ítem de la escala de neofobia con  $p < 0,05$  en la prueba bilateral de igualdad para proporciones de columna.

## CONCLUSIÓN

La realización de la encuesta utilizando internet permitió la obtención rápida de un gran volumen de datos, alcanzando a un número importante de participantes de diferentes edades, sexo, actividades y lugares de residencia.

La escala de neofobia permitió la caracterización de los participantes de la encuesta, denotando un muy bajo porcentaje de neofóbicos.

A través de la técnica de asociación libre de palabras se identificaron las características sensoriales y hedónicas como las principales motivaciones de mayor intención de consumo de estos productos, además de ser la curiosidad una de las razones que lleve a los participantes a querer probarlos.

Se destacó la importancia de las palabras utilizadas para formar los conceptos, ya que, en el caso de las mermeladas, el estímulo “mermelada” resultó de características sensoriales típicas y de las frutas y verduras con las que generalmente se elaboran, y a alimentos con las que se las consume. Con respecto a los snacks, los participantes afirmaron que son alimentos de características sensoriales muy deseadas, que se consumen en ciertas ocasiones y acompañados de determinados alimentos y bebidas, siendo también un producto para consumir cuando se tiene la sensación fisiológica de hambre. Para ambos tipos de conceptos (mermeladas y snacks), al agregar la palabra

“andino”, los participantes los relacionaron más con lo novedoso y regional, encuadrándose en la dimensión de marketing, pudiendo concluir que el uso de alimentos andinos en la formulación de productos podría mejorar su comercialización. Cuando se incorporaron las palabras “dietético” e “hipercalórico”, los participantes inmediatamente lo asociaron a la salud y nutrición.

El conocer la percepción de potenciales consumidores sobre mermeladas y *snacks* con papa andina puede ser muy útil para el desarrollo de estos productos, ya que no están presentes en el mercado argentino. Estas asociaciones además podrían utilizarse para la publicidad de los mismos y su comercialización.

## CAPÍTULO III

### ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA, EMPASTE Y COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE GELES DE ALMIDÓN ANDINO. RELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN SENSORIAL

#### INTRODUCCIÓN

El almidón es una materia prima muy utilizada en un amplio campo de aplicaciones, desde gelificantes en sistemas alimentarios hasta en la manufactura del papel y de adhesivos (Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero y Betancur-Ancona, 2008). Las fuentes de producción de almidones dependen de las producciones locales y de las condiciones climáticas de cada lugar, pero en general, los almidones de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*) son los más utilizados. Sin embargo, existe la inquietud de estudiar almidones de nuevas fuentes y por ende, diferentes propiedades, que puedan emplearse en la producción de alimentos (López, 2011). En la región del NOA existen granos y una gran variedad de tubérculos autóctonos.

Las civilizaciones andinas domesticaron más de 400 variedades de papas (FAO, 1994) que les permitían asegurarse la diversificación en lo que consumían (Jiménez y Samman, 2014) y el aporte nutricional para las poblaciones rurales (Awoh, 2015).

Hoy en día las papas andinas son el principal ingrediente de las preparaciones culinarias de la Puna (Goldner, Pérez, Pilosof y Armada, 2012), pero también ocupan un lugar importante en la gastronomía, y en la elaboración de platos sofisticados (Martínez Reinoso, 2009). Por otro lado, el almidón de las mismas presenta propiedades funcionales que aún no son bien conocidas (Cruz, Ribotta, Ferrero e Iturriaga, 2016).

Los almidones son muy usados en la industria alimentaria (Agudelo, Varela, Sanz y Fiszman, 2014; Galkowska, Dlugosz y Juszczak, 2013), su combinación con otros hidrocoloides o azúcar permite mejorar sus propiedades tecno-funcionales (Agudelo et al., 2014; BeMiller, 2011; Galkowska et al., 2013; Ribotta y Rosell, 2010; Shi y BeMiller, 2002). La utilización simultánea de estos ingredientes podría modificar las características de textura de los productos formulados, por lo que resulta de gran importancia estudiar las propiedades de gelificación, retrogradación, texturales y reológicas (Zhou, Zhang y Chen, 2017) como así también, cómo se perciben estas propiedades. Para ello, se deben realizar mediciones integrales de la estructura de los alimentos, combinando estudios de propiedades mecánicas con pruebas sensoriales para evaluar atributos de textura. La relación entre las características instrumentales y sensoriales permite comprender lo que hace que ciertas características texturales

sean más deseables que otras en un alimento (Foegeding, 2007), lo que se corroboró en diferentes trabajos (Joyner, 2018; Lotufo Haddad, Margalef, Armada y Goldner, 2017; Goldner et al., 2012; Meullenet, Lyon, Carpenter y Lyon, 1998). El enfoque completo permite comprender la compleja naturaleza de la textura de los alimentos.

### **Usos del almidón en la industria alimentaria**

Diferentes autores resaltan las ventajas de utilizar almidones modificados en la formulación de productos alimentarios ya que los nativos tienen tendencia a retrogradar y producir sinéresis (Galkowsca et al., 2013), provocando una disminución en la calidad del producto y una menor aceptación de éste por el consumidor (Ferrero, Martino y Zaritzky, 1993).

No obstante, a pesar de las reconocidas ventajas de calidad obtenidas con los almidones modificados, en los últimos años se está produciendo un interés creciente por el uso de alimentos e ingredientes naturales u orgánicos, es decir sin modificaciones químicas, lo que ha aumentado la valoración positiva del uso de almidones nativos. Además, representan para la industria un elemento económico y de fácil obtención (García Robles Gutiérrez, 2009).

El almidón es uno de los hidrocoloides alimentarios más importantes y abundantes (Rodríguez Negrette, 2016). Su contenido de amilosa y amilopectina, temperatura de gelatinización, consistencia del gel y textura, comportamiento viscoso y propiedades térmicas, permite su utilización en la industria alimenticia como aditivo alimentario. El almidón mejora en gran medida las propiedades texturales de muchos productos alimentarios, empleándose en la formulación de alimentos como espesantes, agente gelificante, adhesivo, ligante, estabilizante y humectante (Badui, 2012; Singh y col., 2007). Además, puede utilizarse para el desarrollo de películas alimentarias (Jobling, 2004) y también se utiliza como materia prima para la producción de jarabe de fructosa y maltodextrinas (Cabrera, Madrigal y Joel Vázquez, 2007). A menudo suelen utilizarse combinados con hidrocoloides para modificar y controlar la textura de diversos alimentos (BeMiller, 2011).

El almidón resulta un ingrediente noble para impartir características texturales a diferentes productos alimenticios, como por ejemplo, mermeladas. El estudio de diferentes concentraciones de almidón como agente espesante en las mismas puede resultar costoso y llevar mucho tiempo, por lo que en este trabajo se utilizaron sistemas modelos, los cuales simulaban la estructura de este alimento. Así, se logró el estudio de cómo los cambios en la concentración de almidón afectan las características de textura. Por lo tanto, los objetivos de este capítulo fueron:

- Estudiar las características texturales, reológicas y las propiedades de empaste de geles elaborados con almidón de papa andina comparados con geles formulados con almidón de papa comercial.
- Estudiar las características de textura sensorial de los geles.
- Relacionar las características instrumentales con la percepción sensorial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Extracción del almidón de papa andina

El almidón de la papa andina se extrajo siguiendo el método propuesto por Singh, Singh, Kaur, Singh Sodhi y Singh Gill (2003) (Figuras 25 y 26). Las papas se lavaron y cepillaron cuidadosamente. Luego se las cortó en cubos y se sumergieron en agua destilada con bisulfito de sodio al 0,02 % p/v para evitar el pardeamiento enzimático. Se procesaron con procesadora Minipimer® y se filtraron con un lienzo (esto se realizó tres veces). La lechada se recolectó en vasos de precipitados y se dejó sedimentar por 24 horas a  $5 \pm 2$  °C. Se descartó el sobrenadante y se lavó el almidón con alcohol. Nuevamente se filtraron los sedimentos con lienzo para remover la fibra que quedó en el almidón. A continuación se realizó un secado en estufa a  $40 \pm 2$ ° C (con convección) por 4 horas  $\pm$  30 min. Por último, el almidón obtenido se molió con un molinillo pulverizador y se envasó al vacío en bolsas plásticas.



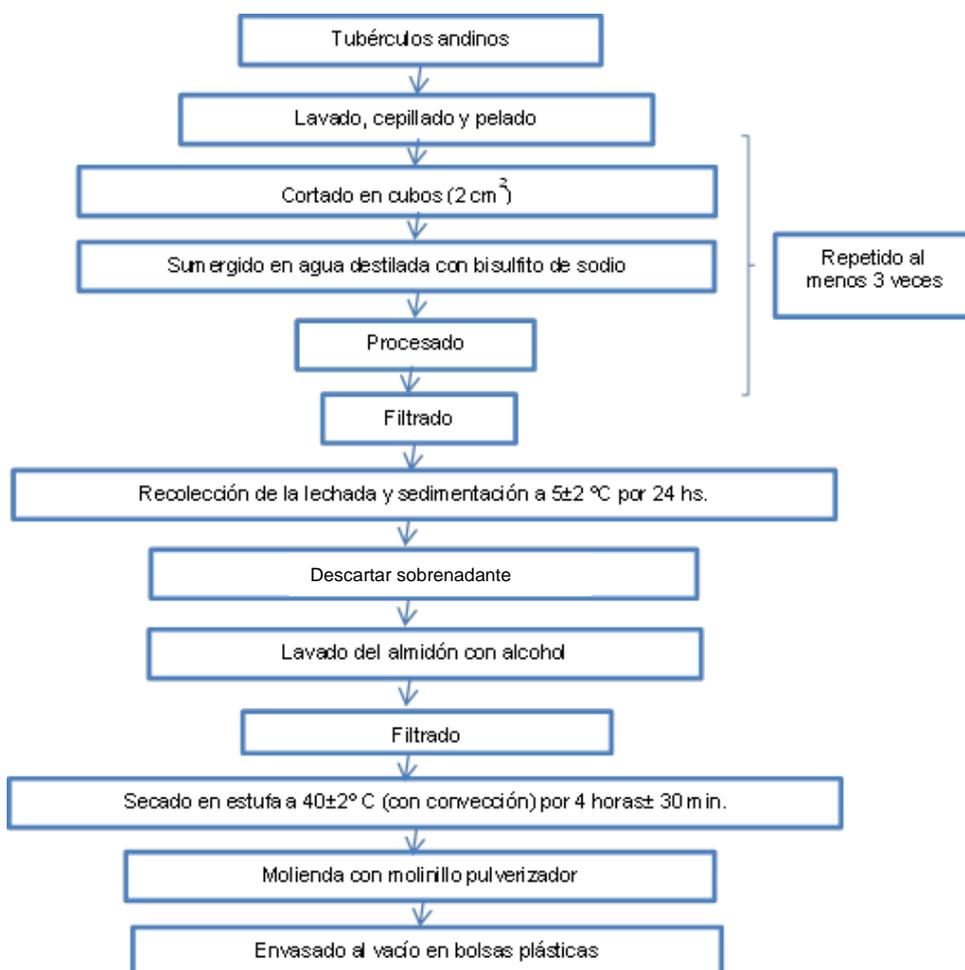
**Figura 25. Almidón de papa andina “Rosadita” extraído por el método de Singh et al. (2003)**

### Materia prima

Se usaron dos tipos de almidones para elaborar los sistemas modelo: almidón de papa comercial (*Solanum tuberosum*) adquirido en el mercado (Orange Market, Buenos Aires, Argentina) y almidón de papa andina extraído de la variedad “Rosadita” (*Solanum tuberosum* spp. *Andigenum*) (Sing et al., 2003). Para preparar los sistemas modelo también se utilizó azúcar, pectina (Gelfix S.A.), ácido cítrico y lactato de calcio (Merck, N° cas 5743-47-5).

### Preparación de las muestras

Se formularon diez sistemas modelo (geles), cinco con almidón de papa comercial y otros cinco con almidón de papa andina, en diferentes concentraciones (2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5%). El azúcar (35%) se mezcló con la pectina (0,50%) y luego se agregó agua ( $60\pm 1^\circ\text{C}$ ). El pH de la mezcla se ajustó con ácido cítrico (0,026%). Las mezclas se



**Figura 26. Proceso de extracción de almidón**

enfriaron a  $40\pm 1^\circ\text{C}$  y se agitaron en un agitador magnético con placa térmica por 10 minutos a 600 rpm a temperatura constante. El almidón se disolvió en agua fría y se agregó a la mezcla; se continuó con la agitación por dos minutos más. Luego se colocaron en un baño termostático (Vicking, Dubnoff) por 30 minutos a  $80\pm 1^\circ\text{C}$ , agitando a 90 rpm. El lactato de calcio (0,055%) se agregó luego de 25 minutos de agitación y calentamiento. Las soluciones se envasaron en contenedores plásticos (5 mm de diámetro interno, 50 mm de alto), en caliente, se cubrieron con una tapa plástica y se mantuvieron a temperatura ambiente ( $22\pm 2^\circ\text{C}$ ) por 30 minutos. Finalmente, los geles se conservaron a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  durante 24 horas. Se realizaron cinco lotes para ejecutar las diferentes pruebas.

En la Tabla 20 se pueden observar los componentes de los geles formulados (g/100g).

**Tabla 20. Componentes de los geles formulados (g/100g)**

Tipo de almidón	Muestra	Almidón	Sacarosa	Pectina	Agua	Lactato de Calcio
Comercial	1	2,5	35	0,5	62	0,055
	2	3,5			61	
	3	4,5			60	
	4	5,5			59	
	5	6,5			58	
Andino	6	2,5			62	
	7	3,5			61	
	8	4,5			60	
	9	5,5			59	
	10	6,5			58	

### Contenido de amilosa

El contenido de amilosa de cada almidón se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Juliano (1971), el cual se basa en la formación de un complejo helicoidal entre la amilosa y el yodo, formando un color azul oscuro, que es la base para la determinación cuantitativa del contenido de amilosa. La formación de estos complejos se determina por colorimetría.

### Pruebas instrumentales

#### Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura (TPA) se realizó con un texturómetro QTS (Brookfield CNS Farrell), con un accesorio de aluminio (12,7 mm de diámetro interno, 35 mm de longitud). Se colocó 30g de gel en cada contenedor. Las condiciones del ensayo fueron: velocidad: 120 mm/min, distancia de 10 mm y fuerza de 100 g, a  $20\pm 2$  °C. Se registraron los siguientes parámetros: dureza (N), adhesividad (J), elasticidad (adimensional), cohesividad (adimensional), gomosidad (N) y masticabilidad (J). Las evaluaciones se realizaron por quintuplicado.

#### Prueba de extrusión reversa

La prueba de extrusión reversa se realizó con un texturómetro TA-XT2 (Stable Microsystems, Surrey, Gran Bretaña), a temperatura de  $20\pm 2$  °C. Se colocó 30g de gel en contenedores cilíndricos de 50 mm de diámetro interno. Se utilizó un accesorio disco de compresión de 35 mm de diámetro, que se introdujo 30 mm a una velocidad de 1 mm/s. Se obtuvo la fuerza máxima de extrusión (N) como índice de firmeza y el área bajo la curva como índice de consistencia (N/s) (Agudelo, Varela y Fiszman, 2015; Liua, Xua y Guob, 2007). El análisis se realizó por quintuplicado.

### Propiedades reológicas

Las propiedades viscoelásticas se estudiaron con un reómetro (Discovery HR 2 rheometer, TA Instruments Inc., USA), utilizando una geometría de plato-plato de 40 mm de diámetro y 1 mm de espesor de muestra, con sistema Peltier de control de temperatura. Los geles se colocaron entre los platos de medición y cuando el plato superior descendió, se retiró el exceso de muestra y se dejó reposar por 10 minutos (Villanueva, Ronda, Moschakis, Lazaridou y Biliaderis, 2018). Se realizaron ensayos oscilatorios:

-Barrido de amplitud, de 0,1 a 100,0%, a temperatura de 25°C, frecuencia 1 Hz, para determinar el rango viscoelástico lineal (RVL).

-Barrido de frecuencia, que se realizó en el RVL, amplitud 0,2%, frecuencia de 0,1 a 10,0 Hz y a temperatura de 25 °C.

-Barrido de temperatura, de 25 a 80 °C, con una rampa de aumento de temperatura de 5 °C/min, a una frecuencia de 1 Hz y amplitud 0,2% (dentro del RVL).

Se determinaron las siguientes propiedades reológicas: el módulo elástico o de almacenamiento ( $G'$ ), el módulo viscoso o de pérdida ( $G''$ ) y la tangente del ángulo de desfasaje ( $\tan \delta = G''/G'$ ). Las pruebas en cada gel se desarrollaron por duplicado.

### Propiedades de empaste

Se estudiaron las propiedades de empaste de los sistemas modelos con un analizador rápido de viscosidad RVA 4500 (Perten Instrument AB, Hägersten, Suecia), que permitió obtener el perfil de viscosidad aparente de los geles en función de la temperatura y el tiempo. Se aplicó el método RVA para almidón de papa (RVA *Potato Starch Pasting Method*) (RVA Method 7.05/2010), el cual puede observarse en la Tabla 21.

**Tabla 21. Perfil de la prueba de RVA.**

Tiempo (hh:mm:ss)	Tipo de función	Valor
00:00:00	Temperatura	50°C
00:00:00	Velocidad	960 rpm
00:00:10	Velocidad	160 rpm
00:01:00	Temperatura	50°C
00:04:42	Temperatura	95°C
00:07:12	Temperatura	95°C
00:11:00	Temperatura	50°C
00:13:00	Final del ensayo	

Para realizar esta prueba se procedió de la siguiente manera: una cantidad conocida de almidón (14% de humedad) correspondiente a las concentraciones de los geles, se dispersó en 25 mL de solución preparada con azúcar, pectina, lactato de calcio y agua destilada dentro de contenedores de aluminio y se colocaron en el sistema de medición del RVA. El registro de datos se realizó con el software Thermocline para Windows. El viscograma permitió obtener información respecto a: la temperatura de empaste (°C), el pico de viscosidad o viscosidad máxima (cP), la caída de viscosidad (*breakdown*) (cP), la viscosidad final (cP), y la región de retrogradación (*setback*) (cP). Las propiedades de empaste se realizaron por duplicado.

## **Análisis sensorial**

### **Entrenamiento del panel**

Se seleccionaron nueve evaluadores (de 24 a 42 años) con experiencia previa en análisis sensorial (Lotufo Haddad et al., 2017) y se los entrenó en el método del perfil rápido (5 sesiones de 1,5 horas). Se instruyó sobre los términos comúnmente utilizados como descripciones de textura, definiciones de atributos y el uso de las escalas (ISO, 2016). La selección de las anclas de las escalas se realizó de acuerdo a la bibliografía (ISO, 2005) y se verificaron en una sesión de grupo focal (de una hora), reemplazándose en algunos casos por productos de hábito de consumo argentino.

### **Perfil sensorial**

Se realizó el perfil sensorial de textura de los geles, utilizando escalas no estructuradas de 10 cm (4 sesiones, 2 horas). Se evaluaron siete descriptores: untabilidad, consistencia, adhesividad, cohesividad, firmeza, elasticidad y extensibilidad. Los mismos se seleccionaron de bibliografía. Cada asesor evaluó cinco muestras por duplicado, de acuerdo a un bloque completo aleatorizado. Los geles se presentaron de forma balanceada (primero los geles de almidón de papa comercial, luego, los de papa andina y viceversa) con una pausa. Se proveyó de agua y galletas sin sal como borradores. En la Tabla 22 se presentan los descriptores de textura utilizados, las definiciones de los mismos, las técnicas de medición y las anclas seleccionadas, junto con las referencias utilizadas para identificar a las mismas.

### **Análisis estadístico**

Para estudiar diferencias en el contenido de amilosa se realizó una prueba t-Student. Para analizar los datos obtenidos de las pruebas de TPA, prueba de extrusión reversa, barrido de frecuencia (1 Hz) y RVA se realizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) de una vía.

**Tabla 22. Definiciones, técnicas de medición y anclas para las evaluaciones sensoriales**

<b>Descriptores</b>	<b>Definiciones y técnicas de medición</b>	<b>Anclas</b>
<b>Untabilidad</b>	Facilidad requerida para untar un producto con la cara convexa de una cuchara o con un cuchillo, en un plato o galleta. <sup>1</sup>	Bajo: gelatina Alto: queso untable
<b>Consistencia</b>	Fuerza requerida para sorber la muestra desde una cuchara a la lengua. Tomar la muestra con una cuchara, colocarla sobre el labio inferior y succionar. <sup>1</sup>	Bajo: agua Medio: yogur Alto: gelatina
<b>Adhesividad</b>	Fuerza requerida para remover el producto que se adhiere al paladar. Tomar la muestra con una cuchara, ponerla sobre la lengua y empujarla contra el paladar. <sup>1</sup>	Bajo: agua Alto: queso untable
<b>Cohesividad</b>	Grado en el cual una sustancia puede deformarse antes de su ruptura. Tomar la muestra con la cuchara, poner entre los dientes y evaluar el grado de deformación antes de la ruptura. <sup>1</sup>	Bajo: queso untable Alto: gelatina
<b>Firmeza</b>	Fuerza requerida para deformar la muestra entre la lengua y el paladar. <sup>1</sup>	Bajo: queso untable Alto: gelatina
<b>Elasticidad</b>	Grado en el cual el material deformado regresa a su condición inicial, cuando la fuerza de deformación se elimina. Colocar la muestra entre los molares y comprimir parcialmente. Dejar de comprimir y evaluar el grado y la velocidad con la que recupera la forma original. <sup>1</sup>	Bajo: queso untable Alto: gelatina
<b>Extensibilidad</b>	Grado en el que la muestra se extiende biaxialmente en un plano horizontal por la lengua y el paladar. Si la muestra cambia su forma de cilíndrica a en forma de disco, el valor de extensibilidad es alto. El evaluador debe colocar la muestra entre la lengua y el paladar, comprimirla y extenderla con un movimiento biaxial de la lengua sobre el plano horizontal. La acción imita la presión firme y a una pasta en expansión. <sup>2</sup>	Bajo: marshmallows Alto: queso untable

Fuente: <sup>1</sup> IRAM (1995); <sup>2</sup> Hayakawa et al. (2014)

Se realizó un análisis de valores atípicos para los datos del perfil sensorial mediante el método de caja y bigote. Además, se realizó un ANOVA de acuerdo a un modelo mixto donde los evaluadores se consideraron como factor aleatorio, las muestras y las repeticiones como fijos, e interacciones dobles asesorx muestra, muestrax repeticion y repeticionx asesor. Por otro lado, se estudió la interacción tipo de almidónx concentración de almidón y se realizó un ANOVA particionado cuando la interacción fue significativa.

Se utilizó un modelo de regresión lineal “paso a paso” (*Stepwise Linear Regression*) para seleccionar las variables instrumentales que mejor predecían a las sensoriales. La relación entre los atributos sensoriales (variables dependientes) y los datos instrumentales (variables predictoras) se estableció mediante una Regresión de Mínimos Cuadrados Parciales (*Partial Least Square Regression*, PLSR). Finalmente,

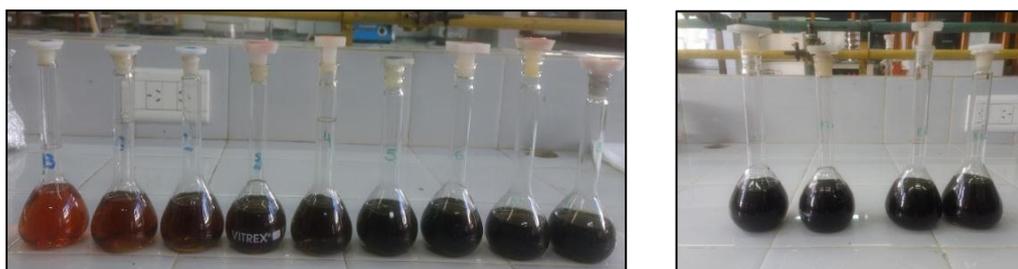
se realizó un análisis de conglomerados jerárquico (*Hierarchical Cluster Analysis*, HCA) usando el método Ward y distancia Euclidea.

La comparación entre medias para todos los casos se realizó con la prueba de Tukey. Todos los análisis se hicieron utilizando el *software* Infostat (2016) con  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de amilosa

El almidón de papa comercial presentó  $28,9 \pm 1,58$  % de amilosa, y el andino,  $31,7 \pm 2,09$  %, resultados similares a los obtenidos por Cruz et al. (2016). De acuerdo con las categorías establecidas por Juliano (1971), ambos almidones pueden clasificarse como “de alto contenido en amilosa”. La prueba t-Student no mostró diferencias significativas entre las muestras. En la Figura 27 se pueden observar las soluciones utilizadas para construir la curva estándar y las preparadas con el almidón de papa comercial y el andino.



**Figura 27. Soluciones utilizadas para construir la curva estándar y las preparadas con el almidón de papa comercial y el andino**

### Perfil de textura

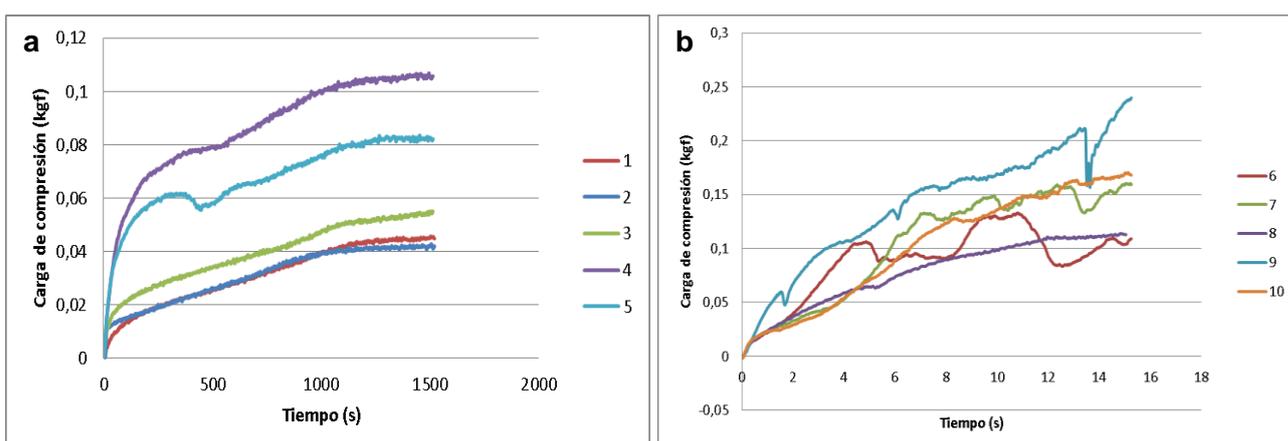
La gomosidad, la dureza, la masticabilidad y la elasticidad dependieron del tipo de almidón utilizado ( $P < 0,05$ ) [interacciones tipo de almidón x concentración de almidón:  $F_{(4,41)} = 5,30$ ,  $F_{(4,41)} = 4,08$ ,  $F_{(4,41)} = 8,91$  y  $F_{(4,41)} = 8,09$ , respectivamente]. Para los geles formulados con almidón de papa comercial estas variables se mantuvieron constantes hasta la concentración de almidón de 5,5%, luego decrecieron ( $P < 0,05$ ). En el caso de los sistemas formulados con almidón de papa andina, este incremento no fue tan marcado (Tabla 23). La adhesividad y la cohesividad no dependieron de la variedad de almidón utilizado. Los geles formulados con el 2,5 y el 6,5% de almidón resultaron más adhesivos, principalmente aquellos preparados con almidón de papa común, y menos cohesivos lo cual puede deberse a las interacciones entre las moléculas de azúcar y los gránulos de almidón: el azúcar interfiere en la formación de la estructura de la

dispersión, obteniendo geles más adhesivos y menos cohesivos (Acquarone y Rao, 2003).

### Prueba de extrusión reversa

Los datos de firmeza y consistencia de los geles mostraron interacciones significativas con la variedad de almidón [ $F_{(4,40)}=1539,5$  y  $F_{(4,40)}=8821,9$ , respectivamente] ( $P<0,05$ ). Ambas variables aumentaron con el incremento de las concentraciones de almidón hasta 5,5% (muestras N° 4 y 9, Tabla 23) y luego descendieron suavemente. Esto también pudo deberse a la interacción de las moléculas de azúcar con los gránulos de almidón: a concentraciones elevadas de almidón, mayores interacciones provocando menos firmeza y consistencia (Acquarone y Rao, 2003; Colombo, Leon y Ribotta, 2010).

En la Figura 28 pueden observarse los resultados obtenidos de la prueba de extrusión reversa.



**Figura 28. Prueba de extrusión reversa de sistemas formulados con almidón de papa comercial (a) y andino (b).**

Los números de curvas corresponden a los números de muestras.

### Propiedades reológicas

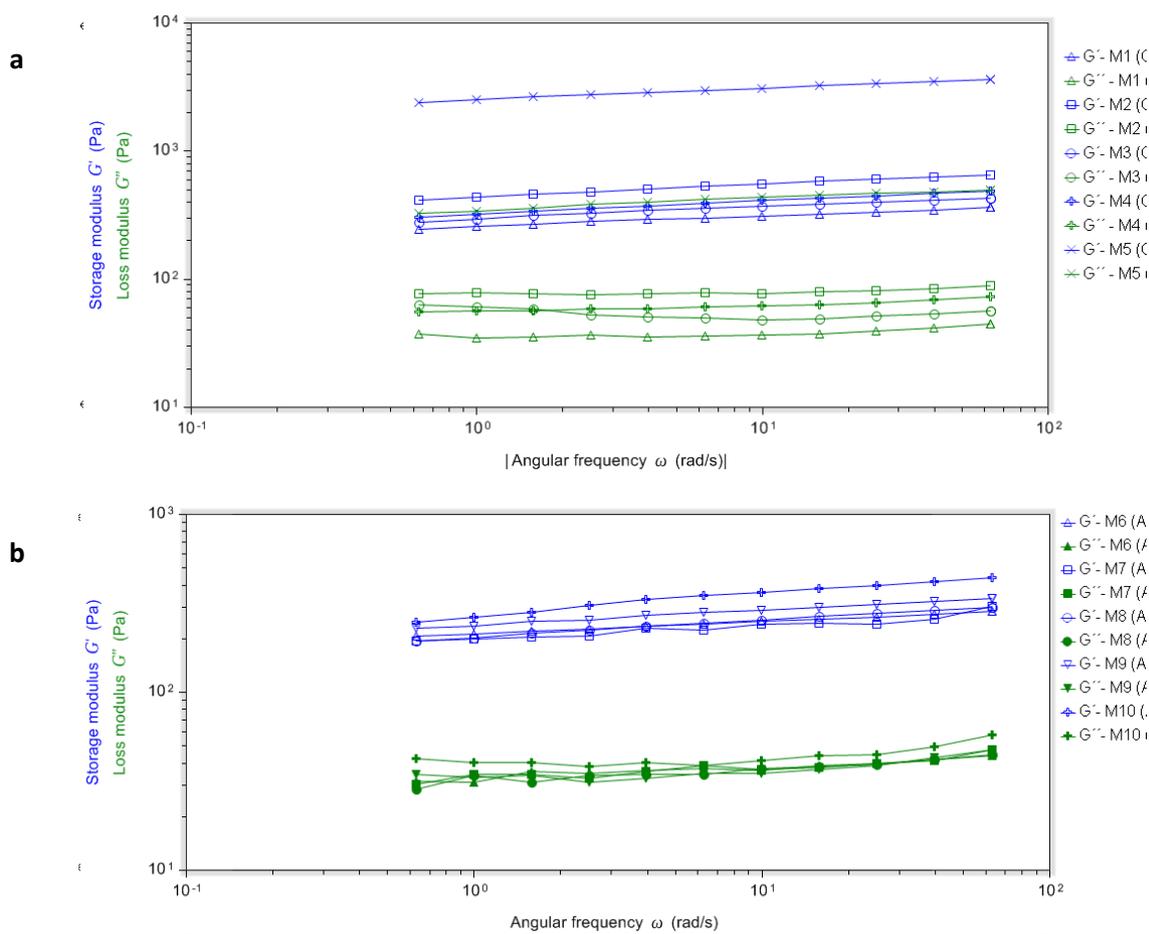
El barrido de amplitud permitió determinar el RVL, tomando 0,2% como amplitud para realizar los siguientes ensayos. En el RVL,  $G'$  fue mayor que  $G''$ , y ambos módulos fueron prácticamente independientes de la amplitud.

Luego de cierta tensión (amplitud crítica), cuando el RVL está llegando a su fin, ambos módulos comenzaron a decrecer con el aumento de la amplitud para todos los geles, lo que indicó un aumento de la cantidad de energía requerida por la muestra durante el proceso de deformación (Sharma, Kristo, Corredig y Duizer, 2017). Alcanzado el punto de cruce, la tensión se define como la tensión de ruptura. Luego de

romper la tensión,  $G''$  comenzó a dominar sobre  $G'$ , lo que indicó que la red del gel colapsó y el material comenzó a fluir (Yang, Yang y Yang, 2018). Sharma et al. (2017) obtuvieron resultados similares en su estudio sobre el efecto de diferentes hidrocoloides en la textura de purés de zanahoria.

En la Figura 29 se puede observar el comportamiento de los módulos  $G'$  y  $G''$  versus la frecuencia angular ( $\omega$ ) para los geles preparados con almidón comercial y andino. Como se puede observar,  $G'$  resultó mayor a  $G''$  a lo largo de todo el rango de frecuencia utilizado. Esto es común en geles de almidón, lo que indica el dominio del comportamiento elástico sobre el viscoso, típica característica del comportamiento como un sólido (Ribotta y Rosell, 2010).

Los módulos no se cruzaron en el rango de frecuencia seleccionado (0,1 a 10,0 Hz). Además, se puede observar que los módulos  $G'$  y  $G''$  mostraron cierta dependencia de la frecuencia. Tal dependencia, combinada con un módulo de almacenamiento mayor al de pérdida en todo el rango de frecuencias, refuerza el carácter de tipo débil de los geles (Sharma et al., 2017).



**Figura 29.  $G'$  and  $G''$  vs frecuencia angular ( $\omega$ ) para los sistemas formulados con almidón de papa comercial (a) y andino (b)**

**Tabla 23. Medias  $\pm$  desvío estándar para los datos del perfil de textura, de la prueba de extrusión reversa y de los datos sensoriales**

		Muestras									
		Geles con almidón de papa comercial					Geles con almidón de papa andina				
Tipo de almidón	Porcentaje de almidón	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
$\times$ nivel de almidón	Nº de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		<b>Datos del perfil de textura</b>									
Significativo	Gomosidad	16,9 $\pm$ 1,73ab	15,3 $\pm$ 1,73a	15,7 $\pm$ 1,73a	27,4 $\pm$ 1,93c	23,4 $\pm$ 1,46bc	14,4 $\pm$ 1,01a	15,4 $\pm$ 1,01ab	11,6 $\pm$ 1,01a	15,0 $\pm$ 1,01ab	16,5 $\pm$ 1,01b
	Dureza	50,6 $\pm$ 6,77ab	38,2 $\pm$ 6,77a	39,2 $\pm$ 6,77a	74,5 $\pm$ 7,57b	78,4 $\pm$ 5,72b	44,4 $\pm$ 2,04b	48,6 $\pm$ 2,04bc	33,0 $\pm$ 2,04a	50,4 $\pm$ 2,04bc	55,0 $\pm$ 2,04c
	Masticabilidad	77,5 $\pm$ 13,0a	95,4 $\pm$ 13,0a	97,9 $\pm$ 12,9a	207 $\pm$ 14,5b	155 $\pm$ 10,9b	84,0 $\pm$ 9,00ab	89,2 $\pm$ 9,00ab	54,9 $\pm$ 9,00a	89,4 $\pm$ 9,00ab	99,2 $\pm$ 9,00b
	Elasticidad	4,75 $\pm$ 0,24a	6,22 $\pm$ 0,24b	6,24 $\pm$ 0,24b	7,53 $\pm$ 0,26c	6,50 $\pm$ 0,20b	5,72 $\pm$ 0,29b	5,76 $\pm$ 0,29b	4,72 $\pm$ 0,29a	5,94 $\pm$ 0,29b	5,95 $\pm$ 0,29b
No significativo	Adhesividad	-14,2 $\pm$ 2,18a	-4,13 $\pm$ 2,18c	-5,78 $\pm$ 2,18bc	-3,84 $\pm$ 2,44c	-10,7 $\pm$ 1,84ab	-7,42 $\pm$ 1,31a	-7,83 $\pm$ 1,31a	-6,10 $\pm$ 1,31a	-7,03 $\pm$ 1,31a	-9,13 $\pm$ 1,31a
	Cohesividad	0,34 $\pm$ 0,01ab	0,40 $\pm$ 0,01b	0,41 $\pm$ 0,01b	0,37 $\pm$ 0,02b	0,30 $\pm$ 0,01a	0,33 $\pm$ 0,02a	0,32 $\pm$ 0,02a	0,35 $\pm$ 0,02a	0,30 $\pm$ 0,02a	0,30 $\pm$ 0,02a
		<b>Datos de la prueba de extrusión reversa</b>									
Significativo	Firmeza	0,44 $\pm$ 0,00b	0,41 $\pm$ 0,00a	0,53 $\pm$ 0,01c	1,04 $\pm$ 0,01e	0,82 $\pm$ 0,02d	1,10 $\pm$ 0,03a	1,56 $\pm$ 0,01b	1,11 $\pm$ 0,01a	2,35 $\pm$ 0,01d	1,65 $\pm$ 0,01c
	Consistencia	4,67 $\pm$ 0,00a	4,65 $\pm$ 0,07a	5,86 $\pm$ 0,01b	12,8 $\pm$ 0,01d	9,97 $\pm$ 0,00c	13,2 $\pm$ 0,03b	15,6 $\pm$ 0,01d	11,5 $\pm$ 0,00a	21,1 $\pm$ 0,08e	15,1 $\pm$ 0,05c
		<b>Datos sensoriales</b>									
Significativo	Untabilidad	6,07 $\pm$ 0,44ab	7,40 $\pm$ 0,44b	7,48 $\pm$ 0,44b	6,75 $\pm$ 0,44b	4,75 $\pm$ 0,44a	6,09 $\pm$ 0,43a	7,08 $\pm$ 0,43ab	6,43 $\pm$ 0,43ab	7,55 $\pm$ 0,43b	6,80 $\pm$ 0,43ab
	Cohesividad	3,28 $\pm$ 0,39ab	1,78 $\pm$ 0,42a	2,76 $\pm$ 0,39a	2,48 $\pm$ 0,40a	4,81 $\pm$ 0,39b	3,47 $\pm$ 0,39a	2,11 $\pm$ 0,40a	2,48 $\pm$ 0,40a	2,55 $\pm$ 0,39a	2,51 $\pm$ 0,40a
	Firmeza	2,37 $\pm$ 0,40a	1,58 $\pm$ 0,42a	2,72 $\pm$ 0,40a	2,20 $\pm$ 0,42a	5,37 $\pm$ 0,40b	2,93 $\pm$ 0,37a	1,95 $\pm$ 0,37a	2,41 $\pm$ 0,37a	2,23 $\pm$ 0,36a	2,08 $\pm$ 0,37a
	Elasticidad	7,67 $\pm$ 0,35b	7,82 $\pm$ 0,35b	8,22 $\pm$ 0,37b	8,47 $\pm$ 0,36b	5,70 $\pm$ 0,36a	7,60 $\pm$ 0,43a	7,80 $\pm$ 0,41a	6,72 $\pm$ 0,41a	7,50 $\pm$ 0,41a	7,23 $\pm$ 0,41a
No significativo	Consistencia	6,73 $\pm$ 0,34a	6,22 $\pm$ 0,34 <sup>a</sup>	6,61 $\pm$ 0,34a	6,79 $\pm$ 0,34a	6,84 $\pm$ 0,34a	5,54 $\pm$ 0,39a	5,68 $\pm$ 0,39a	6,38 $\pm$ 0,39b	6,49 $\pm$ 0,39b	6,48 $\pm$ 0,40b
	Adhesividad	5,74 $\pm$ 0,39a	5,68 $\pm$ 0,39a	6,23 $\pm$ 0,39a	5,78 $\pm$ 0,39a	6,27 $\pm$ 0,39a	5,18 $\pm$ 0,40a	5,90 $\pm$ 0,40ab	6,35 $\pm$ 0,40ab	6,15 $\pm$ 0,40ab	6,92 $\pm$ 0,41b
	Extensibilidad	6,99 $\pm$ 0,41ab	7,11 $\pm$ 0,41ab	7,93 $\pm$ 0,43b	6,87 $\pm$ 0,41ab	5,71 $\pm$ 0,41a	7,29 $\pm$ 0,34a	7,62 $\pm$ 0,35a	7,33 $\pm$ 0,35a	7,95 $\pm$ 0,34a	7,34 $\pm$ 0,34a

Medias entre columnas con letras diferentes, por tipo de almidón, indican diferencias significativas para ese atributo entre los geles, a  $p < 0,05$  (prueba de Tukey).

$G'$  y  $G''$  dependieron del origen del almidón utilizado [interacciones: tipo de almidón×concentración de almidón:  $F_{(4,10)}=156.2$  y  $F_{(4,10)}=167.4$ , respectivamente] ( $P<0,05$ ).

El ANOVA de los datos del barrido de frecuencia a 1 Hz indicó diferencias significativas ( $P<0,05$ ) para los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) y de pérdida ( $G''$ ) para los sistemas modelos formulados con almidón comercial, destacándose la muestra N° 5 por sus valores más elevados. No hubo diferencias para los geles preparados con almidón andino. El valor de  $\tan \delta$  relaciona el comportamiento elástico con el viscoso ( $\tan \delta = G''/G'$ ) (Cruz et al., 2016) y provee información sobre el balance de los módulos viscoelásticos del material (Sharma et al., 2017). El valor de  $\tan \delta$  a 1 Hz se encontró en el rango de 0,115-0,173 (Tabla 24), indicando características viscoelásticas de un gel débil (Ikeda y Nishinari, 2001) y una estructura estable (Villanueva et al., 2018). Estos resultados son similares a los encontrados por Galkowsca et al. (2013) quien obtuvo geles (elaborados con azúcar, pectina y almidón) con carácter viscoelástico débil, y a los de Cruz et al. (2016), en su estudio sobre las características de suspensiones de almidón.

Por otro lado, las interacciones entre las moléculas de hidrocoloides como la pectina y las de amilosa interfieren en la formación de la red y, por lo tanto, da lugar a geles débiles (Weber, Clerici, Collares-Queiroz, y Chang, 2009; Pongsawatmanit, Chantaro, y Nishinari, 2013; Kim y BeMiller, 2012). Estos resultados sugieren una interacción entre la pectina y el almidón, lo que favorece la formación de geles débiles.

Agudelo et al. (2014) concluyeron que la pectina y los iones de calcio hacen que los módulos  $G'$  y  $G''$  no dependan del aumento de la frecuencia en el barrido para geles formulados con azúcar, almidón, pectina de bajo metoxilo y cloruro de calcio. Todo lo expuesto permite afirmar que la estructura del gel es más estable en el tiempo cuando se utilizan otros ingredientes que cuando se preparan dispersiones de almidón solamente.

Para el barrido de temperatura, en todos los casos  $G'$  predominó sobre  $G''$ , lo que indicó que todos los sistemas tuvieron características sólidas (Agudelo et al., 2014). Ambos módulos aumentaron lentamente con el aumento de la temperatura.

**Tabla 24 . Medias  $\pm$  Desvío estándar de los valores de  $G'$ ,  $G''$  y  $\tan \delta$  a 1 Hz y 25 °C**

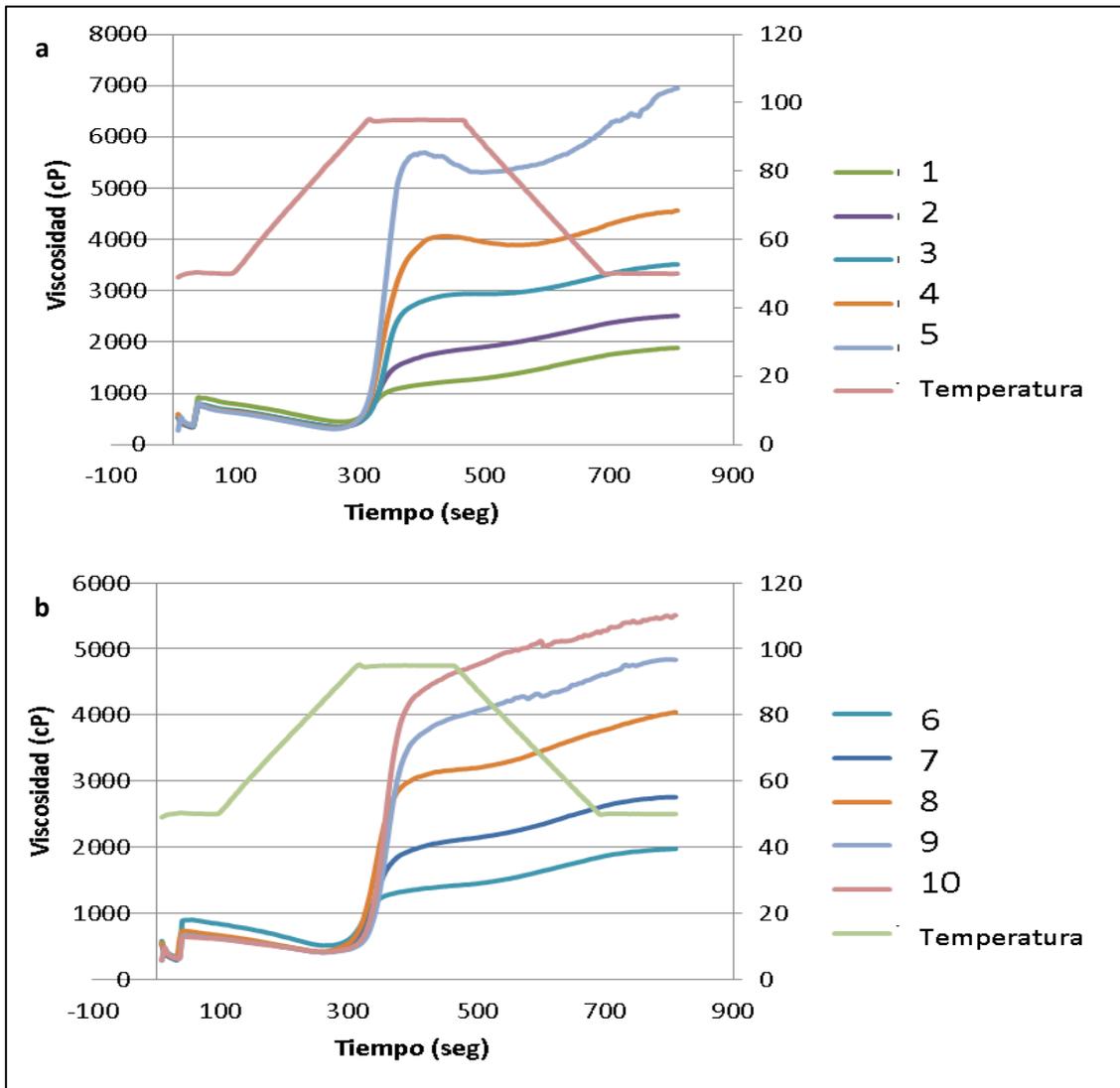
Muestra	Interacción significativa		Interacción no significativa	
	$G'$ (Pa)	$G''$ (Pa)	$\tan \delta$	
Geles con almidón de papa comercial	1	301,83 $\pm$ 40,54a	36,08 $\pm$ 11,11 <sup>a</sup>	0,115 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
	2	532,60 $\pm$ 57,33a	78,02 $\pm$ 11,11b	0,146 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
	3	356,84 $\pm$ 40,54a	49,60 $\pm$ 11,11ab	0,141 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
	4	393,15 $\pm$ 40,54a	60,86 $\pm$ 11,11ab	0,150 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
	5	2982,9 $\pm$ 40,54b	422,1 $\pm$ 11,11c	0,137 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
Geles con almidón de papa andina	6	241,73 $\pm$ 51,52a	37,36 $\pm$ 5,99 <sup>a</sup>	0,119 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>
	7	223,69 $\pm$ 51,52a	39,02 $\pm$ 5,99 <sup>a</sup>	0,147 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>
	8	245,02 $\pm$ 51,52a	34,58 $\pm$ 5,99 <sup>a</sup>	0,136 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>
	9	280,27 $\pm$ 51,52a	35,16 $\pm$ 5,99 <sup>a</sup>	0,125 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>
	10	348,67 $\pm$ 51,52a	38,86 $\pm$ 5,99 <sup>a</sup>	0,173 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>

Medias con letras diferentes entre filas, para cada tipo de almidón, indican diferencias significativas con  $P < 0,05$  según prueba de Tukey.

Las diferencias fueron más marcadas en sistemas preparados con almidón comercial que en aquellos elaborados con almidón andino, resaltándose la muestra N° 5 con la mayor concentración de almidón (6,5%) por su mayor consistencia y propiedades de resistencia al calor (Agudelo et al., 2014) entre las muestras con almidón comercial. Para geles preparados con almidón andino, todas las muestras mostraron tendencias similares en su comportamiento viscoelástico.

### Propiedades de empaste

La Figura 30 y la Tabla 25 muestran las propiedades de empaste de los almidones con los excipientes. Se puede observar que el rango de la temperatura de empaste (88,4-94,0 °C) fue mayor que el reportado por Cruz et al. (2016) y Galkowska et al. (2013) (65,3-70,6 °C). Esto puede deberse a las interacciones del almidón y la pectina que restringen el hinchamiento del gránulo (Galkowska et al., 2013). Además, los almidones de alto contenido de amilosa (Juliano, 1971) como los usados en este trabajo, presentan temperatura de empaste y viscosidad final elevadas, debido probablemente a las altas interacciones de las cadenas hidrogenadas (Biduski et al., 2018).



**Figura 30. Perfil de empaste de los geles formulados con almidón de papa comercial (a) y andina (b). Los números de curvas corresponden a los números de muestras.**

En ambos casos, en la etapa de calentamiento, la viscosidad aumenta lentamente hasta el pico de viscosidad (Figura 30). Como era de esperarse, las muestras preparadas con las mayores concentraciones presentaron picos de viscosidad mayores. El pico de viscosidad es la medida del poder de hinchamiento de los gránulos de los almidones en términos de la resistencia de los gránulos a la ruptura y está influenciado por el tamaño y la rigidez del gránulo, como así también de la proporción amilosa:amilopectina que presentan (Kaur, Singh y Sodhi, 2002).

**Tabla 25. Medias  $\pm$  desvío estándar de los parámetros de las curvas de RVA para los sistemas modelos**

		Muestras									
Tipo de almidón x nivel de almidón	Porcentaje de almidón	Geles con almidón de papa comercial					Geles con almidón de papa andina				
	Nº de muestra	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
Significativo	Temperatura de empaste (°C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Pico de viscosidad (cP)	90,43 $\pm$ 0,67a	91,83 $\pm$ 1,10 <sup>a</sup>	90,08 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	89,23 $\pm$ 2,23a	87,98 $\pm$ 0,46a	90,88 $\pm$ 0,11ab	91,20 $\pm$ 1,70ab	88,35 $\pm$ 0,07a	94,00 $\pm$ 1,20b	92,83 $\pm$ 0,60b
	Breakdown (cP)	1200 $\pm$ 187a	1774 $\pm$ 21,9b	2866 $\pm$ 78,5c	4049 $\pm$ 200d	5703 $\pm$ 265e	1379 $\pm$ 89,8a	2021 $\pm$ 120b	3190 $\pm$ 129c	3756 $\pm$ 226d	4958 $\pm$ 83,4e
No significativo	Setback (cP)	99,00 $\pm$ 21,2a	217,5 $\pm$ 40,3ab	375,5 $\pm$ 34,6ab	743,5 $\pm$ 227c	488,0 $\pm$ 127bc	92,50 $\pm$ 7,78a	290,5 $\pm$ 88,4a	400,5 $\pm$ 10,6a	1397 $\pm$ 115b	1475 $\pm$ 153b
	Viscosidad final (cP)	1887 $\pm$ 236a	2509 $\pm$ 37,5a	3515 $\pm$ 3,54ab	4564 $\pm$ 96,2b	6948 $\pm$ 366c	1974 $\pm$ 115a	2756 $\pm$ 134b	4139 $\pm$ 213c	4836 $\pm$ 110d	6169 $\pm$ 91,2e
		785,0 $\pm$ 69,3a	952,5 $\pm$ 99,4a	1024 $\pm$ 109a	1259 $\pm$ 526a	1734 $\pm$ 317a	688,0 $\pm$ 32,5a	1026 $\pm$ 75,0ab	1349 $\pm$ 94,1b	2477 $\pm$ 0,71c	2686 $\pm$ 160c

Medias con letras diferentes entre columnas, para cada tipo de almidón, indican diferencias significativas con  $P < 0,05$  según prueba de Tukey.

El hinchamiento de los gránulos, acompañado por la lixiviación de la amilosa, aumenta la viscosidad, mientras que la ruptura durante el calentamiento adicional la disminuye. Durante el periodo de calentamiento a 95 °C, el almidón es sometido a esfuerzos mecánicos de cizalla, lo que generalmente conduce a una mayor ruptura de los gránulos de almidón y a la lixiviación de amilosa. Las moléculas de amilosa escindidas están más o menos alineadas en la dirección del flujo, lo que contribuye a la disminución de la viscosidad (*breakdown*) (Ribotta y Rosell, 2010). También puede observarse un aumento de la viscosidad durante el periodo de enfriamiento (*setback*) (Figura 30) debido probablemente a la reorganización de las cadenas lixiviadas, y al elevado número de zonas de unión durante la formación de la pasta y, por lo tanto, una red que retiene más agua (Mali et al., 2003), relacionada con la retrogradación de las cadenas de amilosa (Ribotta y Rosell, 2010).

Además, se observó que a elevada concentración de almidón mayor viscosidad final, lo que representa una ventaja cuando se quiere utilizarlos como agente espesante en productos formulados a base de frutas (Galkowska et al., 2013).

Tres variables del RVA dependieron de la variedad de almidón utilizada para la preparación de los geles: la temperatura de empaste, el pico de viscosidad y el *breakdown* [interacciones tipo de almidón×concentración de almidón:  $F_{(4,10)}=8.21$ ,  $F_{(4,10)}=17.3$  and  $F_{(4,10)}=7.43$ , respectivamente] ( $P<0,05$ ). Para las muestras preparadas con almidón comercial (de la N° 1 a la N° 5) no se encontraron diferencias significativas para la temperatura de empaste y el *setback* (Tabla 25).

El pico de viscosidad, el *breakdown* y la viscosidad final aumentaron con el incremento de la concentración de almidón ( $p< 0,05$ ). Los geles con las menores concentraciones (2,5 y 3,5) presentaron similares picos de viscosidad, retrogradación y viscosidad final. Cruz et al. (2016), en su trabajo sobre la caracterización de almidones de tubérculos andinos, evaluó los parámetros del RVA en suspensiones de almidón comercial a 6,25% p/p y encontró que el *breakdown* era muy pronunciado indicando menor estabilidad. Los *breakdown* de todos los geles elaborados en este trabajo no fueron pronunciados, lo que sugiere que, por un lado, la combinación de pectina y azúcar favorece la estabilidad, y por el otro, que estos almidones fueron más resistentes a la ruptura por cizalla en la gelatinización (Cruz et al., 2016).

Para geles formulados con almidón andino (del N° 6 al N° 10), todos los parámetros aumentaron con el incremento de la concentración de almidón. Esto se observó en mayor medida para el pico de viscosidad y la viscosidad final con diferencias significativas para todas las concentraciones (Tabla 25,  $p<0,05$ ).

En resumen, si bien no se encontraron diferencias significativas en el contenido de amilosa de los almidones, esta pequeña diferencia fue suficiente para afectar el comportamiento de empaste.

### **Análisis sensorial: perfil sensorial**

Los resultados del ANOVA del modelo mixto de los datos sensoriales indicaron que los asesores fueron una fuente de variación significativa ( $P < 0,05$ ) en algunas variables. Esto es común para datos sensoriales, lo que indicó que los evaluadores no usaron la escala de la misma manera (Kreutzmann, Thybo Bredie, 2007). El factor repetición no fue significativo entre los geles, excepto para untabilidad en las muestras con almidón comercial, la adhesividad para geles con almidón andino y la consistencia para ambos casos, reflejando una buena reproducibilidad en las evaluaciones. La interacción asesor x muestra fue significativa para consistencia ( $P < 0,01$ ) y firmeza ( $P < 0,001$ ) en geles con almidón de papa comercial, sugiriendo que, en general, los jueces no hicieron cambios en el uso de la escala.

La untabilidad, la cohesividad, la firmeza y la elasticidad dependieron del tipo de almidón [interacciones tipo de almidón x concentración de almidón:  $F_{(4,317)}=3,72$ ,  $F_{(4,315)}=3,68$ ,  $F_{(4,309)}=8,19$  y  $F_{(4,312)}=4,67$  respectivamente] ( $p < 0,05$ ). Teniendo en cuenta las muestras con almidón de papa comercial, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) para los descriptores untabilidad, cohesividad, firmeza, elasticidad y extensibilidad. En el caso de geles formulados con almidón andino, fueron diferentes en la untabilidad ( $P < 0,05$ ), la consistencia ( $P < 0,01$ ) y la adhesividad ( $P < 0,001$ ).

Se puede observar que los geles con 2,5 a 5,5% de almidón comercial fueron más untables que los preparados con el 6,5%; este último se destacó por presentar la mayor firmeza y la menor elasticidad.

La untabilidad de los geles se vio afectada de manera significativa por la concentración de almidón y aumentó a medida que la concentración aumentó hasta el 5,5%. A partir de allí descendió.

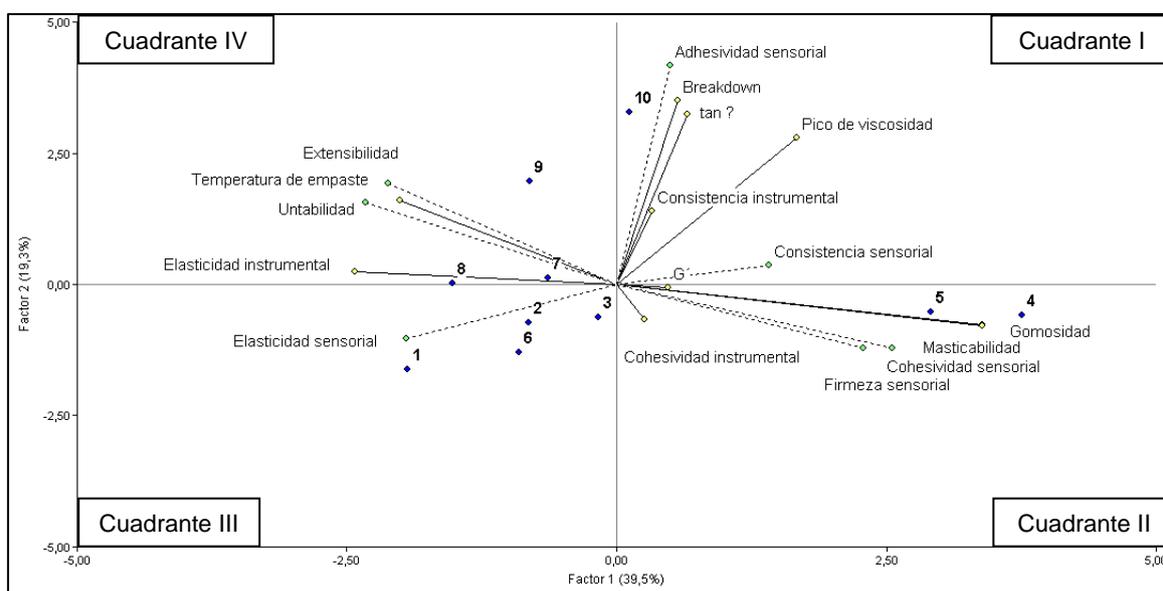
La untabilidad aumentó con el aumento de la concentración de almidón hasta la concentración intermedia de 5,5% a partir del cual disminuyó. A concentraciones extremas de almidón (2,5 y 6,5 %) la untabilidad fue menor. Un comportamiento similar pero menos marcado se observó en los geles formulados con almidón andino.

También se pudo observar que los sistemas modelo con almidón andino mostraron un aumento de la consistencia y la adhesividad cuando aumentó la concentración de almidón, ya que a mayor concentración, mayor cantidad de material disponible para gelificar, lo que afecta a la consistencia y adhesividad de la muestra (Galkowska et al., 2013).

La untabilidad fue la variable sensorial con mayores diferencias debido al efecto del origen y de la concentración de almidón.

### Relación entre datos instrumentales y atributos sensoriales

De acuerdo al método “paso a paso” de regresión lineal, las variables dureza, firmeza instrumental, adhesividad instrumental,  $G''$ , *setback* y viscosidad final se omitieron al momento de realizar el PLSR. El PLSR explicó el 58,8% de la variabilidad de los datos con los dos primeros factores (Figura 31). La adhesividad sensorial fue predicha por el *breakdown*,  $\tan \delta$ , pico de viscosidad y consistencia instrumental (cuadrante I) opuesto a la elasticidad instrumental (cuadrante III). Los ángulos pequeños entre los vectores de la cohesividad sensorial, la consistencia y la firmeza, y  $G'$ , la cohesividad instrumental, la masticabilidad y la gomosidad muestran correlaciones positivas (cuadrante II), contrario a la untabilidad y la extensibilidad, que correlacionaron con la elasticidad instrumental y la temperatura de empaste (cuadrante IV). De estos resultados se destaca la relación entre las variables percibidas y sus correlatos instrumentales, siendo muy importante la cohesividad para el caso de estos sistemas (Meullenet et al., 1998).



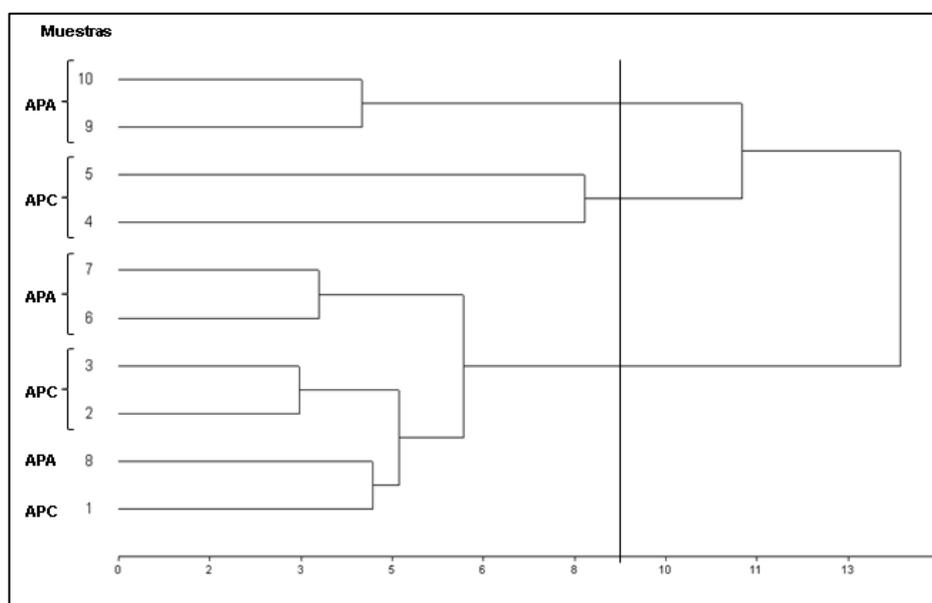
**Figura 31. Regresión de mínimos cuadrados parciales para atributos sensoriales y datos instrumentales**

Además, el pico de viscosidad es una medida del poder de hinchamiento del almidón en términos de la resistencia de los gránulos hinchados al cizallamiento (Kaur et al., 2002), y  $G'$  es la medida de fuerza/resistencia general de los geles frente a la deformación. Una correlación positiva de estos parámetros con la consistencia

instrumental y sensorial (respectivamente) indica que una muestra firme necesitará más energía para deformarse (Sharma et al., 2017). Sharma et al. (2017) también encontraron correlaciones entre consistencia y  $G'$ .

El PLSR (Figura 31) mostró que los geles se separan de izquierda a derecha a lo largo del Factor 1 por su elasticidad, untabilidad y extensibilidad por un lado (muestras con 2,5-3,5-4,5% de almidón, para ambos almidones), y por su gomosidad, masticabilidad y consistencia sensorial por otro (muestras con 5,5-6,5% de concentración de almidón de papa comercial). Además, de arriba hacia abajo a lo largo del Factor 2, las muestras se separaron por la adhesividad sensorial por un lado (muestras con 5,5-6,5% de las concentraciones de almidón de papa andina), y la cohesividad instrumental por el otro.

Considerando una distancia Euclídea de 9,0, el análisis de conglomerados permitió identificar tres grupos de muestras (Figura 32): el grupo I formado por las muestras N° 4 y N° 5 (mayores concentraciones de almidón de papa comercial- 5,5 y 6,5%), el grupo II compuesto por los geles N° 9 y N° 10 (mayores concentraciones de almidón de papa andina- 5,5 y 6,5%), y el grupo III, con los sistemas N° 1, 2 y 3, y los N° 6, 7 y 8, con las menores concentraciones de almidón de papa comercial y almidón de papa andina (2,5, 3,5 y 4,5%), respectivamente.



**Figura 32. Dendrograma del análisis de conglomerados (APA: Almidón de papa andino, APC: Almidón de papa comercial)**

Es notable que las muestras con las mayores concentraciones de almidón (5,5 y 6,5%), N° 4 y 5 se ubicaron de manera opuesta a las muestras N° 9 y 10, reafirmando el efecto de la variedad de almidón en el comportamiento textural, de empaste, reológico y sensorial a partir del 5,5% de concentración de almidón.

En resumen, se encontraron algunas interacciones tipo de almidón x nivel de almidón y a partir del 5,5% de almidón, el efecto de la variedad del mismo fue más importante que la concentración en las características de los sistemas estudiados.

## **CONCLUSIÓN**

En el presente capítulo, los análisis sensoriales e instrumentales mostraron datos complementarios para comprender mejor el comportamiento del gel y su percepción. La gomosidad, la dureza, la masticabilidad y la elasticidad obtenidas del TPA, y la firmeza y consistencia del BET,  $G'$  y  $G''$ , el pico de viscosidad, el *breakdown* y la temperatura de empaste dependieron del almidón utilizado, lo que se percibió en la extensibilidad, cohesividad, firmeza y elasticidad, siendo la untabilidad la variable más importante para la diferenciación.

Los geles formulados con las concentraciones más bajas de almidón (2,5-4,5%) se asociaron con la elasticidad instrumental y sensorial, mientras que aquellos con las concentraciones más altas (5,5-6,5%) estuvieron relacionados con firmeza sensorial, la gomosidad, la masticabilidad, la consistencia, el pico de viscosidad y  $G'$ . Cuando el nivel de almidón alcanzó el 5,5%, fue más importante el efecto del tipo de almidón que la concentración.

Ambos almidones resultaron de alto contenido de amilosa. El uso de almidón de papa andina permitió obtener geles de menores viscosidades finales pero más estables a los cambios de temperatura que aquellos elaborados con almidón de papa comercial. Además, el almidón andino dio lugar a geles instrumentalmente más firmes y consistentes, que se percibieron más untables, características deseables en la elaboración de mermeladas. Esto es una ventaja desde el punto de vista funcional con respecto al almidón comercial.

## CAPÍTULO IV

### FORMULACIÓN DE MERMELADAS

#### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la Argentina, se ha producido un proceso de reconocimiento y revalorización de productos tradicionales. La gastronomía contribuyó a dicho proceso con la incorporación de productos autóctonos (Martínez Reinoso, 2009).

Los tubérculos andinos son alimentos de buen valor nutritivo, por su balance proteína-energía, contenido de vitaminas, aminoácidos esenciales (lisina), fósforo, potasio y calcio (Fuenzalida, 2008), además de compuestos con actividad biológica como los flavonoides, fenoles, prebióticos y fitohormonas (Jiménez y Samman, 2014).

La utilización de los tubérculos andinos como ingredientes en diferentes preparaciones es cada vez mayor. Amores Balseca (2016) desarrolló recetas de productos lácteos con el uso de harina de papa oca, y Villacrés et al. (2016) formularon chips usando papa oca y mashua. Cruz, Ribotta, Ferrero e Iturriaga (2016) estudiaron las características fisicoquímicas y reológicas de almidones de tubérculos andinos. Además, Goldner, Pérez, Pilosof y Armada (2012) concluyeron que estos tubérculos poseen características sensoriales especiales para desarrollar nuevas aplicaciones en la industria.

Los alimentos de origen vegetal son una fuente importante de nutrientes. Para un mejor aprovechamiento se han desarrollado técnicas que retardan su deterioro como las confituras, “productos obtenidos por cocción de frutas, hortalizas o tubérculos (enteros o fraccionados), sus jugos y/o pulpas, con azúcares (azúcar, dextrosa, azúcar invertido, jarabe de glucosa o sus mezclas)” (CAA, 2016).

La formulación de mermeladas con mezclas de frutas y tubérculos andinos, representan una nueva opción de consumo en una alimentación equilibrada y variada. Diferentes autores desarrollaron confituras a partir de tubérculos o raíces, Kamiloglu, Pasli, Ozcelik, Van Camp y Capanoglu (2015) estudiaron el efecto del procesamiento y almacenamiento en jaleas y mermeladas de zanahoria negra; y Carvalho Salvador, de Souza Dantas y Mileib Vasconcelos (2012) desarrollaron una jalea de yacón reducida en valor calórico, pero no se encontraron trabajos donde se utilicen papas andinas para la formulación de confituras.

Por otro lado, en aquellas confituras elaboradas de manera no tradicional (por ejemplo: reducidas en azúcares simples) se pueden producir modificaciones

percibidas por el consumidor (Minetti, 2014); por lo que será muy importante los estudios sensoriales e instrumentales.

Las confituras tienen la estructura de un gel, sistema coloidal donde la fase continua es sólida y la dispersa es líquida. En la estructura de un gel, hay moléculas que forman una red, la cual está inmersa en el líquido.

Según cómo interactúan estos componentes, el gel tendrá diferentes propiedades, por eso es importante el estudio de los componentes químicos que actúan en el proceso de gelificación. Krystyjan, Ciesielski, Khachatryan, Sikora y Tomasiak (2015) analizaron la interacción almidón de papa-inulina en la estructura, reología y propiedades térmicas del gel. Por su parte, Maldonado y Singh (2008) analizaron el efecto del agregado de tres gomas (agar-agar, pectina y goma arábiga) en la aceptabilidad de la textura de dulce de yacón.

Otros investigadores han estudiado características sensoriales e instrumentales y su relación con la percepción del consumidor para mejorar el desarrollo de confituras. Culetu, Manolache y Duta (2014) analizaron características fisicoquímicas, texturales y sensoriales de ocho mermeladas de ciruela libres de azúcar elaboradas con diferentes técnicas de procesamiento. Además, Markey, Lovegrove, y Methven (2015) del Reino Unido, estudiaron el perfil sensorial y aceptabilidad de productos reducidos en azúcar con respecto al tradicional.

En este sentido, para el desarrollo de nuevos productos, la sola evaluación de la aceptabilidad no es suficiente ya que la percepción está mediada por las preferencias, estados de ánimo, actitudes y emociones asociadas al producto en la mente de los consumidores. En consecuencia, la evaluación de las emociones evocadas por los alimentos durante su consumo agrega valor, más allá de las pruebas hedónicas, para explicar y predecir el comportamiento real en su elección, especialmente si estos están correlacionados con aspectos sensoriales.

Las emociones han sido estudiadas en bebidas para el desayuno (Gutjar et al., 2015), jugos de naranja, bebidas lácteas y queso (Collinsworth, 2014), hierbas/especias, aperitivos, carne (King, Meiselman y Carr, 2010) y productos lácteos (Seo et al., 2009).

Así, en este capítulo se desarrollaron diferentes mermeladas con el agregado de almidón y/o la incorporación de un tubérculo andino, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. Al incorporar un nuevo ingrediente, que por sus componentes afectaría las características fisicoquímicas y sensoriales de los productos, es que resultó indispensable la aplicación de diferentes métodos. Es por ello que el objetivo de este capítulo fue formular mermeladas dietéticas con ingredientes regionales, de buena aceptabilidad por el consumidor.

Se formularon diferentes prototipos de mermeladas:

- Se optimizó la aceptabilidad de mermeladas formuladas con chayote (*Sechium edule*), para conocer la influencia de la inulina, ácido cítrico y sucralosa en la aceptabilidad de mermeladas dietéticas preparadas con frutas regionales.
- Se formularon prototipos de mermeladas dietéticas con mezclas de frutilla, manzana y tubérculo oca/collareja.
- Se desarrollaron confituras con mezclas de frutilla, tomate de árbol y papa oca, con la incorporación de almidón andino.

Esto permitió estudiar diferentes gelificantes/espesantes, como almidón de papa andina y pectina, a la vez de estudiar la aceptabilidad de mermeladas con sacarosa y sucralosa en diferentes concentraciones. Cabe destacar que la materia prima utilizada se seleccionó teniendo en cuenta los ingredientes básicos para la formulación de mermelada (Jimenez y Herrera, 2003; Featherstone, 2016), en las cantidades permitidas por el C.A.A. (artículos 807 y 810).

## **OPTIMIZACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE MERMELADA DIETÉTICA A BASE DE CHAYOTE (*Sechium edule*)**

En la actualidad, las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son las causantes de más del 60% de las muertes del mundo y del 50% de las de nuestro país. Entre éstas se incluyen las cardiovasculares, la diabetes, la obesidad y ciertos tipos de cánceres, patologías que deterioran la salud de forma silenciosa y progresiva (Ministerio de Salud Pública de la Nación Argentina, 2009). Las mismas tienen una estrecha relación con la alimentación, caracterizada por el consumo elevado de alimentos que tienen alto contenido de grasas saturadas y azúcares simples, y la disminución de la ingesta de frutas y verduras, fuentes de fibra alimentaria (Vio, 2005).

Frente a ésta problemática, la tecnología alimentaria se enfrenta a la necesidad de producir nuevos y mejores productos alimenticios, teniendo en cuenta no sólo la calidad nutricional y la inocuidad, sino también las características sensoriales de esos alimentos. Así, la industria debe responder a estas exigencias optimizando la calidad sensorial de sus productos, lo que se traduce en maximizar el valor de la aceptación del alimento obtenido a partir de unos ingredientes determinados, sin que ello suponga un coste excesivo de la producción (Kun et al., 2013).

Entre los métodos utilizados para la optimización se encuentra el método de superficie de respuesta (MSR), que utiliza una serie de técnicas estadísticas y matemáticas para desarrollar y optimizar procesos en los cuales la respuesta está influenciada por diferentes variables (Bas y Boyaci, 2007). La principal ventaja de la MSR es que permite, con un mínimo de ensayos, cubrir el máximo de interacciones de los componentes de la fórmula para alcanzar un óptimo (Dejaegher y Heyden, 2011). Esta metodología ha sido aplicada en el diseño y formulación de distintos alimentos, como así también en el perfeccionamiento de diferentes productos. Ekpong, Ngarmsak y Winger (2006) optimizó la formulación de una golosina de mango a partir de la aceptabilidad de consumidores y del perfil sensorial del producto realizado por evaluadores entrenados. Granato, Ribeiro, Castro y Masson (2010) también estudió la aceptabilidad, con el objetivo de optimizar la formulación de un postre de soja. Danalache, Carvalho, Alves, Moldão-Martins y Mata (2016) optimizó la concentración de gelificante a utilizar en la elaboración de barras de mango a partir de la evaluación instrumental de la firmeza, sinéresis y color.

En Argentina, las personas consumen entre 10 y 12 kg de dulces por año, lo que ubica a éste país en la lista de los mayores consumidores del mundo. Estos suelen prepararse con frutas o con hortalizas, encontrándose entre ellas el chayote, una fruta autóctona de la región del NOA, originario de América, de color amarillo verdoso claro.

Presenta surcos longitudinales, aspecto lustroso y liso. Su sabor es muy suave, ligeramente dulce, lo que lo convierte en un producto adecuado para elaborar confituras.

Por todo lo expuesto, el **objetivo** de este trabajo fue optimizar la aceptabilidad de mermelada dietética elaborada a base de chayote, mediante la utilización de la metodología de superficie respuesta (MSR).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la formulación de las mermeladas dietéticas se utilizó chayote (*Sechium edule*) (74,5%) por ser un producto regional, y los siguientes ingredientes: chayote, azúcar (7,45%), agua (14,6%), inulina (2,50; 5,00 y 7,50%), ácido cítrico (0,50; 0,55 y 0,60%) y edulcorante no nutritivo (sucralosa) (0,01; 0,03 y 0,05%). Las cantidades de ingredientes El proceso de elaboración fue estandarizado previamente.

### Optimización de la formulación (MSR)

#### Variables de estudio

Para optimizar los prototipos de formulación se seleccionaron como variables de estudio la concentración de inulina, ácido cítrico y sucralosa (variables independientes) y la aceptabilidad global (variable dependiente).

#### Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de Box-Behnken de tres factores con tres niveles cada uno (Tabla 26), que propone la formulación de 15 prototipos de mermeladas, tres de las cuales responden a los puntos centrales (formulaciones 6, 9 y 11) (Tabla 27).

**Tabla 26. Codificación de variables independientes**

Variables independientes	Código de niveles		
	-1	0	1
Inulina (%)	2,50	5,00	7,50
Ácido cítrico (%)	0,50	0,55	0,60
Sucralosa (%)	0,01	0,03	0,05

#### Evaluación de la aceptabilidad

Un panel de 150 consumidores (113 mujeres y 37 varones, edades comprendidas entre 18 y 53 años) (distribuidos en tres grupos de 50 panelistas) evaluaron la aceptabilidad global de las mermeladas utilizando una escala hedónica verbal de 9 puntos (9= “me gusta muchísimo” a 1= “me disgusta muchísimo”), usada anteriormente por López Orozco et al. (2010) para optimizar mermelada dietética de

tunas. Se solicitó además que opinen respecto a las características de color, sabor y textura de las confituras.

**Tabla 27. Diseño experimental de las confituras elaboradas**

Formulación	Código			Concentración		
	Inulina	Ácido cítrico	Sucralosa	Inulina (%)	Ácido cítrico (%)	Sucralosa (%)
1	-1	0	-1	2,50	0,55	0,01
2	+1	0	-1	7,50	0,55	0,01
3	+1	0	+1	7,50	0,55	0,05
4	+1	-1	0	7,50	0,50	0,03
5	-1	+1	0	2,50	0,60	0,03
6	0	0	0	5,00	0,55	0,03
7	0	+1	-1	5,00	0,60	0,01
8	0	-1	-1	5,00	0,50	0,01
9	0	0	0	5,00	0,55	0,03
10	-1	-1	0	2,50	0,50	0,03
11	0	0	0	5,00	0,55	0,03
12	0	+1	+1	5,00	0,60	0,05
13	0	-1	+1	5,00	0,50	0,05
14	-1	0	+1	2,50	0,55	0,05
15	+1	+1	0	7,50	0,60	0,03

Las muestras se presentaron de a 5 (cinco), siguiendo un diseño de bloques incompletos aleatorizados. El orden de presentación de las formulaciones se estableció con una tabla de números aleatorios, por lo que no todos los consumidores evaluaron la formulación tomada como punto central.

Las muestras se sirvieron a temperatura ambiente, en recipientes plásticos codificados con un número aleatorio de tres dígitos. Se proporcionó agua mineral y galletas sin sal para que los consumidores pudieran enjuagarse la boca entre muestras.

#### **Análisis estadístico**

Las variables se expresaron en media  $\pm$  desvío estándar. Los valores promedios de aceptabilidad se analizaron con un análisis de la varianza y prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para la modelización de los parámetros estudiados se realizó un análisis de regresión múltiple. Los datos se analizaron empleando el software MINITAB 14 v. DEMO.

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados del análisis de la varianza indicaron que la aceptabilidad de las muestras fue significativamente diferente entre las formulaciones ( $p < 0,05$ ) (Tabla 28). Si bien algunas muestras resultaron de mayor aceptabilidad, se observa una tendencia a que la muestra número 6 (5,00% de inulina; 0,60% de ácido cítrico y 0,05% de sucralosa) gustó más. Esta fue la más próxima al punto óptimo, y obtuvo un puntaje

promedio de 7,65 en la escala hedónica correspondientes a la categoría “me gusta mucho”.

El coeficiente de determinación arroja un resultado muy favorable a los fines experimentales dado que un  $r^2$  de 0,82 indica que la variabilidad explicada por el modelo matemático representa un 82% de la variabilidad total. Cabe señalar que para explorar el modelo de regresión con fines de optimización el valor debe ser superior al 70% (Cuesta Muñoz, 2012).

Para establecer la relación entre la aceptabilidad y las concentraciones de inulina, ácido cítrico y sucralosa en las formulaciones los datos se ajustaron con un análisis de regresión múltiple, al modelo propuesto por MSR para tres factores (Cabrera et al., 2011). La ecuación que representa esta relación es la siguiente:

$$\text{Aceptabilidad} = 7,06 - 0,12X_1 - 0,04X_2 + 0,40X_3 - 0,35X_{11} - 0,01X_{22} - 0,12X_{33} + 0,27X_{12} - 0,15X_{13} + 0,09X_{23}$$

$$R^2=82$$

$X_1, X_2, X_3$ =concentraciones de los niveles

$X_{11}, X_{22}, X_{33}$ =coeficientes cuadráticos

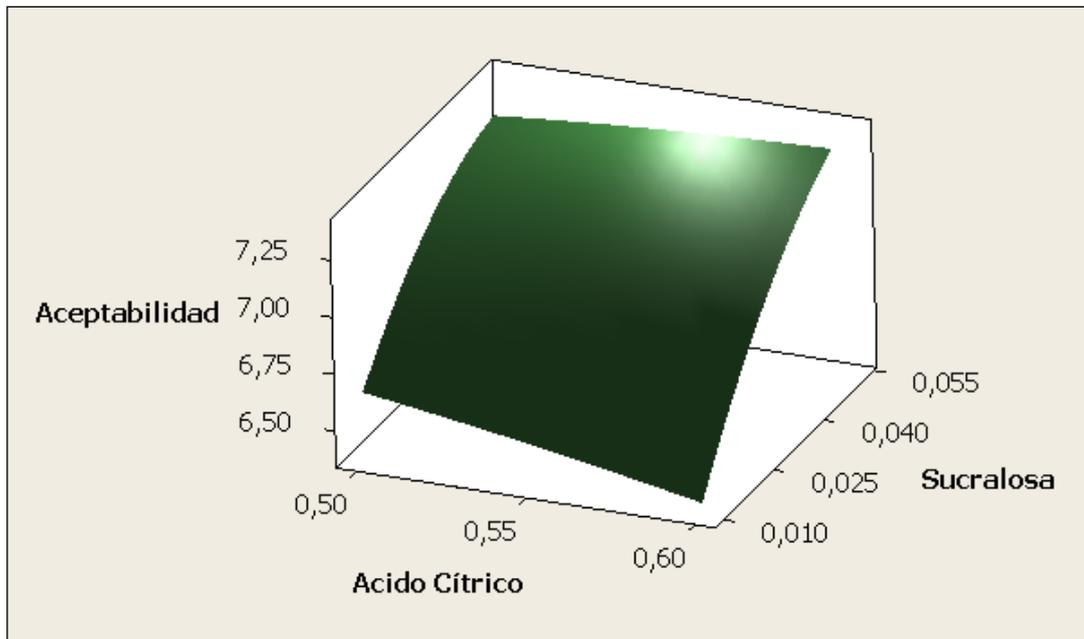
$X_{12}, X_{13}, X_{23}$ =coeficientes correspondientes al efecto de las interacciones

**Tabla 28. Promedios de aceptabilidad de las formulaciones de mermeladas**

Muestra	Aceptabilidad*	Muestra	Aceptabilidad*	Muestra	Aceptabilidad*
1	6,88±1,31 abc	6	7,65±0,95c	11	6,85±1,64 abc
2	7,00±1,47bc	7	6,00±1,91 <sup>a</sup>	12	7,10±1,12 bc
3	7,08±1,31 bc	8	7,08±1,37 bc	13	6,88±1,57 abc
4	6,44±1,55 ab	9	7,02±1,21 bc	14	5,98±1,78a
5	6,59±1,36 ab	10	6,37±1,47ab	15	7,08±1,17 bc

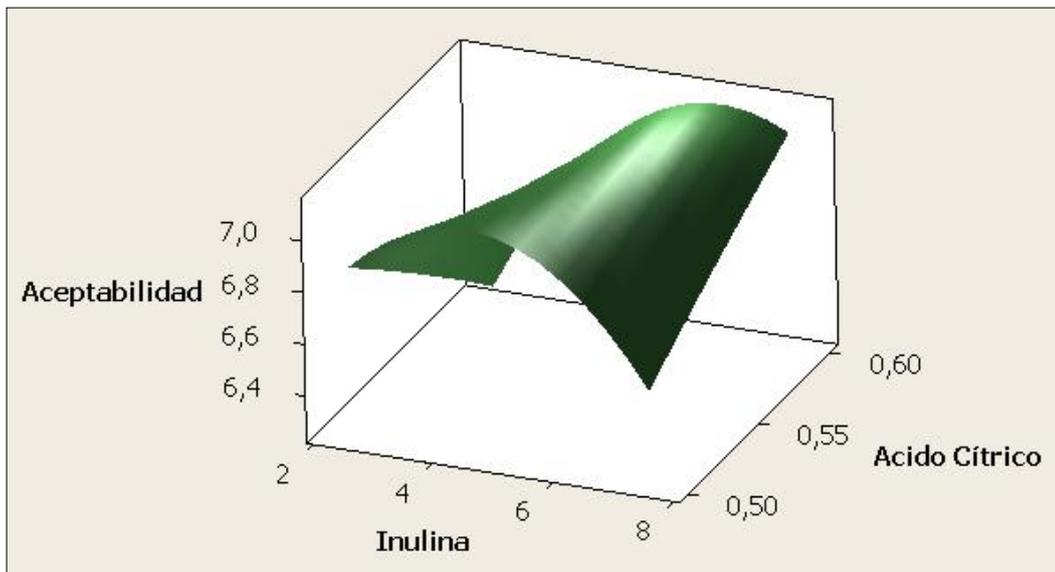
\*Medias con letras diferentes denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Tukey.

En la Figura 33 se puede observar que la concentración de sucralosa afectó la aceptabilidad del producto, ya que a medida que aumentó, las confituras resultaron más aceptables. Lo mismo sucedió con la concentración del ácido cítrico. Un resultado similar obtuvo López Orozco et al. (2010), en cuyo trabajo respecto a la optimización de mermelada dietética de tunas.

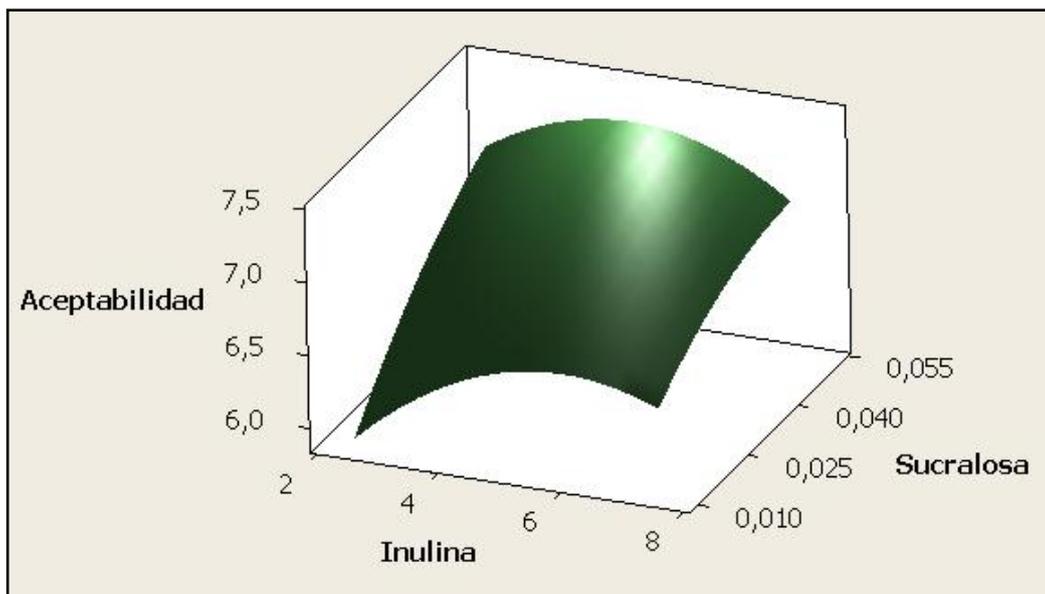


**Figura 33. Gráfico de superficie de la variación de la aceptabilidad de las muestras en función de la concentración de ácido cítrico y sucralosa**

En las Figuras 34 y 35 se presenta el efecto de la concentración de inulina y ácido cítrico y de inulina y sucralosa en la aceptabilidad de la mermelada. Se observa cómo la aceptabilidad de la confitura aumentó cuando se incrementó la concentración de inulina hasta el nivel medio, descendiendo por encima de esa cantidad. Un resultado similar obtuvieron Cabrera et al. (2011) en la formulación de un postre lácteo con inulina y bajo contenido en grasa.



**Figura 34. Gráfico de superficie de la variación de la aceptabilidad de las muestras en función de la concentración de inulina y ácido cítrico**



**Figura 35. Gráfico de superficie de la variación de la aceptabilidad de las muestras en función de la concentración de inulina y sucralosa**

Con respecto a la opinión de los panelistas sobre las características de las confituras, expresaron en general que el color era “blanco cremoso brillante”, “agradable pero no el esperado para una mermelada”. En cuanto al sabor, indicaron que era ácido agradable con regusto leve a edulcorante, similar a un dulce de pera o manzana. Respecto a la textura, expresaron que era “arenosa en la boca”, poco consistente, muy untable y que se adhería al paladar y a los dientes.

### **CONCLUSIÓN**

El modelo obtenido permitió predecir la aceptabilidad en función de la concentración de inulina, sucralosa y ácido cítrico.

La aceptabilidad mejora a medida que aumenta el contenido de sucralosa y de ácido cítrico en las formulaciones. Con la mínima y la máxima cantidad de inulina, la aceptabilidad es menor, siendo más próxima al valor óptimo cuando se agrega en la cantidad media (5,00%).

Si bien los consumidores expresaron que el producto no tenía el color característico de una mermelada, les pareció agradable. Les recordó a mermeladas formuladas con otros ingredientes, como pera o manzana.

## **FORMULACIÓN DE MERMELADAS CON MEZCLAS DE FRUTILLA, TOMATE DE ÁRBOL Y PAPA OCA, CON LA INCORPORACIÓN DE ALMIDÓN ANDINO**

En esta etapa se elaboraron prototipos de mermeladas reducidas en azúcares (respecto de las tradicionales) (CAA, 2016) teniendo en cuenta, como ya se mencionó, los resultados del Capítulo III, donde se estudiaron sistemas modelos de mermeladas concluyendo que aquel formulado con la concentración de 5,5% de almidón andino tuvo las características más deseables: mejor untabilidad, extensibilidad y elasticidad. Es por ello que se decidió utilizar esa concentración de almidón para formular mermeladas con mezclas de frutilla, tomate de árbol y papa oca. Los objetivos de esta parte del trabajo de tesis fueron:

- Desarrollar confituras de humedad intermedia reducidas en azúcares a base de tubérculos andinos con el fin de dar valor agregado a la producción regional.
- Analizar el perfil sensorial de mermeladas reducidas en azúcares a base de frutas y papa oca, con el agregado de almidón de papa andina como agente espesante/gelificante.
- Estudiar la aceptabilidad e intención de compra de los productos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materia prima**

Para la formulación de las mermeladas se empleó frutilla, tomate de árbol y tubérculo andino oca (*Oxalis tuberosa*), eligiéndolos por tratarse de alimentos regionales disponibles en el mercado. Además se utilizó sacarosa de tipo comercial. Estos ingredientes se adquirieron en mercados locales. Respecto al almidón utilizado, se extrajo como ya se detalló en el Capítulo III de tubérculos andinos variedad "Rosadita" (*Solanum tuberosum L. subsp. Andigena*). Además se utilizó:

- Ácido cítrico como agente acidulante (Sigma-Aldrich)
- Pectina de bajo metoxilo como gelificante (Gelfix S.A.), junto con lactato de calcio (Merck, N° cas 5743-47-5)
- Sorbato de potasio como conservante
- Sucralosa como edulcorante (Beneo Orafiti)

Todos los ingredientes se incorporaron en las cantidades permitidas por el CAA.

En la Tabla N° 29 se pueden observar las cantidades de los ingredientes utilizados cada 100g de alimento.

### **Elaboración de las mermeladas**

Las pulpas se procesaron separadamente: las frutillas se lavaron y cortaron en pequeños cubos, y se sometieron a cocción por ebullición por 15±1 minutos. Luego se

procesaron. Los tomates de árbol se lavaron y escaldaron por  $5\pm 1$  minutos para poder pelarlos con facilidad; luego se procesaron. Las papas oca se lavaron cuidadosamente y se cocinaron por ebullición por  $20\pm 1$  minutos. Cuando estuvieron cocidas, se pelaron y procesaron.

**Tabla 29. Componentes de las formulaciones de mermelada (g/100 g)**

Ingredientes	Porcentaje (%)
Pulpa (frutas y hortaliza)	44,00
Azúcar	35,00
Agua	10,00
Almidón	5,500
Ácido Cítrico	0,500
Pectina	0,500
Sorbato de Potasio	0,100
Lactato de Calcio	0,055
Sucralosa	0,010
TOTAL	100

Las pulpas ya preparadas, se pisaron para obtener mezclas con diferentes proporciones de frutilla, tomate de árbol y papa oca (Tabla 30). Cabe destacar que, además de las mermeladas de mezclas, se formularon confituras de cada vegetal exclusivamente. Luego se agregaron los demás ingredientes y se cocinaron a  $85\pm 3$  °C, hasta  $45\pm 5$  °Brix. . Las mermeladas se envasaron en caliente en frascos de vidrio a rosca previamente esterilizados y se almacenaron a  $4\pm 2$  °C.

**Tabla 30. Proporciones de oca, frutilla y tomate de árbol de las mermeladas formuladas**

Muestra	Oca	Frutilla	Tomate de árbol
M1	0	100	0
M2	100	0	0
M3	0	0	100
M4	80	10	10
M5	60	20	20
M6	40	30	30
M7	20	40	40

### Características fisicoquímicas

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos:

- 1) **Sólidos solubles** (°Brix): a  $20 \pm 2$  °C con un refractómetro Milwaukee MA 871.
- 2) **pH**: con un peachímetro Adwa AD12.
- 3) **Actividad de agua** ( $a_w$ ): con un medidor de actividad de agua marca Rotronic modelo HC2-AW-USB-SW.

Los análisis se hicieron por triplicado.

### **Análisis sensorial**

Las pruebas se realizaron en el Instituto de Investigaciones Sensoriales de Alimentos.

Las muestras (20 g) se presentaron en contenedores plásticos codificados con un número de tres cifras, a temperatura ambiente. Se proveyó de galletas sin sal y agua a los evaluadores para que pudieran utilizarlos como borradores.

### **Perfil sensorial**

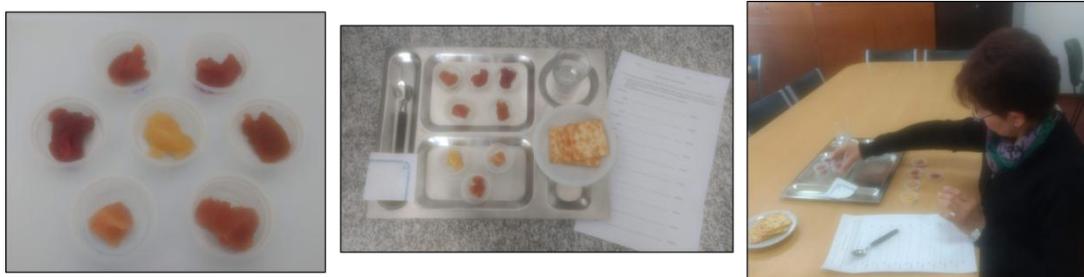
Para obtener el perfil sensorial de las mermeladas se utilizó la nueva metodología de “Flash Profile” (FP) (Dairou y Sieffermann, 2002) con un grupo de 9 evaluadores semi-entrenados (Anzaldúa-Morales, 1994) (3 varones, 6 mujeres; con edades comprendidas entre 25 y 53 años) en una sola sesión de una hora y media, con descansos de 10 minutos.

A cada panelista se le presentaron todas las muestras simultáneamente (Figura 36), y se le solicitó que las observen, toquen, huelan y prueben y generen todos los descriptores que las diferenciaran (usando su propio vocabulario y en cualquier número). Se les indicó que no debían utilizar términos hedónicos.

Luego, para cada atributo, debían **ordenar las muestras de acuerdo a su intensidad** sobre una línea anclada en el extremo izquierdo con “poco” y en el derecho con “mucho”, ambos términos referidos a la intensidad, permitiéndose empates. Cabe destacar que se recordó a los evaluadores que las distancias relativas entre las muestras no eran relevantes; lo importante era el orden en el cual se ubicaban las muestras (Gámbaro, 2016).

La repetitividad de la evaluación se estudió mediante el uso de un duplicado a ciegas: la muestra N° 6 se colocó por duplicado, tomándola como control (Veinand, 2011; Varela y Ares, 2012).

Cada evaluador realizó la prueba a su tiempo, descansando en los momentos en los que lo necesitaban. La sesión duró entre 45 minutos y 1,5 horas.



**Figura 36. Evaluación de las mermeladas formuladas**

### **Evaluación con consumidores**

Se evaluó la aceptabilidad global y de la untabilidad, sabor y color de las mermeladas con 140 consumidores (73% mujeres-27% varones, 18-60 años), en una escala hedónica verbal de 9 puntos, siguiendo un diseño de bloques incompletos aleatorizados.

De las características de textura deseables en una mermelada se estudió la untabilidad, por resultar muy importante en este tipo de productos (Lotufo Haddad, Margalef, Armada y Goldner, 2017; Koppel et al., 2011). Además, agregar más características para evaluar podría resultar cansador para el consumidor.

Para la evaluación de la untabilidad se proveyó de galletas sin sal y cuchara.

### **Análisis estadístico**

Los datos fisicoquímicos se analizaron con ANOVA. Para el análisis de los datos obtenidos del FP, se procedió a la construcción de matrices individuales para cada evaluador (mermelada x atributos), donde se ubicaron los valores de orden asignados por los evaluadores a cada muestra. Para muestras con igual valor de orden se usó un valor medio (Liu et al., 2016). A continuación se procedió a realizar el Análisis de Procrustes Generalizado (APG) (Gower, 1975), que es un procedimiento multivariado para el análisis de las respuestas de los evaluadores utilizando su propio vocabulario, con el cual se obtiene un mapa sensorial que permite describir los productos evaluados (Veinand, Godefroy, Adamb y Delarue, 2011). Además, se realizó un análisis jerárquico de conglomerados, por método Ward y distancia Euclidea para verificar la agrupación de la muestra 6 con su duplicado, como medida de repetitividad (Varela y Ares, 2012; Veinand et al., 2011); como así también, para definir grupos de mermeladas.

Los datos de aceptabilidad se estudiaron mediante ANOVA. La comparación múltiple de medias se llevó a cabo por la prueba de Tukey.

Los análisis estadísticos de los datos fisicoquímicos y de aceptabilidad se analizaron utilizando el software Infostat (versión 2016). Los datos del perfil rápido se estudiaron con el programa XLSTAT Premiun académico.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Datos fisicoquímicos**

El análisis de la varianza mostró diferencias significativas entre las muestras ( $P < 0,001$ ). El rango de pH fue de 3,03 a 3,63, valores obtenidos también por otros autores (Jiménez y Herrera, 2003; Featherstone, 2016). Los rangos de sólidos

solubles (35,2 a 43,4 °Brix) y de  $a_w$  (0,79-0,86) obtenidos fueron consecuencia de la proporción de azúcar utilizada para la formulación de las confituras.

## **Análisis sensorial**

### **Perfil sensorial**

#### *Vocabulario generado por los evaluadores*

Los descriptores generados por el panel pueden observarse en la Tabla 31. Cada evaluador utilizó entre 5 y 12 palabras, generándose 38 atributos sensoriales distintos. Se destacó el número de términos diferentes (19) para describir a la textura, tanto manual como bucal. Esto pudo deberse probablemente a que se trataba de evaluadores semi-entrenados (Delarue, 2015).

Los términos más mencionados fueron: dulzor, acidez, color rojo, brillo, consistencia y untabilidad, probablemente por ser las características que más diferenciaban a los productos evaluados, relevantes para los evaluadores. Es importante resaltar que el mayor número de mención de términos fue para los gustos, lo que refleja la costumbre de las personas de prestar más atención al sabor de los alimentos (Delarue, 2015). Entre los gustos se destaca el dulce como el más mencionado, debido seguramente al tipo de producto evaluado y por encontrarse entre los términos más utilizados en cualquier estudio descriptivo sensorial (Veinand et al., 2011).

Ningún evaluador mencionó términos hedónicos, quizás por tratarse de un panel semi-entrenado, que puede diferenciar términos objetivos de subjetivos más fácilmente que los consumidores. Veinand et al. (2011) encontró un resultado diferente en su trabajo de desarrollo de un perfil rápido con consumidores para té de limón. El porcentaje de términos hedónicos que obtuvo fue aproximadamente del 30%.

#### *Mapa sensorial y análisis de conglomerados*

Como se puede observar en la Figura 37, los evaluadores pudieron percibir diferencias y similitudes entre las confituras, a través de la identificación de características sensoriales. Las dos primeras dimensiones del mapa sensorial explicaron el 76,8% de la variabilidad de los datos. Las muestras se distribuyeron de izquierda a derecha desde M1 y M3 hasta M2, desde las formuladas con frutilla y tomate de árbol exclusivamente, disminuyendo la concentración de estos ingredientes hasta la muestra formulada solo con papa oca (M2). Así, se puede observar que las muestras de sabores más definidos formuladas únicamente con frutilla, tomate de árbol u oca se ubicaron lejos del centro del gráfico, encontrándose de forma cercana

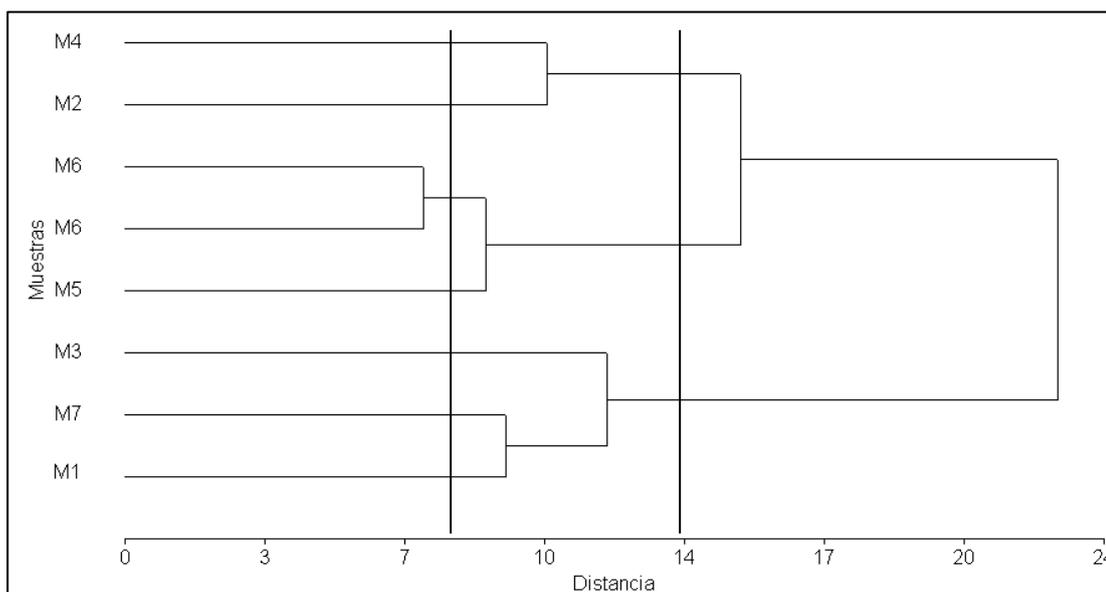
aquellas formuladas con las mezclas de los tres ingredientes. Un resultado similar obtuvo Liu et al. (2016) en su trabajo sobre evaluación sensorial mediante FP de vinos.

**Tabla 31. Términos y frecuencia de mención de los mismos en el FP de las mermeladas**

Término	Frecuencia de mención	Término	Frecuencia de mención
<b>Apariencia</b>		<b>Textura manual</b>	
Color rojo	5	Consistencia	4
Brillo	4	Untabilidad	4
Color amarillo	3	Dureza	3
Color	3	Adhesividad manual	3
Color naranja	2	Firmeza manual	2
Color marrón	1	Pegajosidad	1
Apariencia	1	Textura manual	1
Homogéneo	1	Adhesividad bucal	2
<b>Olor</b>		Cohesividad	2
Olor frutal	3	Masticabilidad	2
Olor a manzana	1	<b>Textura bucal</b>	
Olor (intensidad)	1	Grado de derretimiento en la boca	1
<b>Gustos básicos</b>		Elasticidad bucal	1
Acidez	6	Presencia de partículas	1
Dulzor	7	Humedad en la boca	1
<b>Sabor</b>		Cremosidad	1
Sabor frutal	1	Granulosidad	1
Sabor	1	Grumosidad	1
Sabor residual	1	Gomosidad bucal	1
Retrogusto frutal	1	Suavidad bucal	1
<b>Aroma</b>			
Aroma frutal	2		
Aroma	1		

A una distancia Euclídea de 14,0 en el dendograma (Figura 38) se pudieron distinguir tres grupos. El conglomerado I formado por las muestras M2 y M4, formuladas con las mayores proporciones de oca: 100 y 80 respectivamente, y caracterizadas por color “amarillo”, “marrón” y “naranja”, por ser productos “dulces”, “gomosos”, de “adhesividad manual” y “adhesividad bucal”, y “pegajosos”; contrario al “color rojo”, la “intensidad del color”, el “brillo”, el “olor frutal” y la “untabilidad”.





**Figura 38. Dendrograma**

El conglomerado II resultó un conjunto intermedio compuesto por las muestras M6 y su duplicado, y M5, ambas formuladas con concentraciones medias de oca (40 y 60, respectivamente). Estos productos se percibieron “consistentes”, “grumosos”, “dulces”, de “olor frutal” y “olor a manzana”, “adhesivos” y con “elasticidad bucal”.

El conglomerado III se compuso por las muestras M1, M3 y M7; formuladas con proporciones de frutilla: 100, tomate de árbol: 100 y la mayor proporción de ambas (40), respectivamente. Estas confituras se destacaron por la “intensidad del color”, el “color rojo”, el “brillo” y la “presencia de partículas”, gusto “ácido” y “dulce”, por el sabor, aroma, olor y retrogusto “frutal”, su “untabilidad”, “humedad” y “cremosidad bucal”. Fueron contrarias a los atributos de “firmeza”, “dureza bucal”, “granulosidad” y “adhesividad bucal” y “adhesividad manual”.

Cabe destacar que todas las muestras se percibieron igualmente “dulces”, probablemente por dos razones: 1) porque los evaluadores no pudieron diferenciar el dulzor entre los productos porque todos eran muy dulces o 2) porque generaron espontáneamente el término “dulce” debido al tipo de producto evaluado (Veinand et al., 2011).

Además de identificar las diferencias entre las muestras se pudieron observar asociaciones interesantes entre algunos atributos: “firmeza” con “dureza”; colores “naranja”, “marrón” y “amarillo”; “rojo” con la “intensidad del color” y con aroma, sabor y olor “frutal”. Moussaoui y Varela (2010) también encontraron este tipo de correlaciones entre atributos sensoriales en su trabajo.

El desempeño del panel se corroboró al observar que la muestra M6 y su duplicado se ubicaron muy próximos en el mapa sensorial y, a una distancia de 8,0 en el dendograma del análisis de conglomerados (Figura 38), ambas pertenecen al mismo grupo. Liu et al. (2016), Veinand et al. (2011) y Moussaoui y Varela (2010) hallaron resultados similares.

### Evaluación con consumidores

En la Tabla 32 se presentan los resultados de la evaluación de la aceptabilidad global y por atributos de las mermeladas formuladas.

Se puede observar que las muestras formuladas exclusivamente con papa andina (M2) y con tomate de árbol (M3) fueron las de menor aceptabilidad global.

**Tabla 32. Promedios de aceptabilidad global y por atributos de las mermeladas**

Muestra	O:F:TA	Aceptabilidad global	Untabilidad	Sabor	Color
M1	0:100:0	7,83±0,18c	7,95±0,18b	7,55±0,21cd	8,35±0,16c
M2	100:0:0	6,33±0,18a	5,80±0,17a	6,54±0,21ab	6,24±0,17a
M3	0:0:100	6,50±0,19ab	7,40±0,18b	6,08±0,23a	7,35±0,18b
M4	80:10:10	7,17±0,20bc	7,49±0,19b	7,22±0,23bcd	7,27±0,19b
M5	60:20:20	7,95±0,20c	7,59±0,19b	7,95±0,24cd	7,55±0,19b
M6	40:30:30	7,89±0,22c	7,84±0,21b	7,74±0,25cd	7,92±0,20bc
M7	20:40:40	7,66±0,23c	8,00±0,21b	6,89±0,27abc	7,89±0,21bc

Medias con letras diferentes entre filas indican diferencias significativas de aceptabilidad de ese atributo de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Respecto a la untabilidad, la confitura formulada con oca únicamente (M2) obtuvo el menor puntaje (calificó como “me gusta poco” en la escala hedónica), probablemente por ser la menos untable, siendo las demás similares en esta característica ( $p < 0,05$ ).

Las muestras elaboradas con la proporción oca:frutilla:tomate de árbol 80:10:10 (M4), 60:20:20 (M5) y 40:30:30 (M6), y la preparada solo con frutilla (M1) se percibieron más agradables en cuanto al sabor ( $p < 0,05$ ).

Respecto al color, se destaca que la confitura elaborada únicamente con frutilla (M1) y las preparadas con la mayor proporción de la misma (30 y 40, M6 y M7, respectivamente) obtuvieron puntajes de aceptabilidad correspondientes a “me gusta mucho” en la escala hedónica, probablemente por ser la fórmula más conocida en el mercado (Lotufo et al., 2017; Koppel et al., 2011).

## **CONCLUSIÓN**

El perfil rápido permitió obtener una caracterización de las mermeladas respecto a su aspecto (color y brillo), textura y sabor. Las mermeladas con características de color más rojo y gusto ácido (de frutilla, de tomate de árbol y de proporción oca:frutilla:tomate de árbol 20:40:40) fueron opuestas a las que se caracterizaron por ser más amarillas, marrones y naranjas, pegajosas y adhesivas (elaboradas solamente con la papa oca o con una alta proporción de la misma (80)).

La presencia de frutilla en las formulaciones fue determinante para que el producto sea agradable para el consumidor, ya que las mermeladas que no contenían este ingrediente resultaron de menor aceptabilidad global.

La untabilidad de la formulación preparada solamente con oca fue la que menos gustó, lo que destaca la importancia de combinar el tubérculo con otras frutas u hortalizas para desarrollar mermeladas de una untabilidad esperada por el consumidor.

Otra característica sensorial determinante de la aceptación de las mermeladas fue el color, ya que cuanto más rojo fue el producto, mayor puntaje de aceptabilidad recibió.

Este trabajo permitió concluir que se pueden formular mermeladas de sabores nuevos, utilizando materia prima regional combinada con frutas ya conocidas por el consumidor, revalorizando a los tubérculos andinos.

## **DESARROLLO DE MERMELADAS CON MEZCLAS DE FRUTILLA, MANZANA Y TUBÉRCULO OCA/COLLAREJA DE ALTO CONTENIDO EMOCIONAL**

Los objetivos fueron:

- Desarrollar mermeladas con mezclas de frutas y tubérculos andinos.
- Estudiar sus características sensoriales e instrumentales.
- Investigar la aceptabilidad y la respuesta emocional.
- Evaluar la relación entre variables sensoriales e instrumentales.
- Determinar las variables sensoriales, instrumentales y emocionales que condicionan la aceptabilidad.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Materia prima**

Se utilizó frutilla, manzana y tubérculos andinos: oca (*Oxalis tuberosa*) y collareja (*Solanum tuberosum L. subsp. Andigena Hawkes*) adquiridos en mercados locales. Los mismos se seleccionaron teniendo en cuenta que sean productos regionales para el caso de la frutilla y los tubérculos andinos, y que estén disponibles en el mercado para la manzana. Se tuvo en cuenta también la incorporación de un ingrediente convencional de mermeladas como es la frutilla y de uno no utilizado para formular este tipo de productos, como es la manzana, para evaluar cómo la combinación de ambas frutas con el tubérculo andino permitían obtener novedosas confituras de características sensoriales aceptadas por el consumidor. Además: ácido cítrico como agente acidulante (Sigma-Aldrich), sucralosa como edulcorante (Beneo Orafiti) e inulina como ingrediente prebiótico (Beneo Orafiti).

Los tubérculos andinos se caracterizaron morfológica y físicamente (Gómez, 2000), y se determinó el pH y sólidos solubles.

#### **Elaboración de las mermeladas**

La materia prima se lavó cuidadosamente. Las manzanas peladas y las frutillas se cortaron y se cocinaron en agua en ebullición (15 minutos) para inactivar las enzimas. A continuación, los ingredientes cocidos se procesaron y tamizaron hasta obtener un puré suave.

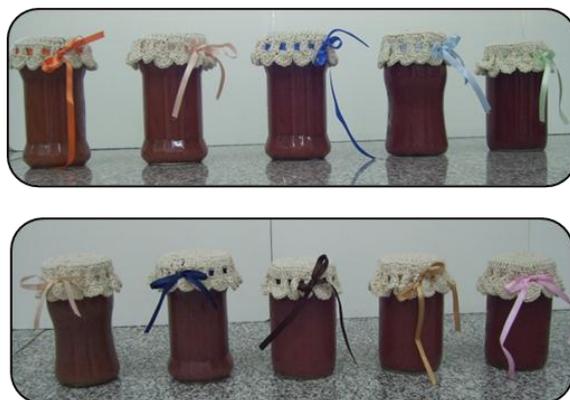
Los tubérculos andinos se cocinaron con cáscara (20 minutos); luego se pelaron y pisaron hasta obtener un puré de cada tubérculo (puré de oca y puré de collareja). Para formular cada mermelada, el puré de frutas se mezcló con el de uno de los tubérculos en diferentes proporciones (Tabla 33). Se agregaron los demás ingredientes a cada mezcla y se calentaron a  $85 \pm 5$  °C y 28,2 a 36,0 °Brix. Todas las muestras se almacenaron en frascos esterilizados y se mantuvieron refrigerados ( $4 \pm 1$

°C) (Figura 39). En la Figura 40 se puede observar el diagrama de flujo del proceso descripto.

**Tabla 33. Proporciones de frutilla:manzana de las mermeladas formuladas**

Muestra	Tipo de papa <sup>a</sup>	Proporción de frutilla:manzana
1	Oca	20:60
2	Oca	30:50
3	Oca	40:40
4	Oca	50:30
5	Oca	60:20
6	Collareja	20:60
7	Collareja	30:50
8	Collareja	50:30
9	Collareja	60:20
10	Collareja	40:40

<sup>a</sup> Todas las muestras se elaboraron con el tubérculo en una proporción de 20.



**Figura 39. Mermeladas elaboradas con mezclas de frutilla:manzana:oca y frutilla:manzana:collareja**

### Características fisicoquímicas de las mermeladas

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos:

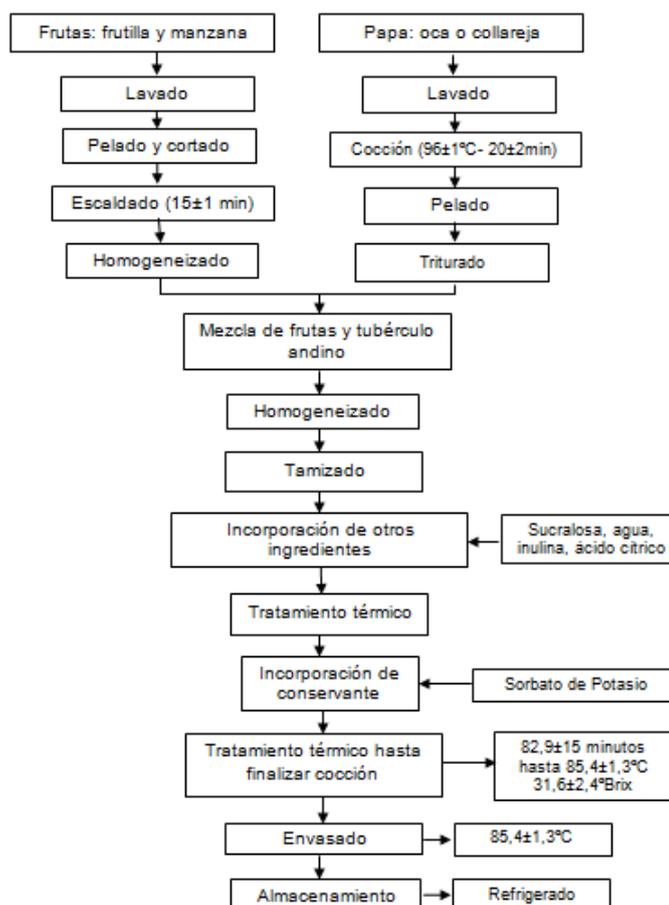
- **Sólidos solubles** (°Brix): a  $20 \pm 2$  °C con un refractómetro Milwaukee MA 871.
- **pH**: con un peachímetro Adwa AD12.
- **Actividad de agua** ( $a_w$ ): con un medidor de actividad de agua AQUA-Lab 3 TE.
- **Contenido de humedad** (g/100g): por deshidratación hasta peso constante a  $60 \pm 2$  °C en estufa.

Los análisis se hicieron por triplicado.

### Análisis instrumental de textura

El perfil de textura instrumental (TPA) se realizó con un texturómetro QTS Brookfield CNS Farrell (MA, USA), utilizando un accesorio cilíndrico de aluminio de 12,7 mm de diámetro interno y 35 mm de largo. Las condiciones en las que se realizó

la prueba fueron: velocidad de 5 mm/s, 10 mm de distancia y 100 g de carga, a 25 °C. Los parámetros registrados fueron: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad. El análisis se realizó por quintuplicado.



**Figura 40. Proceso de elaboración de las mermeladas**

### **Análisis instrumental de color**

El color de las mermeladas se midió con un colorímetro ColorTec-PCM, con sistema CIELAB, con un estándar de iluminación D<sub>65</sub>; Accuracy Microsensors Inc. (Pittford, NY, USA). Las muestras se colocaron en celdas de vidrio de 15 mm de alto y 55 mm de diámetro. Se registraron los parámetros L\* = luminosidad (0=negro, 100=blanco), a\* (-a\*=verde, +a\*=rojo) y b\* (-b\*=azul, +b\*=amarillo). Las pruebas se evaluaron por duplicado.

### **Análisis sensorial**

#### **Entrenamiento del panel**

Se entrenó un panel sensorial conformado por 9 evaluadores (con edades comprendidas entre 28 y 40 años) con experiencia previa en análisis sensorial para la realización del análisis descriptivo de los productos formulados (en 6 sesiones de 1 y

media hora cada una). Los panelistas fueron seleccionados y entrenados según las normas IRAM 20005 e IRAM 20001 (Tabla 34). Los atributos de color (rojo y marrón) fueron seleccionados durante una sesión de grupo focal (2 horas). En la Figura 41 se puede observar una sesión de entrenamiento.

**Tabla 34. Atributos y referencias utilizados para los descriptores de color, textura y gustos**

Atributos	Referencias
<b>Color</b>	
<b>Rojo</b>	Bajo: 10YR 25/284 Alto: 00YR 08/409 color de referencia (Martel S.A.)
<b>Marrón</b>	Bajo: 10YR 17/184 color de referencia (Martel S.A.)
<b>Textura</b>	
<b>Untabilidad</b>	Bajo: gelatina Alto: queso untable
<b>Gomosidad</b>	Bajo: escones Alto: caramelo de goma
<b>Dureza</b>	Bajo: queso untable Alto: gelatina
<b>Granulosidad</b>	Bajo: azúcar impalpable Alto: harina maíz
<b>Consistencia</b>	Bajo: agua Alto: yogur firme
<b>Gustos</b>	
<b>Dulzor</b>	Bajo: agua Alto: azúcar 6.0 g/100ml
<b>Acidez</b>	Bajo: agua Alto: ácido cítrico 0.2 g/100ml



**Figura 41. Sesión de entrenamiento del panel sensorial**

### **Prueba triangular**

Se realizó una prueba triangular expandida con elección forzada (IRAM 20008), con el objetivo de determinar diferencias entre las muestras elaboradas con el mismo tipo de tubérculo. La prueba consiste en presentar simultáneamente tres muestras al evaluador: dos iguales y una distinta, El evaluador debe indicar cuál es la muestra que

percibe diferente y explicar por qué. Se evaluaron 20 pares de muestras (resultado de la combinación de cinco mermeladas de cada tipo de papas), de 10 a 15 veces (ocho sesiones de 1,5 hs. cada una), en cabinas individuales bajo luz roja.

En la Figura 42 se observa a un evaluador realizando la prueba.



**Figura 42. Evaluador realizando la prueba triangular**

### **Perfil sensorial**

Se realizó el perfil sensorial de textura y el análisis descriptivo (IRAM 20012 y 20013) de gustos y colores utilizando una escala no estructurada de 10 cm (tres sesiones de 2 horas cada una). Las muestras se presentaron siguiendo un diseño de bloques completos aleatorizados. Las mermeladas elaboradas con oca y las preparadas con collareja se evaluaron con un descanso intermedio.

### **Pruebas con consumidores y estudio de emociones**

Se estudió la aceptabilidad de las mermeladas con 203 consumidores, de los cuales 103 (72 mujeres y 31 varones, con edades comprendidas entre 17 y 52 años) evaluaron las muestras preparadas con oca, y 100 (79 mujeres y 21 hombres, de edades entre 18 y 43 años), las preparadas con collareja. Se utilizó una escala no verbal de 9 puntos (donde 9 equivale a “me gusta muchísimo” y 1, a “me disgusta muchísimo”). Los consumidores evaluaron las muestras separadamente por tipo de papa, de acuerdo a un diseño de bloques completos aleatorizados. Además, en la misma planilla de evaluación los evaluadores debían expresar las emociones generaban el consumo de las confituras.

Para el estudio de las emociones, 540 consumidores evaluaron los conceptos generados en la prueba de aceptabilidad, en escalas de diferencial semántico de 9 puntos (de -4 a 4), ancladas con cada par de emociones opuestas. Cada consumidor probó sólo dos muestras, como recomienda King et al. (2010) y no se les dio ningún otro tipo de información sobre ellas.

Los consumidores que evaluaron la aceptabilidad y las emociones evocadas por el consumo de mermeladas eran habitantes de zonas urbanas de Salta.

Las pruebas sensoriales se realizaron en el Instituto de Investigaciones Sensoriales de Alimentos. Las muestras se presentaron a temperatura ambiente en vasos plásticos codificados con 3 números aleatorios. Se proveyó de agua mineral y galletas sin sal.

### **Análisis estadístico**

Los análisis estadísticos se realizaron por cada tipo de papa. Se llevó a cabo un ANOVA de los datos fisicoquímicos. Se usó la distribución binomial para calcular el nivel de significancia para la prueba triangular, basado en el número de juicios correctos. Los valores atípicos de los datos sensoriales se identificaron con la prueba de caja y bigote, el análisis *box-plot*. Para los datos obtenidos del perfil sensorial se realizó un ANOVA de acuerdo a un modelo mixto: evaluadores como factor aleatorio, muestras y repeticiones como factores fijos, e interacciones dobles de asesorx muestra, muestraxrepetición y repeticiónx asesor. Los datos del análisis de textura, de la medición de color y de las pruebas de aceptabilidad y respuesta emocional se estudiaron con un ANOVA de una vía. Se usó la regresión de mínimos cuadrados parciales (*Partial Least Square Regression 2*) (PLSR2) para estudiar la relación entre los 19 pares de emociones (variable Y) y los 9 descriptores sensoriales (variable X). El PCA se realizó para correlacionar la aceptabilidad con los atributos sensoriales, utilizando la matriz de correlación y autovalor igual a 1. Finalmente, la relación entre aceptabilidad y emociones fue investigada por el PLSR1, (variable Y=respuesta hedónica; y variable X= 19 pares de emociones).

Para la comparación múltiple de medias se llevó a cabo la prueba de Tukey. Todos los análisis estadísticos se hicieron usando el software Infostat, con  $P < 0,05$ .

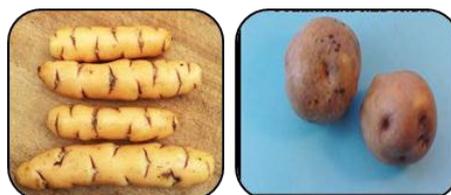
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Caracterización de los tubérculos andinos seleccionados**

La caracterización morfológica y física de los tubérculos andinos seleccionados puede observarse en la Tabla 35. La oca se caracteriza por tener una cáscara anaranjada de intensidad intermedia, forma alargada y ojos superficiales. La papa collareja es de color marrón, tiene forma redonda y ojos profundos. La Figura 43 expone fotografías de ambos tubérculos.

**Tabla 35. Caracterización morfológica y física de los tubérculos andinos seleccionados**

Tubérculo		Oca	Collareja
Color de la piel del tubérculo	Color predominante	Anaranjado con intensidad intermedia	Marrón
	Color secundario	Rosado en las cejas	Manchas dispersas color blanco-crema
Forma del tubérculo	General	Alargado	Redondo
	Profundidad de ojos	Superficial	Profundo
Color de la pulpa		Amarillo claro	Crema
pH		5,9±0,1	6,4±0,4
Sólidos solubles		4,3±0,3° Brix	4,1±0,2° Brix



**Figura 43. Tubérculos andinos caracterizados: oca y collareja**

#### **Características fisicoquímicas de las mermeladas**

El ANOVA mostró diferencias significativas entre las muestras ( $P < 0,001$ ) (Tabla 36). El rango de pH fue de 3,50 a 3,89. Los sólidos solubles (28,2 a 36,0 °Brix) y la  $a_w$  ( $> 0,950$ ) fueron consecuencia de la baja proporción de azúcar utilizada para la formulación de las confituras.

#### **Análisis sensorial**

##### **Prueba del triángulo**

Se realizaron un total de 268 triángulos. El número de juicios correctos necesarios para establecer diferencias significativas es entre 7 y 9 para un total de entre 10 y 15 pruebas. Todas las muestras se percibieron diferentes, salvo la muestra N° 10 (Tabla 33), consecuentemente, esta muestra se eliminó para hacer los siguientes análisis.

Los descriptores de textura y de gustos básicos utilizados luego en el análisis descriptivo se seleccionaron con el criterio de que debían ser mencionados al menos una vez por los asesores, cuando los triángulos fueran correctos. Así, se eligieron los

siguientes atributos: untabilidad, gomosidad, dureza, granulosidad, consistencia, dulzor y acidez.

**Tabla 36. Resultados de los análisis físico-químicos**

Muestra	Sólidos		pH	Humedad (g/100g)
	Solubles (° Brix)	$a_w$		
1	33.4±0.12d	0.979±0.001b	3.88±0.01c	64.2±5.44ab
2	36.0±0.10e	0.970±0.001a	3.50±0.03a	58.7±0.42a
3	28.2±0.12a	0.971±0.003a	3.63±0.01b	67.3±0.42ab
4	31.4±0.06b	0.967±0.001a	3.62±0.02b	71.7±0.57b
5	32.4±0.08c	0.970±0.001a	3.89±0.01c	68.4±0.21ab
6	32.2±0.19b	0.978±0.001b	3.76±0.01b	77.6±1.98b
7	29.6±0.46a	0.975±0.001b	3.81±0.005c	72.2±1.48ab
8	32.3±0.03b	0.964±0.002a	3.88±0.01d	67.2±1.56a
9	29.3±0.03a	0.977±0.002b	3.71±0.02a	67.2±0.52a
10	34.3±0.29c	0.977±0.001b	3.74±0.02b	72.2±0.14ab

Medias con letras diferentes entre columnas, para cada tipo de papa, indican que esos atributos para las mermeladas son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P<0,05$ ).

### Perfil sensorial

La Tabla 37 muestra los resultados del ANOVA de modelo mixto para atributos sensoriales. Nuevamente, como en el análisis de geles, los evaluadores fueron una fuente de variación significativa ( $P<0,05$ ) en algunas variables indicando que no todos usaron la escala de la misma manera, siendo esto algo típico para los datos sensoriales (Kreutzmann, 2007). El factor repetición no fue significativo entre las muestras excepto para el color rojo en las mermeladas preparadas con oca, y la dureza en las muestras con collareja. Estas medias muestran buena reproducibilidad entre los jueces. Hubo diferencias significativas para untabilidad, gomosidad y granulosidad ( $P<0,05$ ) y altamente significativas para el color rojo y la acidez ( $P<0,001$ ) en las muestras con oca. Las mermeladas con collareja mostraron diferencias más marcadas para dulzor ( $P<0,01$ ), colores, todos los atributos de textura y acidez ( $P<0,001$ ) (Tabla 37), probablemente por la composición de este tubérculo.

Tabla 37. Resultados del ANOVA de modelo mixto para atributos sensorial

	Valores de P											
	Mermeladas con papa oca						Mermeladas con papa collareja					
	Asesor	Muestra	Replicación	AxM	MxR	RxA	Asesor	Muestra	Replicación	AxM	MxR	RxA
<b>Grados de libertad</b>	8	4	2	32	8	16	8	3	2	24	6	16
<i>Textura</i>												
<b>Untabilidad</b>	0,002**	0,031*	0,130	0,050	0,020*	0,078	0,004**	0,000***	0,127	0,059	0,198	0,108
<b>Gomosidad</b>	0,001**	0,137	0,513	0,722	0,034*	0,084	0,106	0,000***	0,794	0,230	0,133	0,000***
<b>Dureza</b>	0,000***	0,064	0,591	0,011*	0,050	0,116	0,020*	0,000***	0,038*	0,030*	0,008**	0,227
<b>Granulosidad</b>	0,029*	0,010*	0,427	0,511	0,007**	0,287	0,003**	0,000***	0,723	0,067	0,000***	0,006**
<b>Consistencia</b>	0,079	0,538	0,413	0,052	0,050	0,083	0,242	0,000***	0,852	0,060	0,000***	0,682
<i>Color</i>												
<b>Rojo</b>	0,239	0,000***	0,001**	0,306	0,000***	0,826	0,110	0,000***	0,274	0,057	0,057	0,193
<b>Marrón</b>	0,768	0,060	0,995	0,018*	0,013*	0,006**	0,771	0,000***	0,065	0,014*	0,265	0,009**
<i>Gustos</i>												
<b>Dulzor</b>	0,002**	0,438	0,089	0,024*	0,554	0,804	0,053	0,005**	0,129	0,032*	0,423	0,104
<b>Acidez</b>	0,015*	0,000***	0,221	0,449	0,157	0,076	0,101	0,000***	0,823	0,057	0,146	0,003**
*P<0,05	**P<0,01	***P<0,001										

La interacción asesorxmuestra fue significativa para el color marrón, la dureza y el dulzor ( $P < 0,05$ ) lo que indica que no siempre evaluaron las muestras de la misma manera. Esto pudo deberse a falta de entrenamiento en la medición de estos tres atributos.

Los valores medios del perfil sensorial pueden observarse en la Tabla N° 38. Respecto a las muestras formuladas con papa oca, se puede observar que la mermelada con menor proporción de frutilla y la mayor de manzana (20:60) fue más untable que aquella formulada con igual cantidad de frutilla y manzana (40:40), y más granulosa que la muestra formulada con mayor cantidad de frutilla (50) ( $P < 0,05$ ). No se encontraron diferencias en la gomosidad, dureza y consistencia. Las mermeladas formuladas con las mayores proporciones de frutilla (proporciones de 50 y de 60) se destacaron por su color rojo ( $P < 0,05$ ) y por el incremento de la intensidad del color cuando aumenta la proporción de frutilla, como era esperado. Koppel et al. (2011) hallaron resultados similares en su estudio sobre mermeladas de frutilla. Las mermeladas con la mayor proporción de manzana (60) fueron más marrones. El aumento de la intensidad de la acidez pudo deberse al alto contenido de frutilla en las confituras (Tabla N° 38).

En lo que se refiere a las muestras formuladas con papa collareja y teniendo en cuenta los atributos de textura, la formulación N° 7, con alta proporción de manzana (50), fue diferente ( $P < 0,05$ ) destacándose por su gomosidad, dureza, granulosidad, consistencia y baja untabilidad. La intensidad del color rojo aumentó con el aumento de la proporción de frutilla ( $P < 0,05$ ). De la misma manera, la muestra 9, con la mayor proporción de frutilla (60) fue significativamente menos marrón (Tabla 38). Finalmente, la mermelada N° 6 con la menor proporción de frutilla (20) se percibió más dulce y menos ácida. En general, la acidez de las muestras aumentó cuando se incrementó la cantidad de frutilla y se disminuyó la de manzana. Esto no fue evidente en la percepción del dulzor, que ejerció un efecto moderador en la percepción de la acidez (Tabla 38). Este efecto de enmascaramiento del dulzor por la percepción de la acidez también fue reportado por Koppel et al. (2011) en mermeladas de frutilla.

### **Análisis instrumental de textura y color**

El ANOVA de las mediciones de textura instrumental mostró más diferencias en las mermeladas preparadas con collareja. La masticabilidad y la adhesividad ( $P < 0.05$ ), la gomosidad ( $P < 0.01$ ), la dureza y la elasticidad ( $P < 0.001$ ) se vieron afectadas entre las muestras de collareja, mientras que para confituras formuladas con oca, solo la adhesividad ( $P < 0.01$ ). Esto podría estar relacionado con el mayor contenido de almidón de la papa collareja (Cruz et al., 2016).

Tabla 38. Valores medios  $\pm$  desvío estándar del perfil sensorial

Atributo	Muestras								
	Mermeladas con papa oca				Mermeladas con papa collareja				
Proporción frutilla:manzana	20:60	30:50	40:40	50:30	60:20	20:60	30:50	50:30	60:20
n° de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Textura</b>									
Untabilidad	10,1 $\pm$ 0,13b	9,35 $\pm$ 0,25ab	8,92 $\pm$ 0,35a	9,48 $\pm$ 0,21 ab	9,40 $\pm$ 0,27ab	9,46 $\pm$ 0,19b	6,70 $\pm$ 0,49a	8,70 $\pm$ 0,32b	8,31 $\pm$ 0,46b
Gomosidad	1,90 $\pm$ 0,20a	2,10 $\pm$ 0,19a	2,20 $\pm$ 0,20a	1,88 $\pm$ 0,14a	2,41 $\pm$ 0,20a	2,16 $\pm$ 0,24a	3,68 $\pm$ 0,36b	2,26 $\pm$ 0,18a	1,50 $\pm$ 0,10a
Dureza	2,00 $\pm$ 0,20a	2,37 $\pm$ 0,25a	1,79 $\pm$ 0,15a	1,69 $\pm$ 0,13a	1,91 $\pm$ 0,18a	1,81 $\pm$ 0,12a	4,21 $\pm$ 0,39b	2,04 $\pm$ 0,13a	2,30 $\pm$ 0,32a
Granulosidad	6,18 $\pm$ 0,42b	5,30 $\pm$ 0,48ab	5,05 $\pm$ 0,53ab	4,01 $\pm$ 0,37a	4,04 $\pm$ 0,32ab	4,77 $\pm$ 0,46a	6,73 $\pm$ 0,48b	4,22 $\pm$ 0,49a	3,82 $\pm$ 0,42a
Consistencia	6,49 $\pm$ 0,44a	6,73 $\pm$ 0,37a	6,88 $\pm$ 0,35a	6,79 $\pm$ 0,32a	7,36 $\pm$ 0,32a	6,43 $\pm$ 0,36a	9,09 $\pm$ 0,13b	7,33 $\pm$ 0,34a	6,64 $\pm$ 0,38a
<b>Color</b>									
Rojo	1,72 $\pm$ 0,70a	3,45 $\pm$ 0,34b	6,43 $\pm$ 0,58c	9,91 $\pm$ 0,14d	9,32 $\pm$ 0,25d	1,49 $\pm$ 0,11a	2,07 $\pm$ 0,14a	5,27 $\pm$ 0,58b	8,94 $\pm$ 0,21c
Marrón	5,66 $\pm$ 0,57b	5,38 $\pm$ 0,58ab	4,77 $\pm$ 0,60ab	3,50 $\pm$ 0,49a	3,71 $\pm$ 0,53a	7,01 $\pm$ 0,57b	7,63 $\pm$ 0,47b	6,09 $\pm$ 0,62b	3,60 $\pm$ 0,41a
<b>Gustos</b>									
Dulzor	7,37 $\pm$ 0,38a	7,61 $\pm$ 0,38a	8,44 $\pm$ 0,31a	8,07 $\pm$ 0,46a	7,60 $\pm$ 0,44a	9,33 $\pm$ 0,22b	7,76 $\pm$ 0,31a	6,70 $\pm$ 0,42a	7,33 $\pm$ 0,48a
Acidez	5,17 $\pm$ 0,49a	6,43 $\pm$ 0,45ab	6,59 $\pm$ 0,41ab	7,79 $\pm$ 0,33bc	8,30 $\pm$ 0,28c	3,93 $\pm$ 0,45a	5,81 $\pm$ 0,43b	7,38 $\pm$ 0,40bc	8,30 $\pm$ 0,31bc

Medias con letras diferentes entre columnas, por cada tipo de papa, indican que esos atributos en las mermeladas son significativamente diferentes entre sí ( $p < 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de Tukey.

La luminosidad ( $L^*$ ) fue altamente significativa ( $P < 0.001$ ) en todas las muestras, El parámetro  $a^*$  (del rojo al verde) fue diferente ( $P < 0.01$ ) para las mermeladas con collareja, mientras que el parámetro  $b^*$  (del amarillo al azul) fue diferente en aquellas formuladas con oca ( $P < 0.001$ ).

Las medias y errores estándares de los análisis instrumentales de textura y color se pueden observar en la Tabla N° 39. Las muestras N° 1 y N° 6 con la mayor proporción de manzana (60) fueron las más luminosas. Las muestras N° 2, N° 4 y N° 5 se destacaron por el amarillo ( $b^*$ ). No se encontraron diferencias entre las muestras con collareja respecto a esta variable, lo que indica una contribución significativa del tubérculo oca a la misma. Por el contrario, el parámetro  $a^*$  en mermeladas de oca no fue diferente, y las muestras N° 7 and N° 9 (collareja) resultaron más rojas ( $a^*$ ). Estos resultados mostraron la influencia del uso de diferentes ingredientes en las características instrumentales.

### **Correlación entre variables sensoriales e instrumentales**

Los principales coeficientes de Pearson (Tabla 40) mostraron que la untabilidad se correlacionó negativamente con cuatro variables de textura sensorial ( $P < 0.01$ ) y con la dureza instrumental y la cohesividad ( $P < 0.01$ ). Por otra parte, ésta se correlacionó con el dulzor y la acidez ( $P < 0.05$ ).

En cuanto a las mediciones de color, las mermeladas más rojas resultaron menos marrones ( $r = -0.533$ ,  $P < 0.01$ ), como reportó Koppel et al. (2011) con mayor luminosidad ( $r = 0.594$ ,  $P < 0.01$ ). El amarillo se correlacionó negativamente con  $L^*$  ( $r = -0.708$ ,  $P < 0.05$ ).

En resumen, la untabilidad fue la variable que correlacionó con más variables, lo que sugiere que debe considerarse una importante característica sensorial.

Vilela et al. (2015) también encontraron este tipo de correlaciones, afirmando que esta depende de los frutos rojos utilizados. Las formulaciones realizadas en este trabajo tuvieron dos novedosos ingredientes – ambos tubérculos andinos - que generaron cambios en la textura, color y gusto.

Tabla 39. Valores medios  $\pm$  desvío estándar de los análisis instrumentales de textura y color

Proporción frutilla:manzana	Muestras								
	Mermeladas con papa oca					Mermeladas con papa collareja			
	20:60	30:50	40:40	50:30	60:20	20:60	30:50	50:30	60:20
n° de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Textura</b>									
Gomosidad	9,52 $\pm$ 1,31a	9,12 $\pm$ 0,31a	7,70 $\pm$ 0,73a	8,78 $\pm$ 0,47a	9,40 $\pm$ 0,67a	8,40 $\pm$ 1,18a	17,8 $\pm$ 2,21b	9,14 $\pm$ 2,43a	8,54 $\pm$ 0,61a
Dureza	13,4 $\pm$ 1,44a	13,8 $\pm$ 1,11a	12,0 $\pm$ 1,76a	11,8 $\pm$ 0,37a	13,8 $\pm$ 1,16a	15,8 $\pm$ 4,80a	34,4 $\pm$ 2,58b	14,0 $\pm$ 3,38a	13,2 $\pm$ 1,50a
Masticabilidad	58,7 $\pm$ 13,7a	44,2 $\pm$ 4,05a	32,0 $\pm$ 8,54a	39,6 $\pm$ 5,46a	47,4 $\pm$ 4,84a	34,8 $\pm$ 5,57a	102 $\pm$ 20,1b	44,8 $\pm$ 21,5ab	38,3 $\pm$ 6,08a
Elasticidad	5,80 $\pm$ 0,70a	4,73 $\pm$ 0,32a	3,92 $\pm$ 0,62a	4,45 $\pm$ 0,41a	5,02 $\pm$ 0,31a	4,08 $\pm$ 0,15a	7,03 $\pm$ 0,98b	4,52 $\pm$ 0,64a	4,40 $\pm$ 0,39a
Adhesividad	-47,7 $\pm$ 9,13a	-53,2 $\pm$ 10,9a	-11,5 $\pm$ 21,2b	-27,3 $\pm$ 8,59ab	-57,2 $\pm$ 10,1a	-32,5 $\pm$ 7,12b	-95,0 $\pm$ 5,27a	-51,7 $\pm$ 23,6ab	-38,1 $\pm$ 10,1b
Cohesividad	-0,70 $\pm$ 0,03a	-0,69 $\pm$ 0,04a	-0,68 $\pm$ 0,04a	-0,74 $\pm$ 0,03a	-0,69 $\pm$ 0,02a	-0,60 $\pm$ 0,06a	-0,62 $\pm$ 0,05a	-0,65 $\pm$ 0,04a	-0,66 $\pm$ 0,05a
<b>Color</b>									
L*	33,5 $\pm$ 0,16d	24,7 $\pm$ 0,06b	25,2 $\pm$ 0,12b	23,6 $\pm$ 0,00a	27,0 $\pm$ 0,06c	32,7 $\pm$ 0,04c	28,2 $\pm$ 0,49a	31,1 $\pm$ 0,01b	27,7 $\pm$ 0,05a
a*	25,1 $\pm$ 0,26a	26,0 $\pm$ 0,06a	26,4 $\pm$ 0,37a	25,1 $\pm$ 0,05a	25,9 $\pm$ 0,40a	24,0 $\pm$ 0,22a	26,7 $\pm$ 0,17bc	25,0 $\pm$ 0,77ab	29,1 $\pm$ 0,28c
b*	32,3 $\pm$ 0,78a	60,9 $\pm$ 0,11c	43,5 $\pm$ 2,86b	59,0 $\pm$ 5,00c	63,0 $\pm$ 2,00c	22,9 $\pm$ 0,18a	53,5 $\pm$ 12,5a	36,6 $\pm$ 6,18a	27,4 $\pm$ 0,88a

Medias con letras diferentes entre columnas, por cada tipo de papa, indican que esos atributos en las mermeladas con significativamente diferentes entre sí ( $p < 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de Tukey.

Tabla 40. Coeficientes de Pearson en la correlación entre datos sensoriales e instrumentales

		<i>Atributos sensoriales</i>					<i>Datos instrumentales</i>						
		Consistencia	Granulosidad	Dureza	Gomosidad	Untabilidad	Dulzor	Acidez	Adhesividad	Elasticidad	Masticabilidad	Dureza	Cohesividad
<i>Atributos sensoriales</i>	Granulosidad	0,232**											
	Dureza	0,337**	0,340**										
	Gomosidad	0,281**	0,394**	0,681**									
	Untabilidad	-0,307**	-0,227**	-0,693**	-0,523**								
	Dulzor	0,108	-0,159*	-0,181**	-0,159*	0,278**							
	Acidez	-0,078	-0,180**	-0,205**	-0,200**	0,188**	-0,094						
<i>Datos instrumentales</i>	Adhesividad	-0,185	0,127	-0,127	0,180	0,246	0,119	-0,157					
	Elasticidad	0,158	0,149	0,147	0,066	-0,132	0,069	-0,079	-0,711**				
	Masticabilidad	0,234	0,059	0,020	0,044	-0,102	0,139	0,009	-0,690**	0,849**			
	Dureza	0,405**	0,158	0,300*	0,208	-0,386**	0,062	-0,035	-0,679**	0,684**	0,748**		
	Cohesividad	0,159	0,007	0,234	-0,177	-0,385**	-0,008	-0,021	-0,321	-0,030	-0,018	0,387**	
	Gomosidad	0,330*	0,089	0,122	0,144	-0,223	0,071	0,033	-0,701**	0,774**	0,911**	0,897**	0,058

\*  $P < 0,05$  \*\*  $P < 0,01$

## **Evaluación de aceptabilidad y de emociones generadas por el consumo de las mermeladas**

La comparación de medias para la aceptabilidad se muestra en la Tabla 41. Las mermeladas formuladas con tubérculo oca obtuvieron una aceptabilidad media que osciló entre 6,20 y 7,00 (“me gusta poco” – “me gusta moderadamente”). La muestra N° 4, con una proporción de frutilla de 50, obtuvo el puntaje más elevado. No se encontraron diferencias entre las muestras formuladas con papa collareja. En general, la aceptabilidad de las mermeladas aumentó cuando se incrementó la proporción de frutilla.

Respecto a la evaluación de las emociones generadas por el consumo de las mermeladas, los consumidores mencionaron un total de 476 conceptos, de los cuales 320 fueron diferentes. Algunos ejemplos de esos términos fueron: “tardes de otoño”, “mermelada de la abuela”, “días de campo”, “caramelos de frutas”, “compotas de frutas”, “comida para bebés”, “buenos recuerdos” y “días lluviosos”. La mayoría de las emociones evocadas tuvieron una connotación positiva, similar a lo expuesto por Gutjar et al. (2015). Del grupo de términos se seleccionaron 19, bajo el criterio de haber sido mencionados por al menos cinco consumidores. Se definieron los antónimos de cada palabra con el objetivo de construir 19 pares de emociones con significado opuesto, listados en la Tabla 41. Como se puede observar, los términos surgen del propio consumidor, de acuerdo a lo sugerido por Ares et al. (2015, 2016).

Se realizó la evaluación de emociones con 540 consumidores. Distintos estudios han evaluado la respuesta emocional de productos alimenticios usando diferentes números de evaluadores: Collinsworth et al. (2014) evaluó una bebida carbonatada comercial sabor naranja con 217 consumidores, Spinelli et al. (2014) estudiaron bebidas lácteas comerciales y productos para untar de chocolate y avellanas con 219 y 238 evaluadores, respectivamente; Seo et al. (2009) analizaron productos lácteos comerciales con 100 panelistas, Piqueras-Fiszman y Jaeger (2015) hicieron tres estudios emocionales en comidas, con entre 400 y 500 individuos. Sin embargo, aún no se ha definido el número adecuado de individuos para este tipo de prueba. De acuerdo con los autores citados, se consideró que la cantidad de consumidores con la que se trabajó era apropiada para la evaluación de emociones. De todas maneras es necesaria mayor investigación respecto a este tema.

En cuanto a las mermeladas con oca, hubo diferencias en la percepción de 10 respuestas emocionales (Tabla 41). Se puede observar que la muestra N° 1, con la menor proporción de frutilla, se destacó por evocar las emociones de “alegría”, “raro” y resultar de “sabor suave”. La muestra N° 2 (con una proporción frutilla:manzana 30:50) evocó sensaciones de "vacaciones" y "dietético". La muestra N° 3, de igual proporción

Tabla 41. Valores medios  $\pm$  desvío estándar de las pruebas de aceptabilidad y emociones

Atributo	Muestras								
	Mermeladas con papa oca					Mermeladas con papa collareja			
	20:60	30:50	40:40	50:30	60:20	20:60	30:50	50:30	60:20
Proporción frutilla:manzana	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nº de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Aceptabilidad</b>	6,20 $\pm$ 1,65a	6,90 $\pm$ 1,27ab	6,60 $\pm$ 1,70ab	7,00 $\pm$ 1,69b	6,40 $\pm$ 1,67ab	6,40 $\pm$ 1,57a	6,50 $\pm$ 1,51a	6,30 $\pm$ 1,69a	6,80 $\pm$ 1,66a
<b>Industrial/ Casero</b>	2,32 $\pm$ 0,26a	1,88 $\pm$ 0,26a	2,20 $\pm$ 0,26a	1,97 $\pm$ 0,26a	1,58 $\pm$ 0,26a	1,30 $\pm$ 0,26ab	2,27 $\pm$ 0,27b	1,95 $\pm$ 0,27ab	1,17 $\pm$ 0,26a
<b>Atípico/Típico</b>	1,28 $\pm$ 0,27a	0,95 $\pm$ 0,27a	1,45 $\pm$ 0,27a	1,33 $\pm$ 0,27a	0,97 $\pm$ 0,27a	-0,45 $\pm$ 0,27a	0,64 $\pm$ 0,28b	0,37 $\pm$ 0,28ab	0,47 $\pm$ 0,27ab
<b>Alóctono/ Autóctono</b>	1,88 $\pm$ 0,23a	1,48 $\pm$ 0,23a	1,65 $\pm$ 0,23a	1,65 $\pm$ 0,23a	1,53 $\pm$ 0,23a	0,48 $\pm$ 0,23a	1,39 $\pm$ 0,23bc	1,68 $\pm$ 0,23c	0,77 $\pm$ 0,23ab
<b>Tristeza/Felicidad</b>	2,18 $\pm$ 0,21b	1,93 $\pm$ 0,21ab	2,23 $\pm$ 0,21b	1,82 $\pm$ 0,21ab	1,35 $\pm$ 0,21a	0,88 $\pm$ 0,21a	1,73 $\pm$ 0,21bc	2,03 $\pm$ 0,21c	1,00 $\pm$ 0,21ab
<b>Pasado/Presente</b>	-0,32 $\pm$ 0,28abc	-0,43 $\pm$ 0,28ab	0,72 $\pm$ 0,28c	-0,62 $\pm$ 0,28a	0,63 $\pm$ 0,28bc	0,20 $\pm$ 0,28a	0,08 $\pm$ 0,29a	-0,37 $\pm$ 0,29a	0,22 $\pm$ 0,28a
<b>Adulter/ Niñez</b>	1,37 $\pm$ 0,28a	0,65 $\pm$ 0,28a	0,58 $\pm$ 0,28a	0,73 $\pm$ 0,28a	0,53 $\pm$ 0,28a	-0,20 $\pm$ 0,28a	1,17 $\pm$ 0,28b	1,31 $\pm$ 0,28b	0,20 $\pm$ 0,28a
<b>Artificial/Natural</b>	1,93 $\pm$ 0,26b	1,70 $\pm$ 0,26b	2,22 $\pm$ 0,26b	1,75 $\pm$ 0,26b	0,68 $\pm$ 0,26a	0,67 $\pm$ 0,26a	2,31 $\pm$ 0,27b	2,14 $\pm$ 0,27b	1,72 $\pm$ 0,26b
<b>Enfermedad/Salud</b>	1,75 $\pm$ 0,23ab	1,15 $\pm$ 0,23a	2,58 $\pm$ 0,23b	1,52 $\pm$ 0,23a	1,22 $\pm$ 0,23a	1,58 $\pm$ 0,23a	2,42 $\pm$ 0,23b	1,97 $\pm$ 0,23ab	1,48 $\pm$ 0,23a
<b>No atractivo/Atractivo</b>	2,08 $\pm$ 0,25b	2,27 $\pm$ 0,25b	1,87 $\pm$ 0,25b	1,83 $\pm$ 0,25b	0,77 $\pm$ 0,25a	0,23 $\pm$ 0,25a	1,75 $\pm$ 0,25b	1,47 $\pm$ 0,25b	0,82 $\pm$ 0,25ab
<b>Común/Raro</b>	0,32 $\pm$ 0,26b	-1,12 $\pm$ 0,26a	-0,77 $\pm$ 0,26ab	-0,38 $\pm$ 0,26ab	-0,42 $\pm$ 0,26ab	0,22 $\pm$ 0,26a	0,31 $\pm$ 0,27a	-0,64 $\pm$ 0,27a	-0,40 $\pm$ 0,26a
<b>Tradicional/ Exótico</b>	-1,48 $\pm$ 0,27a	-1,70 $\pm$ 0,27a	-1,57 $\pm$ 0,27a	-0,05 $\pm$ 0,27b	-0,82 $\pm$ 0,27ab	-0,23 $\pm$ 0,27a	0,07 $\pm$ 0,27a	-0,76 $\pm$ 0,27a	-0,72 $\pm$ 0,27a
<b>En soledad/En familia</b>	1,48 $\pm$ 0,25a	1,92 $\pm$ 0,25a	1,20 $\pm$ 0,25a	1,13 $\pm$ 0,25a	1,60 $\pm$ 0,25a	0,52 $\pm$ 0,25a	1,59 $\pm$ 0,26b	1,42 $\pm$ 0,26b	1,08 $\pm$ 0,25ab
<b>Rutina/Vacaciones</b>	-0,03 $\pm$ 0,28bc	0,33 $\pm$ 0,28c	-1,13 $\pm$ 0,28ab	0,57 $\pm$ 0,28c	-1,15 $\pm$ 0,28a	-0,58 $\pm$ 0,28a	0,19 $\pm$ 0,28a	-0,07 $\pm$ 0,28a	-0,03 $\pm$ 0,28a
<b>Rural/Urbano</b>	-0,47 $\pm$ 0,30a	-0,55 $\pm$ 0,30a	-0,13 $\pm$ 0,30a	-0,38 $\pm$ 0,30a	0,27 $\pm$ 0,30a	-1,08 $\pm$ 0,30a	-0,90 $\pm$ 0,30a	-0,76 $\pm$ 0,30a	-0,25 $\pm$ 0,30a
<b>No dietético/Dietético</b>	-0,45 $\pm$ 0,30ab	0,23 $\pm$ 0,30b	-0,17 $\pm$ 0,30ab	-0,07 $\pm$ 0,30b	-1,30 $\pm$ 0,30a	0,58 $\pm$ 0,30a	0,49 $\pm$ 0,30a	0,12 $\pm$ 0,30a	-0,45 $\pm$ 0,30a
<b>Displacer/ Placer</b>	1,38 $\pm$ 0,22a	1,73 $\pm$ 0,22a	1,93 $\pm$ 0,22a	1,32 $\pm$ 0,22a	1,47 $\pm$ 0,22a	0,63 $\pm$ 0,22a	1,81 $\pm$ 0,23b	1,97 $\pm$ 0,23b	0,93 $\pm$ 0,22a
<b>Calidez/ Frescura</b>	1,23 $\pm$ 0,29a	1,02 $\pm$ 0,29a	0,87 $\pm$ 0,29a	1,15 $\pm$ 0,29a	0,18 $\pm$ 0,29a	0,25 $\pm$ 0,29a	1,24 $\pm$ 0,29a	0,93 $\pm$ 0,29a	0,93 $\pm$ 0,29a
<b>Sabor fuerte /Sabor suave</b>	0,87 $\pm$ 0,31b	0,30 $\pm$ 0,31ab	0,50 $\pm$ 0,31b	0,08 $\pm$ 0,31ab	-0,82 $\pm$ 0,31a	0,98 $\pm$ 0,31a	0,80 $\pm$ 0,32a	0,88 $\pm$ 0,32a	0,17 $\pm$ 0,31a
<b>Buen sabor/Mal sabor</b>	-2,25 $\pm$ 0,22a	-1,15 $\pm$ 0,22a	-2,30 $\pm$ 0,22a	-1,82 $\pm$ 0,22a	-1,70 $\pm$ 0,22a	-2,07 $\pm$ 0,22ab	-2,64 $\pm$ 0,23b	-2,29 $\pm$ 0,23ab	-1,70 $\pm$ 0,22a

Medias con letras diferentes entre columnas, por cada tipo de papa, indican que la aceptabilidad y emociones en las mermeladas con significativamente diferentes entre sí ( $p < 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de Tukey.

de frutilla y manzana, estuvo relacionada con la "alegría", el "presente", la "salud" y el "sabor suave". La muestra N° 4 (proporción frutilla:manzana 50:40) se relacionó con "pasado", "vacaciones" y "no dietético". La muestra N° 5, la de mayor proporción de frutilla, se destacó en las emociones de "sabor fuerte", "rutina" y "no dietético". Todas las muestras evocaron recuerdos de "casero", "típico", "autóctono", "infancia", "en familia" y "rural", y sensaciones de "placer", "frescura" y "buen estado".

En lo referido a los productos formulados con collareja (Tabla 41), las mermeladas se diferenciaron en 11 emociones evocadas. Se puede observar que la muestra N° 6, preparada con la menor proporción de frutilla, se caracterizó por ser "atípica". Por otro lado, las muestras N° 7 y N° 8 (proporciones frutilla:manzana 30:50 y 50:30) se destacaron por evocar asociaciones a "placer", "infancia" y "atractivo", además de "casero", "típico", "saludable" y "buen estado" para la mermelada N° 7, y "autóctono" y "alegría" para la confitura N° 8. La formulación N° 9, con mayor proporción de frutilla, se consideró menos "casera". En conclusión, se puede afirmar que las muestras con collareja producen sensaciones tales como "presente", "raro", "tradicional", "rutina", "rural" y "dietético", como así también, "frescura" y "sabor suave".

En resumen, se observó un cambio en algunas emociones evocadas cuando la proporción de frutillas llegó a 50-60, de "vacaciones" a "rutina", de "sabor suave" a "sabor fuerte", de "dietético" a "no dietético", de "atípico" a "típico". Cabe destacar que este cambio fue más evidente para las muestras preparadas con oca que para las elaboradas con collareja.

Es probable que, con una proporción de frutilla de entre 50 y 60, las confituras se parecían más a una mermelada tradicional de esta fruta. Este resultado es consistente con los de aceptabilidad y de color sensorial, y con las expectativas de los consumidores (Piqueras-Fizman y Jaeger, 2015).

### **Relación entre atributos sensoriales, emociones y aceptabilidad**

#### Regresión de mínimos cuadrados parciales (PLSR2): emociones vs. atributos sensoriales

La Figura 44 muestra la relación entre los nueve atributos sensoriales y los 19 pares de emociones. Las dos primeras componentes explicaron el 60,1% de la varianza. Según Seo et al. (2009) se interpretó que un atributo sensorial estuvo relacionado con el "lado negativo de la escala" de un par de emociones opuestas cuando se encontraba en el cuadrante opuesto, y con el "lado positivo" cuando se encontraba en el mismo cuadrante.

En el primer cuadrante, los atributos de textura tales como consistencia, granulosidad, gomosidad y dureza se correlacionaron con "buen estado", "casero",

“vacaciones”, “frescura”, “alegría”, “natural” e “infancia” asociados con la muestra N° 7. En el segundo cuadrante, el color marrón se relacionó con "sabor suave", "dietético", "raro", "rural", "pasado", "atípico" y “alóctono”. A lo largo del eje y, el dulzor fue opuesto a "placer" y “en familia” relacionado con las muestras N° 1, N° 2 y N° 6. En el tercer y cuarto cuadrantes, se puede ver que la untabilidad, el color rojo y la acidez se correlacionaron con “urbano”, “presente”, “típico” y “autóctono” opuesto a “salud”, “raro”, “dietético” y “sabor suave”, asociado a las muestras N° 3, 4, 5, 8 y 9.

#### Análisis de componentes principales: aceptabilidad vs. atributos sensoriales

El PCA de la matriz de correlación de las mermeladas y sus características sensoriales se puede observar en la Figura 45, donde las dos primeras componentes explicaron el 77,9% de la varianza y el análisis de conglomerados permitió determinar tres grupos. Como se puede observar a lo largo de la componente principal N° 1, de izquierda a derecha, la aceptabilidad está claramente relacionada con la acidez, el color rojo y la untabilidad, asociada con las muestras N° 3, 4, 5 y 9 (grupo I). La muestra N° 7 (grupo II) está relacionada con atributos de textura - consistencia, dureza y gomosidad - contrario a la respuesta hedónica. Finalmente, un grupo intermedio (muestras N° 1, 2, 6 y 8, grupo III) se relacionó con el dulzor, el color marrón, la granulosidad, menor acidez y aceptabilidad. Koppel et al. (2011) concluyeron que existen tres grupos principales de mermeladas de frutilla: (1) mermeladas dulces, rojas y con alto contenido de frutos rojos; (2) mermeladas con textura granular y sabor artificial; y (3) mermeladas marrones, ácidas, astringente, de bajo contenido de frutos rojos; pero la aceptabilidad no fue investigada en ese trabajo.

Cadena et al. (2013) evaluaron la aceptabilidad de néctar de mango, obteniendo una correlación negativa entre dulzor y acidez. Además, Alves et al. (2008), en un estudio de intensidad-tiempo de mermeladas de frutilla, aseveraron que las muestras menos aceptadas fueron las de menor dulzor; que una mayor intensidad de acidez tiene una influencia negativa sobre la aceptabilidad y que los consumidores desean un equilibrio entre el sabor a frutilla, la acidez y el dulzor. Además, Garrido et al. (2015) analizaron golosinas “gomitas” de manzana y concluyeron que los consumidores prefieren productos más frutados, más dulces y menos ácidos.

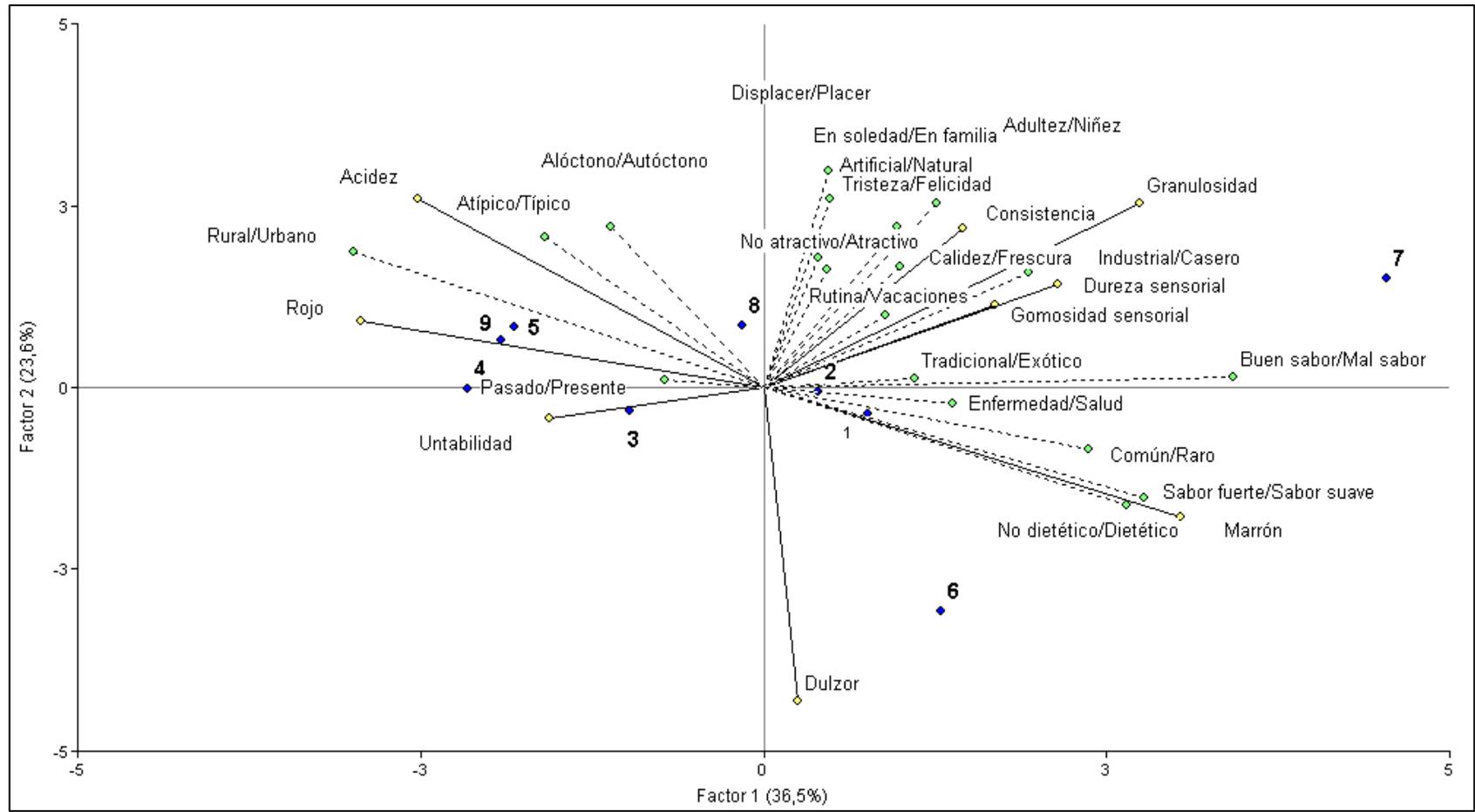


Figura 44. Relación entre los nueve atributos sensoriales y los 19 pares de emociones

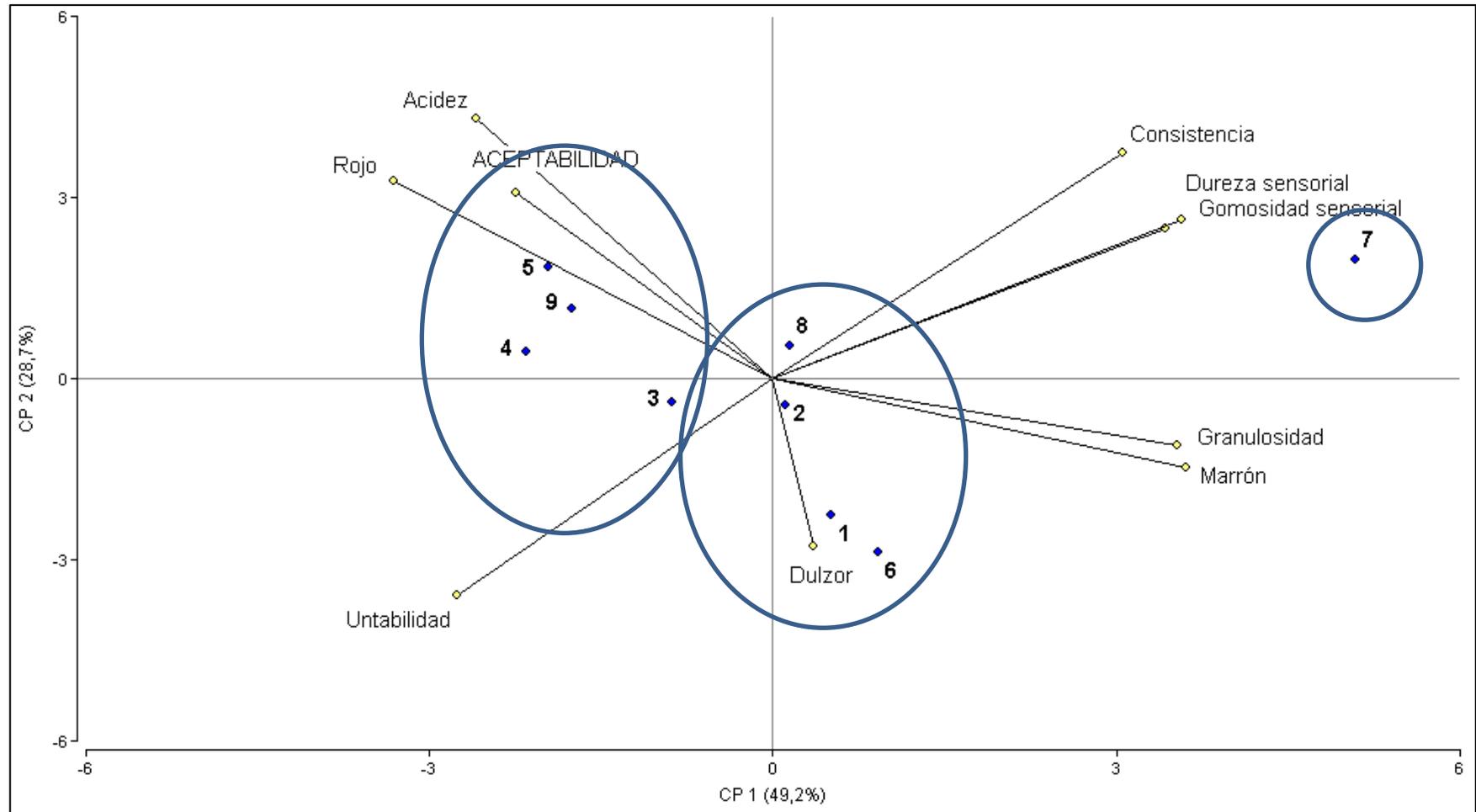


Figura 45. Matriz de correlación de las características sensoriales y la aceptabilidad de las mermeladas

Por el contrario, Culetu et al. (2014) afirmaron que las preferencias de los consumidores por las mermeladas de ciruela sin azúcar están en consonancia con un buen balance dulzor-acidez. Además, en el trabajo citado, la muestra más dulce obtuvo puntuaciones más bajas para sabor y aceptabilidad global. En el trabajo presentado en este capítulo, la acidez contribuyó positivamente con la respuesta hedónica. Esta discrepancia podría estar relacionada no solo por tratarse de otras formulaciones y aplicar diferentes métodos sensoriales, sino que también, por los hábitos alimenticios de los consumidores que varía según región y cultura (Guerrero, et al.2009).

De acuerdo a los estudios antes mencionados y a los resultados obtenidos, se puede afirmar que es el balance dulzor-acidez el que determina la respuesta hedónica de las confituras con respecto a gustos, debido a un efecto moderador y enmascarante, en lugar del dulzor o la acidez por separado.

En cuanto al color, Alves et al. (2008) encontraron que los consumidores prefieren mermeladas de frutilla de color más claro y que sean rojas. Por otra parte, Ares et al. (2015) establecieron un índice de calidad sensorial para frutillas en el que el olor a frutilla, el color rojo y el brillo fueron las características más importantes. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente trabajo. Por el contrario, Garrido et al. (2015) hallaron que la aceptabilidad general de mermeladas de manzana fue determinada principalmente por el sabor y posiblemente el color, pero no por la textura o la untabilidad. La untabilidad es una variable muy importante, comúnmente medida en confituras; por ejemplo, en mermelada de limón (Rubio-Arreaez et al., 2016), en mermeladas de frutos rojos (Vilela et al, 2015), en dulce de ciruela negra (Ajenifujah-Solebo & Aina, 2011) y en mermelada de calabaza (Egbekun, Nda-Suleiman & Akinyeye, 1998) porque la microestructura en los geles mixtos tiene un papel esencial en la percepción sensorial (van den Berg, van Vliet, van der Linden, van Boekel & van de Velde, 2007). En general, la aceptabilidad de las mermeladas estudiadas en este trabajo se correlacionó positivamente con la acidez, el color rojo y la untabilidad, contraria al dulzor, el color marrón y la granulosidad.

#### Regresión de mínimos cuadrados parciales: aceptabilidad vs. emociones

En la Figura 46 se presenta el PLSR1 de las medias de aceptabilidad y de la respuesta emocional. El primer y el segundo factor explicaron el 77,4% de la varianza.

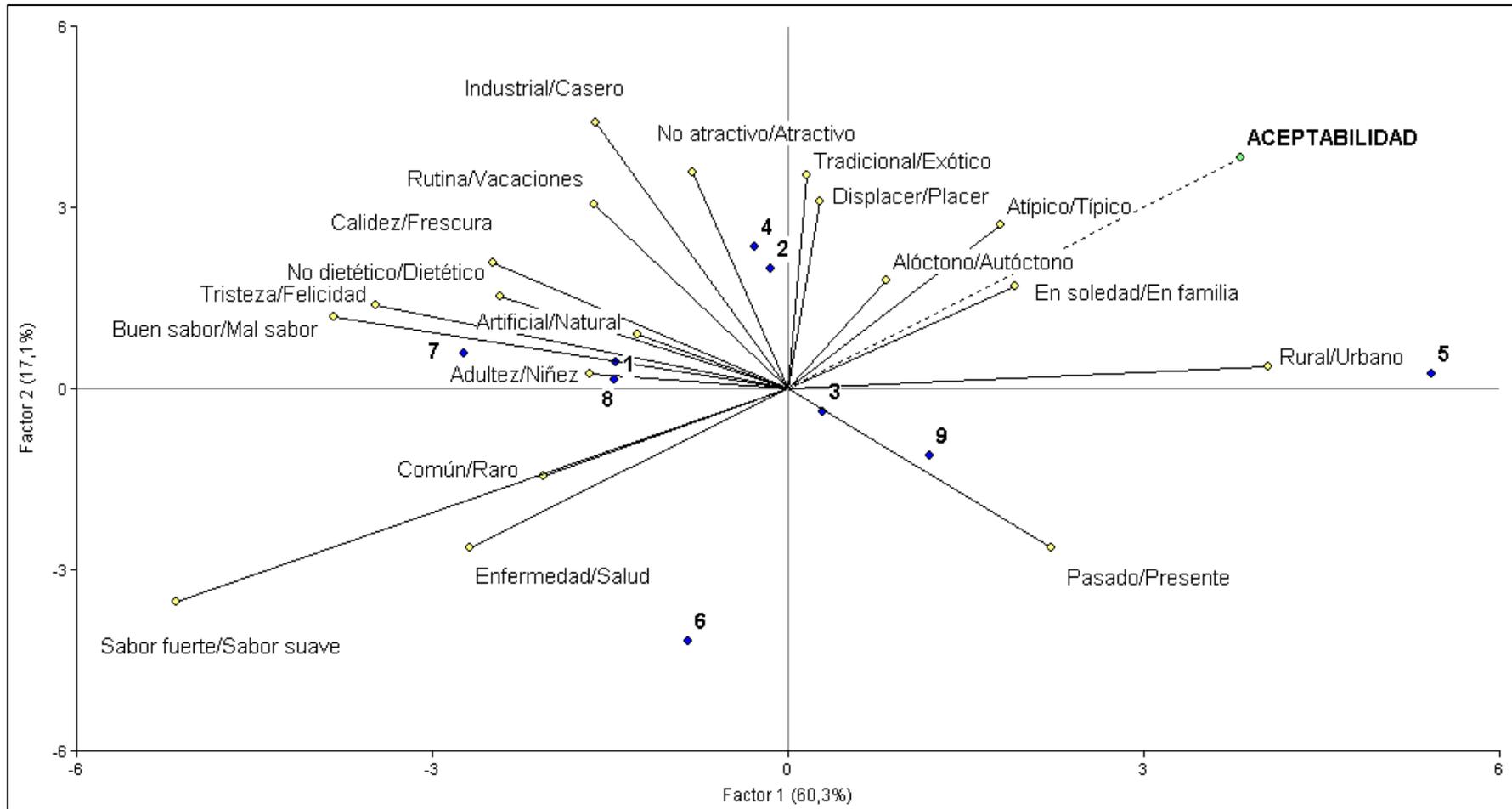


Figura 46. PLSR1 relación entre aceptabilidad y la respuesta emocional

A lo largo del primer factor, se puede observar que la aceptabilidad está asociada con "típico", "autóctono", "en familia", "urbano" y "presente", y con las muestras N° 5 y 9, contrario a "alterado", "dietético", "natural", "frescura", "sabor suave", "salud" y "raro", asociados con las muestras N° 1, 6, 7 y 8. A lo largo del segundo factor, la aceptabilidad estuvo relacionada con "vacaciones", "atractivo", "casero", "exótico" y "placer" (muestras N° 2 y 4). La relación entre emociones vs. aceptabilidad también fue investigada por Leitch et al. (2015) en tés con edulcorantes naturales y artificiales; Gutjar et al. (2015) en bebidas para el desayuno; King et al. (2010) en hierbas y especias, y en bebidas carbonatadas y no carbonatadas, aperitivos y carne; y por Seo et al. (2009) en productos lácteos, proporcionando información adicional sobre la elección de los consumidores.

En resumen, lo que más les gusta a los consumidores está relacionado con untabilidad, acidez y color rojo, ya que evoca emociones como "típico", "autóctono", "urbano" y "presente" (Figuras 44, 45 y 46). Se puede afirmar que, los actuales consumidores de las zonas urbanas valoran las confituras regionales, representativas de la cultura del lugar.

## **CONCLUSIÓN**

La untabilidad fue la variable que más se correlacionó con otras variables, lo que sugiere que debe considerarse como una característica sensorial importante de las mermeladas.

La aceptabilidad aumentó cuando la proporción de frutillas se incrementó. En general, la aceptabilidad estuvo relacionada con la acidez, el color rojo y la untabilidad, pero es el balance dulzor- acidez y su efecto de enmascaramiento el que determina la respuesta hedónica con respecto a los gustos.

Se observó un cambio significativo en algunas respuestas emocionales cuando la proporción de frutilla alcanzó 50-60, desde un sentimiento a su correspondiente opuesto. Las sensaciones de "típico", "autóctono", "urbano" y "presente" sobre las muestras favorecieron la respuesta hedónica lo que revela el importante papel de las emociones en la elección de los consumidores.

La formulación de mermeladas con mezclas de frutas e ingredientes no tradicionales permitirá dar valor agregado a los tubérculos andinos. La elaboración de nuevos productos utilizando materia prima innovadora será un incentivo para que los agricultores.

## CAPÍTULO V

### DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL DE SNACKS FORMULADOS CON ALMIDÓN DE TUBÉRCULOS ANDINOS

#### INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de los consumidores por alimentos y *snacks* que sean saludables y puedan ser consumidos en cualquier momento del día, ha llevado a la industria al desarrollo de alimentos como las barras de cereales que combinan conveniencia (en términos de consumo rápido y fácil) y nutrición (Rodríguez Negrette, 2016).

Las barras de cereal son productos de características nutricionales y sensoriales adecuadas para la demanda en el mercado actual. Se han ganado la aceptación de los consumidores siendo percibidas como “más saludables” principalmente por el aporte de fibra alimentaria (Dutcosky et al., 2006). La fibra dietética es beneficiosa para la salud digestiva ya que mejora la función gastrointestinal, reduce el riesgo de ciertos tipos de cáncer, disminuye la concentración sérica de colesterol, previene enfermedades cardiovasculares, contribuye al control de los niveles de glucemia, entre otros (Sun-Waterhouse, Teoh, Massarotto, Wibisono y Wadhwa, 2010).

Es importante destacar que al consumidor no solo le interesa el consumo fácil y rápido de un producto y sus características nutricionales. Los consumidores demandan productos con una apariencia, textura y sabor agradables (Hough y Fiszman, 2005). Es por ello que al formular nuevos productos se busca estudiar las características sensoriales y sus cambios producidos a lo largo del tiempo, los cuales pueden llevar al rechazo del producto.

Para este propósito, la determinación formal de la vida útil es un factor clave en la investigación y el desarrollo de nuevos alimentos, ya que proporciona información sobre el momento en que el producto pierde sus atributos de calidad sensorial (Hough y Fiszman, 2005).

#### **Snack**

Un *snack* es un alimento que se consume fuera del horario de una comida principal, en porciones pequeñas, individuales, de fácil consumo, fácil manipulación y que no requieren preparación previa (Rodríguez Negrette, 2016; Sajilata y Singhal, 2005).

Las ventas anuales de *snacks* están creciendo muy rápido (cerca del 2% anual) (Company, 2014). En los países en vías de desarrollo, como los de Latinoamérica, la

venta de snacks viene en ascenso hace varios años. En la Argentina, tradicionalmente, el mercado de *snacks* estaba centrado en los productos salados. Hoy en día, la venta de *snacks* dulces como pochoclos, alfajores y barritas de arroz y cereales completan el segmento de ventas. Las empresas del sector coinciden en que el mercado tiene mucho potencial: "el consumo per cápita en la Argentina es de 1 kg por año y está por debajo de otros países de la región (Uruguay: 1,6 kgs anuales; y Chile: 2,3 kgs)" (Kirschbaum, 2015).

Las materias primas utilizadas principalmente en la elaboración de los *snacks* son cereales y tubérculos (Loyo Narvaez, 2013).

Los *snacks* se han convertido en una parte integral de los hábitos alimenticios de la población. Dentro de este tipo de alimento se incluye una amplia gama de productos que pueden tomar muchas formas (Sajilata y Singhal, 2005). Los hay dulces y salados, algunos más saludables que otros. Existe un sector de la población que busca en el consumo de *snacks* dulces encontrar algo más que un simple gusto, ahora se busca el bienestar y el cuidado de la salud (Orosco, 2012).

Ante la creciente demanda del consumidor por alimentos naturales y saludables, se están haciendo intentos para mejorar el valor nutricional de los *snacks* modificando su composición química (Sun-Waterhouse et al., 2010).

Las barras de cereal utilizadas como *snacks* son un producto popular y se convierten en una muy buena alternativa para aumentar el consumo de fibra de la población (Sun-Waterhouse et al., 2010).

### **Barras de cereal**

Las barras de cereales son alimentos elaborados mediante la aglutinación de diversos ingredientes entre los cuales destacan los cereales (avena, trigo o combinaciones de varios cereales), azúcares (por ejemplo miel o caramelo líquido) y grasas (como aceites) (Marroquín, 2012), para la formulación de productos comerciales de buenas características sensoriales, alta estabilidad a la oxidación de los lípidos y bajo costo (Hernández Arcila, 2011). El CAA (2016), en su artículo 645, expone las formas de presentación de los cereales, donde las barras pueden considerarse como "cereales aplastados, laminados, cilindrados o roleados, preparados con granos limpios liberados de sus tegumentos y que después de calentados o de ligera torrefacción se laminan convenientemente".

En Argentina, la barra de cereal se popularizó aproximadamente en el año 2000. En un principio surgió como un producto destinado principalmente a deportistas (por su alto aporte de carbohidratos y proteínas) (Arruti, Fernández y Martínez, 2015), para luego aumentar su aceptación y convertirse en alimentos saludables (Pinto et al.,

2017) por su alto contenido en fibra, ácidos grasos poliinsaturados y no poseer colesterol, características que influyen en la elección del consumidor (Hernández Arcila, 2011).

Para formular una barra de cereal se deben mezclar cereales con un agente aglutinante, con el objetivo de obtener un producto cohesivo y compacto, que no sea desmoronable, con buenas características sensoriales y de vida útil conveniente (Hernández Arcila, 2011; Calisto Guzmán, 2009).

Entre los cereales se puede incluir cualquier tipo: avena, trigo, arroz, maíz, entre otros, solos o en combinaciones, pudiendo ser de cualquier tipo: laminado, inflado, copos, rallados, granola u otras formas adecuadas. Además se pueden agregar frutas deshidratadas o secas (Calisto Guzmán, 2009).

Respecto al agente aglutinante, puede usarse uno o una mezcla de ingredientes que actúen como tal (miel, aceite, pasta de maní, yogur). Además de usarse para unir los ingredientes secos de la barra, actúan como medio de distribución de aditivos y compuestos como aromatizantes y saborizantes. Esta fase se compone preferentemente de carbohidratos, que además añaden dulzor a la mezcla seca de cereales (por ejemplo: miel). También puede usarse materia grasa como agente aglutinante (sola o combinada), la cual también aumenta la vida útil del producto, proporciona sabor y mejora la palatabilidad. La fase aglutinante puede además estar compuesta por aditivos con fines tecnológicos, como estabilizantes, fibras solubles, endulzantes, nutrientes, antioxidantes, excipientes, entre otros (Calisto Guzmán, 2009).

### **Vida útil**

La vida útil de un alimento representa aquel periodo de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario (ningún consumidor se intoxique), manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough y Fiszman, 2005). Es el tiempo que transcurre entre la producción/envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable bajo determinadas condiciones ambientales. Un alimento no tiene vida útil por sí mismo, la vida útil depende de la interacción alimento/consumidor. Por esa razón, los consumidores son la herramienta más importante para determinar la vida útil de un producto (Giménez, Ares y Ares, 2012; Hough et al., 2002).

Durante el almacenamiento, las características físicas, químicas y biológicas cambian generando el deterioro del producto y esos cambios comprometen a las

características nutricionales y microbiológicas y a la calidad sensorial (Giménez et al., 2012; Hough y Fiszman, 2005).

La finalización de la vida útil de un alimento puede deberse a que su consumo implique un riesgo para la salud del consumidor, o porque las propiedades sensoriales se han deteriorado hasta hacer que el alimento sea rechazado (Hough, 2006). En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a los sentidos (Hough y Fiszman, 2005).

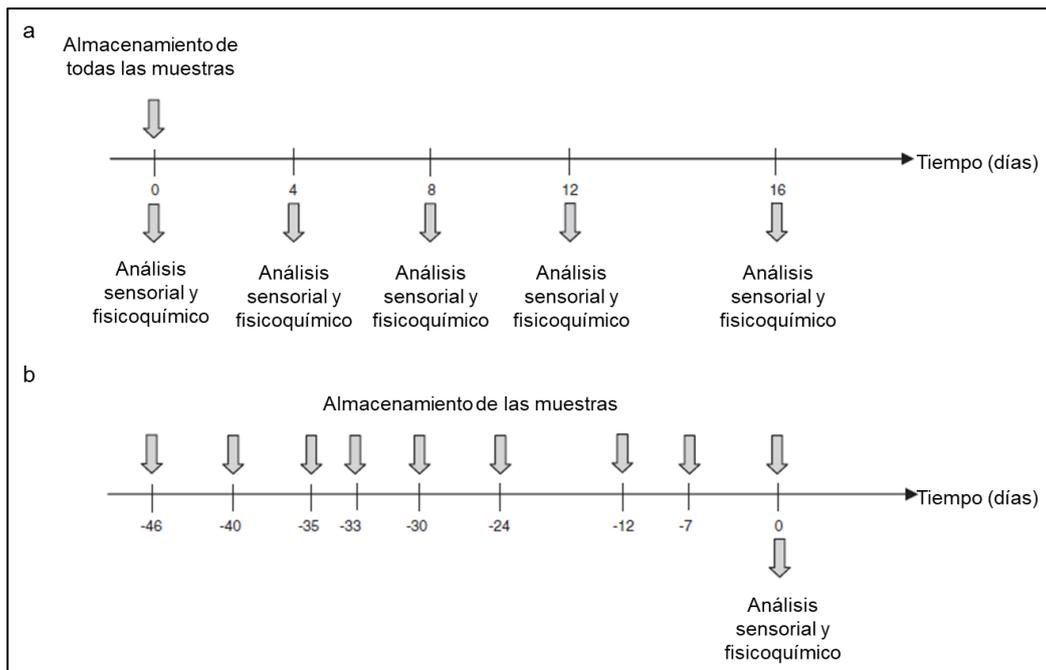
Desde un enfoque basado en el consumidor, la **vida útil sensorial** de un producto se considera como el periodo de tiempo durante el cual el alimento es aceptable hasta por el último consumidor, es decir, hasta que siga manteniendo sus características de calidad (Giménez et al., 2012)

La estimación de la vida útil sensorial de un alimento consiste básicamente en evaluar las características sensoriales de un grupo de muestras con diferentes tiempos de almacenamiento (Giménez et al., 2012). Para ello, existen diferentes diseños y métodos.

Los diseños pueden ser básico o reverso (escalonado). El esquema de los mismos puede observarse en la Figura 47.

**Diseño básico:** consiste en almacenar los productos bajo condiciones normales y evaluarlos a tiempos diferentes (Giménez, Ares y Ares, 2012; Lawless y Heymann, 2010). Es simple de hacer y su principal ventaja es que se trabaja con un único lote (Hough y Fiszman, 2005). Tiene la desventaja de que hay que reunir al panel en varias oportunidades, lo que implica mayor trabajo y mayor costo.

**Diseño reverso o escalonado:** se trata de evaluar a un grupo de muestras con diferentes tiempos de almacenamiento todas a la vez, en una sola sesión. La ventaja de este ensayo es que todas las evaluaciones se realizan en un solo día. La principal desventaja de este método es que no siempre las características de un lote serán homogéneas (Giménez, Ares y Ares, 2012; Hough y Fiszman, 2005).



**Figura 47. Esquema de los diseños básico y reverso**

**Fuente:** Giménez et al., 2012

En cuanto a los métodos, los más utilizados son los siguientes:

- Métodos basados en la calidad:
  - Prueba de diferencia de un control
  - Intensidad de atributos sensoriales
  - Métodos de ordenamiento por calidad
- Punto de corte sensorial
- Análisis de supervivencia
- Metodología de límite de aceptabilidad

En la metodología de límite de aceptabilidad la estimación de la vida útil sensorial se basa en los datos de aceptabilidad del consumidor, recopilados mediante una escala hedónica (Giménez, Ares y Ares, 2012). El consumidor es la mejor herramienta para estimar la vida útil sensorial de un producto (Ares, 2017). Se trata de determinar cuándo el consumidor detecta un cambio con respecto al producto fresco, que afecta la aceptabilidad del mismo.

Consiste en medir la aceptabilidad de un producto por el consumidor a lo largo de un determinado tiempo de estudio (Ares, 2017). Se le presenta un conjunto de muestra con diferentes tiempos de almacenamiento y se les pide que califiquen cuanto les gusta utilizando una escala hedónica de 9 puntos. Con el fin de estimar la vida útil sensorial, se obtiene un diagrama de dispersión de los puntajes promedio de

simulación en función del tiempo de almacenamiento y generalmente se realiza una regresión lineal (Giménez, Ares y Ares, 2012).

La vida útil se define como el tiempo necesario para que la aceptabilidad descienda a un valor prefijado. Distintos autores propusieron límites de aceptabilidad:

- Muñoz (2002): consideró una puntuación de 6 en una escala hedónica de 9 puntos como límite de aceptabilidad para cualquier producto, pero este puntaje no es aplicable a todos los alimentos por ser un criterio demasiado estricto (es un valor muy bajo). Un límite de aceptabilidad tan arbitrario debe tomarse con precaución, ya que no siempre refleja la decisión de los consumidores de aceptar o rechazar el producto (Giménez et al., 2007).

- Hough et al. (2002): descenso en la aceptabilidad correspondiente a la primera diferencia significativa desde el punto de vista estadístico con respecto al producto fresco. La vida útil se determina como el tiempo en el cual se obtiene la primera diferencia significativa en los puntajes de aceptabilidad.

Corresponde al tiempo en el que cambia significativamente la percepción hedónica de los consumidores permitiendo conocer cuánto disminuye la aceptabilidad con respecto a un producto fresco (lo que no quiere decir que un consumidor va a rechazar la muestra).

Una ventaja muy importante de este método de estimación de vida útil frente a otros es que no requiere de entrenamiento de un panel (Hough, Garitta y Sánchez, 2004).

### **Principales reacciones de deterioro en barras de cereal**

El deterioro de las barras de cereal durante el almacenamiento se debe principalmente a las reacciones de oxidación, un fenómeno espontáneo e inevitable que afecta el valor nutritivo (Escobar, Estévez y Guiñez, 2000) y comercial del producto, y que inicia otros cambios en los alimentos que afectan su inocuidad y atributos sensoriales (Hernández Arcila, 2011). Los ácidos grasos insaturados son más susceptibles a la oxidación, la cual es catalizada por distintos factores principalmente el oxígeno, su acción directa sobre los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados produce hidroperóxidos y radicales libres que se auto-propagan en reacciones en cadena; cuando se agotan los radicales libres se detiene la producción de hidroperóxidos y estos reaccionan entre sí formando compuestos carbonilos estables (aldehídos, cetonas y compuestos carbonílicos de cadena corta) (Badui, 2012). El efecto de esta reacción es el desarrollo de olores y sabores indeseables, caracterizado por el aroma típico a rancio (Escobar, Estévez y Guiñez, 2000), cuya percepción va a depender del alimento (Badui, 2012).

Para determinar la rancidez oxidativa de las grasas se mide el valor de peróxido, ya que las primeras etapas de la oxidación se caracterizan por una gran producción de peróxido, sin señales sensoriales de deterioro, alcanzando una concentración máxima que luego disminuye debido a su descomposición, y se generan compuestos altamente volátiles característicos de la rancidez oxidativa. El olor a rancio se detecta cuando la reacción ya se encuentra avanzada (Hernández Arcilla, 2011). Hernández Arcila (2011) propone 17 mEqO<sub>2</sub>/kg como valor máximo de peróxido permitido en productos a base de cereales. Para este trabajo se tomó este valor como referencia ya que el CAA no lo especifica.

Por otro lado, la estabilidad en almacenamiento de las barras de cereal, depende además de la humedad y de la actividad de agua, variables que determinan frecuentemente reacciones de deterioro que modifican la calidad final de este producto (Escobar, Estévez y Guiñez, 2000). Es importante destacar que la actividad de agua influye en la oxidación de lípidos: a actividades de agua menores a 0,2 y en el rango de 0,55 a 0,85 la velocidad de oxidación es alta (Hernández Arcila, 2011).

La vida útil de un producto se ve afectada por las características del envase que lo recubre, ya que este funciona como una barrera que protege al alimento de daños mecánicos, climáticos, físicos o químicos (Escobar, Estévez y Guiñez, 2000).

En el caso de las barras de cereal se requiere que los materiales de envase entreguen: protección contra el daño provocado por la luz, ya que esta acelera el desarrollo de rancidez en la mayoría de ellos; y reducción de la concentración de oxígeno en su interior ya que se produce oxidación de grasas y destrucción de vitaminas y aminoácidos esenciales. La mayoría de los snacks se envasan en materiales flexibles, livianos y resistentes. Materiales adecuados son las bolsas de celofán o de polipropileno (Escobar, Estévez y Guiñez, 2000).

A partir de todo lo expuesto, los objetivos de este capítulo fueron:

- Desarrollar barritas de cereal de humedad intermedia con la incorporación de almidón de tubérculo andino.
- Caracterizar sensorialmente los productos formulados.
- Estudiar la actitud del consumidor frente a los productos: medir la aceptabilidad y la intención de compra.
- Determinar la vida útil sensorial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se formularon cuatro prototipos de barras de cereal, cuyos ingredientes y proporciones se pueden observar en la Tabla 42. Para la formulación de la cuarta se tuvo en cuenta la aceptabilidad de las tres anteriores, eligiéndose la que gustó más para la incorporación del almidón de rosadita

**Tabla 42. Componentes de las formulaciones de barritas (g/100 g) formuladas**

Ingredientes	M1	M2	M3	M4
Pochoclo de maíz	16,5	-	8	16,5
Lentejas	-	8	8	-
Triguillo	-	8	-	-
Almidón	-	-	-	15,0
Manzana rallada	20,0	20,0	20,0	15,0
Pochoclo de arroz	13,5	14,0	14,0	13,5
Agua	15,0	15,0	15,0	10,0
Caramelo líquido	10,0	10,0	10,0	10,0
Avena	15,0	15,0	15,0	10,0
Miel	5,00	5,00	5,00	5,00
Aceite	5,00	5,00	5,00	5,00
TOTAL	100	100	100	100

### Formulación de barras de cereal

Se mezclaron el pochoclo de arroz y la avena, con el pochoclo de maíz, las lentejas o el triguillo, según corresponda. A continuación se incorporó la manzana rallada, la miel, el aceite y el caramelo líquido, y a la formulación M4 se le agregó una dispersión de almidón en agua. Se mezcló y se colocó en moldes individuales cubiertos con papel aluminio, se hornearon a  $130\pm 5$  °C por  $45\pm 2$  minutos (Figura 48). Se retiraron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente para luego envasarlas de manera individual en bolsas de polipropileno. Se almacenaron a una temperatura de  $21\pm 2$  °C.

### Análisis sensorial

#### Análisis con consumidores

Estos análisis se realizaron con 480 consumidores (128 hombres-352 mujeres, con edades entre 18 y 57 años), seleccionados de acuerdo a si consumían barritas de cereal, además de su interés y disponibilidad para participar de la prueba. Sólo se les informó de qué producto se trataba.



**Figura 48. Barras de cereal**

Para el análisis sensorial, a cada evaluador se le proporcionó una porción de 20 g de barrita, servida en un plato plástico, codificado con un número aleatorio de tres cifras. Se proveyó agua a los panelistas para que puedan enjuagarse la boca (opcional).

Todas las pruebas sensoriales se desarrollaron en el Instituto de Investigaciones Sensoriales de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Salta.

### ***Aceptabilidad***

La aceptabilidad de los productos se evaluó utilizando una escala hedónica verbal de 9 puntos (donde 9 equivale a “me gusta muchísimo” y 1, a “me disgusta muchísimo”). Cada consumidor evaluó sólo una muestra.

### ***Caracterización sensorial con CATA***

La caracterización sensorial de los productos se realizó con la prueba CATA. Los descriptores utilizados fueron términos simples y de fácil entendimiento para el consumidor, (Alexi et al., 2018; Jaeger et al., 2015) seleccionados a partir de bibliografía y verificados en una reunión de miembros del Instituto de Investigaciones Sensoriales de Alimentos (Capella, 2016; Arruti, 2015; Balcells, Nuñez de Kairúz y Nader Macias, 2013; Olivera, 2012; Marroquín, 2012). En el formulario de CATA los términos se encontraban siguiendo la “dinámica de la percepción sensorial” (olor, apariencia, gusto/sabor y textura) para, de esta manera, reducir el esfuerzo de los participantes al momento de completarla (Alexi et al., 2018; Jaeger et al., 2013 y Ares et al., 2013). Además se incorporaron términos que hacían referencia a emociones y percepciones generadas por el producto, como así también, términos no sensoriales y referidos a momentos de consumo.

Los términos utilizados fueron los siguientes: olor a cereal, olor suave, olor fuerte, color atractivo, color aburrido, dulce, amargo, sabor extraño, sabor suave, sabor fuerte,

sabor a cereal, sabor a miel, empalagoso, delicioso, pegajoso (en las manos), compacto, desmoronable, adhesivo a los dientes, húmedo, seco, gomoso, duro, blando, grasoso, fresco, rancio, buena calidad, mala calidad, dietético, convencional, casero, artesanal, industrial, saludable, producto para deportistas, producto para niños, producto para consumir entre horas. Cabe destacar que los atributos se encontraban en orden aleatorio para cada participante, respetando la dinámica de la percepción sensorial. Cada evaluador probó la muestra solo una vez (sin repeticiones).

### ***Intención de compra***

La intención de compra de los productos se indagó con una pregunta final al respecto, con las opciones de respuesta: Si y No.

### **Análisis de vida útil**

#### ***Análisis sensorial***

Entre las dos muestras que más gustaron (M1 y M4) se seleccionó M1. La vida útil sensorial se estudió mediante la prueba de límite de aceptabilidad con 600 consumidores (164 hombres-436 mujeres, con edades entre 18 y 60 años), con un diseño básico, en 6 tiempos diferentes: muestra fresca (tiempo 0), a los 20, 40, 87, 108 y 155 días posteriores a la preparación. El último tiempo establecido fue posterior al límite de vida útil de la barra, teniendo en cuenta lo recomendado por Ares (2015). Además se aplicaron preguntas CATA en cada tiempo de vida útil (utilizando los términos mencionados en el apartado “Caracterización sensorial con CATA”) y se indagó respecto a la intención de compra.

#### ***Análisis fisicoquímicos***

Se realizaron mediciones de índice de peróxido, actividad de agua y humedad para cada tiempo de medición de vida útil:

- Índice de peróxido: por el método de la AOAC 965.33 modificado.
- Actividad de agua: con un medidor de actividad de agua Rotronic modelo HC2-AW-USB-SW-WATER ACTIVITY PROBE, utilizando el software HW4 de Rotronic.
- Humedad relativa porcentual: por el método de la AOAC 31.1.02 1997.

Los análisis se hicieron por triplicado.

#### ***Análisis estadístico***

Los datos de aceptabilidad de las barras se estudiaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Se realizó la prueba Q de Cochran, que es una prueba estadística

no paramétrica que se utiliza para estimar la significancia cuando la variable respuesta es binaria (Varela y Ares, 2012), para identificar aquellos atributos que diferenciaron a las muestras de acuerdo a la percepción del consumidor. Se descartaron todos aquellos que no diferenciaban a las muestras (los que tenían frecuencias menores al 5%) (Ares, 2017). Luego, se aplicó la prueba del signo de Wilcoxon, que es la indicada para identificar diferencias estadísticas entre muestras. La diferencia entre frecuencias para intención de compra de las barras se estudió mediante prueba de Chi-cuadrado, expresando los resultados en porcentajes.

Para calcular la vida útil sensorial se utilizó el criterio establecido por Hough et al. (2002), que indica que la vida útil sensorial de un producto es el tiempo de almacenamiento hasta que se detecta el primer cambio en la aceptabilidad global con respecto al producto fresco. Ese límite de aceptabilidad se calcula como el primer puntaje de aceptabilidad significativamente diferente del obtenido para la muestra fresca, utilizando la siguiente ecuación (Hough y Fiszman, 2005):

$$S = F - Z_{\alpha} \sqrt{\frac{2CME}{n}} \quad (1)$$

Dónde:

S= valor en que la aceptabilidad del producto almacenado comienza a disminuir significativamente,

F= aceptabilidad de la muestra fresca,

$Z_{5\%}$ = coordenada de la curva normal para un ensayo de una cola con un nivel de significación del 5%=1,645. Para calcular el Z, se emplea un ensayo de una cola debido a que se asume que el producto almacenado debería tener una aceptabilidad más baja que el producto fresco,

CME= cuadrado medio del error obtenido del ANOVA de aceptabilidad empleando como factores de variación a muestra y consumidor.

n= número de consumidores.

Luego, se representó gráficamente una recta de regresión entre los valores promedio de aceptabilidad global en función del tiempo de almacenamiento del producto. A partir de la ecuación de la recta se calculó el tiempo de fin de vida útil, determinado como el tiempo en el cual la puntuación de aceptabilidad del producto alcanza el valor considerado como el límite de aceptabilidad (Giménez y Ares, 2012; Hough et al., 2002).

El análisis de los datos de CATA en los diferentes tiempos se realizó utilizando las mismas pruebas estadísticas que en el estudio de la caracterización sensorial de las barras M1 a M4. Se construyó un mapa sensorial correspondiente al Análisis de correspondencia simple.

La relación entre datos sensoriales y fisicoquímicos se estableció con la prueba de correlación de Pearson.

Los datos se analizaron con el programa estadístico INFOSTAT 2016p y RStudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis con consumidores

#### Aceptabilidad

Las medias  $\pm$  desvío estándar de aceptabilidad de los productos se pueden observar en la Tabla 43.

**Tabla 43. Promedio de aceptabilidad de los productos formulados**

Tipo de barra	Promedio de aceptabilidad
M1	7,7 $\pm$ 1,0b
M2	6,6 $\pm$ 1,4 a
M3	6,7 $\pm$ 1,5 a
M4	7,3 $\pm$ 1,4b

A partir de estos resultados se identificó que las barras M1 y M4 fueron las de mayor aceptabilidad, correspondiente al punto de la escala hedónica “me gusta moderadamente”. Cabe destacar que la única diferencia en la formulación de una y otra fue la incorporación de almidón andino a M4, lo que no modificó la percepción del consumidor por el producto.

#### Caracterización sensorial con CATA

De los descriptores utilizados se descartaron los siguientes por no alcanzar el 5% de mención respecto del total necesario para el análisis:

- Olor fuerte
- Industrial
- Pegajoso en la mano
- Amargo
- Grasoso
- Asqueroso
- Duro
- Rancio
- Mala calidad

En la Tabla 44 se puede observar los porcentajes de mención de cada término y si fueron diferentes entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Las barras se percibieron igual de dietéticas, convencionales, caseras, artesanales, saludables, compactas, con el mismo

sabor suave e igual de empalagosas. Por lo tanto se puede afirmar que son características comunes a las barritas de cereal.

**Tabla 44. Porcentajes de mención de cada término**

	<b>M1 (%)</b>	<b>M2 (%)</b>	<b>M3 (%)</b>	<b>M4 (%)</b>
<b>Color atractivo</b>	61,9b	41,5 a	62,7c	68,6d
<b>Color aburrido</b>	16,1ab	22,0b	10,2 a	10,1 a
<b>Olor a cereal</b>	40,7b	36,4ab	25,4 a	48,3b
<b>Olor suave</b>	54,2b	40,7 a	57,6b	47,4ab
<b>Dietético</b>	20,3 a	21,2 a	28,0 a	26,3 a
<b>Convencional</b>	9,3 a	11,0 a	7,6 a	10,2 a
<b>Casero</b>	51,7 a	44,0 a	47,5 a	36,5 a
<b>Artesanal</b>	43,2 a	51,7 a	46,2 a	55,9 a
<b>Saludable</b>	59,3 a	60,2 a	66,1 a	56,8 a
<b>Compacto</b>	27,1 a	16,1 a	25,4 a	27,2 a
<b>Adhesivo a los dientes</b>	30,5b	17,8 a	17,8 a	32,2b
<b>Húmedo</b>	43,2b	24,6 a	53,4d	50,8c
<b>Seco</b>	7,6c	43,2d	5,9b	5,1 a
<b>Gomoso</b>	21,2b	15,2 a	38,1c	50,7d
<b>Blando</b>	61,0d	34,7 a	44,0b	51,7c
<b>Sabor extraño</b>	8,47 a	21,2b	20,3b	15,3ab
<b>Sabor suave</b>	46,6b	43,2b	39,8 a	30,5 a
<b>Sabor fuerte</b>	21,2b	13,6ab	8,5 a	22,9b
<b>Dulce</b>	88,1b	72,0a	74,6 a	83,0ab
<b>Desmoronable</b>	21,2b	56,8d	25,4c	18,6 a
<b>Sabor a cereal</b>	69,5b	52,5 a	53,4 a	51,7 a
<b>Sabor a miel</b>	53,4ab	42,4 a	59,3b	78,0c
<b>Delicioso</b>	45,8b	22,0a	22,0a	45,0b
<b>Deportistas</b>	18,6 a	32,2c	29,6bc	19,5ab
<b>Niños</b>	30,5b	13,6 a	17,8 a	22,9ab
<b>Entre horas</b>	78,8b	63,6 a	60,2 a	79,3b
<b>Fresco</b>	41,5b	22,9 a	51,7c	40,7b
<b>Buena calidad</b>	65,3b	44,0a	50,0a	66,9b

Porcentajes con letras diferentes en filas indican diferencias significativas entre las muestras según prueba del signo ( $p < 0,05$ ).

El producto formulado con almidón de papa andina resultó de color más atractivo, más húmedo y menos seco, más gomoso, menos blando, menos desmoronable, con menor sabor a cereal y mayor a miel que el producto similar, sin almidón.

### **Intención de compra**

Los resultados obtenidos respecto a la intención de compra pueden observarse en la Tabla 45.

**Tabla 45. Intención de compra de las diferentes formulaciones**

	<b>M1</b>		<b>M2</b>		<b>M3</b>		<b>M4</b>	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>NO</b>	5	4,2	29	22,9	30	25,7	10	8,5
<b>SI</b>	115	95,8	91	77,1	90	74,4	110	91,5

Chu y Lu (2007) definen la intención de compra como el grado en el que al consumidor le gustaría comprar determinado producto; generalmente está relacionada con el comportamiento, las percepciones y las actitudes (Mirabi, Akbariyeh y Tahmasebifard, 2015). Conocer la intención de compra de un producto es un buen predictor para saber cuán exitoso será en el mercado, ya que es una proyección futura de cómo será el comportamiento del consumidor frente al mismo (Torres y Padilla, 2013).

Por ello, resultó muy importante estudiar la intención de compra de estas nuevas formulaciones de barritas. Se puede observar que el 96% de los consumidores compraría la formulación M1 y el 91,5%, la M4, no habiendo diferencias significativas en la intención de compra de estos productos. Capella (2016) también estudió la intención de compra de barras de cereal, encontrando un alto porcentaje de individuos que comprarían el producto (88%). Además, indagó respecto a las razones por las que los consumidores comprarían el producto, obteniendo como la más importante a que “se trata de un producto nutritivo y saludable”.

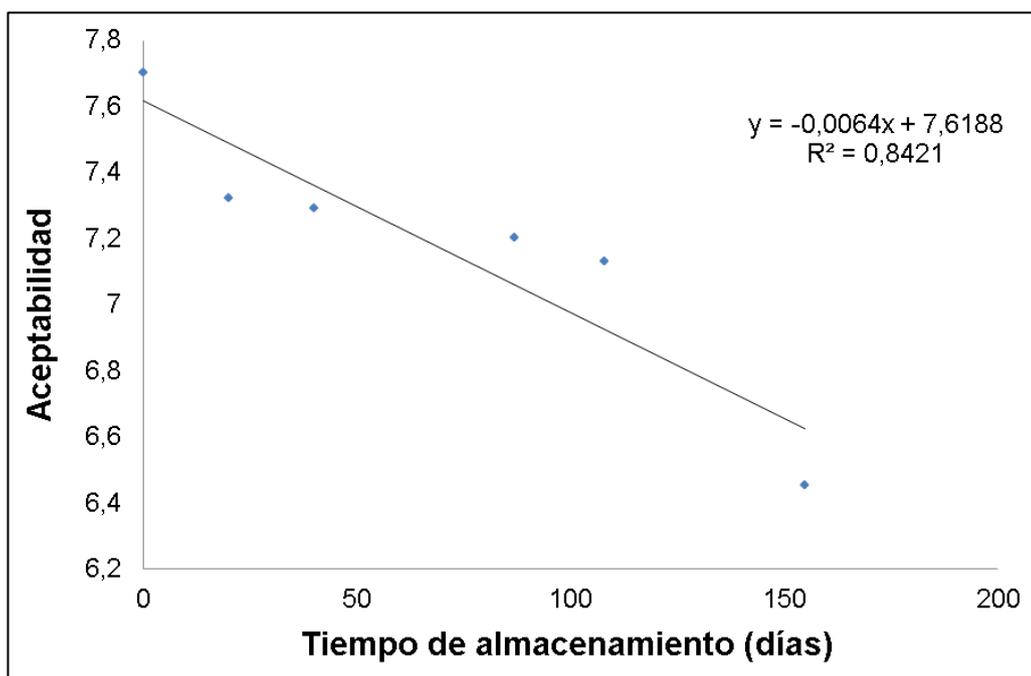
### **Análisis de vida útil**

La aceptabilidad se ve afectada por diferentes factores sensoriales, culturales y emocionales. Tal variación hace a los consumidores los mejores jueces para determinar hasta qué punto en el tiempo el producto es aceptable, considerando que después del mismo el alimento “falla” (López y Goldner, 2015).

El límite de aceptabilidad calculado según la ecuación N° 1, fue de 6,8. El análisis de regresión entre los valores promedio de aceptabilidad global en función del tiempo de almacenamiento del producto se muestra en la Figura 49, a partir del cual se pudo

estimar la vida útil sensorial en 128 días. Se puede observar que el análisis tiene un buen ajuste ( $r^2=0,84$ ). Es importante destacar que las principales reacciones que alteran a las características sensoriales de las barras son las de oxidación (Escobar, Estévez y Guiñez, 2000). En productos derivados de cereales el desarrollo de peróxidos tiene una velocidad menor que en otros productos de mayor contenido lipídico (Capella, 2016), lo cual podría explicar el tiempo de vida útil sensorial obtenido para este producto. Cabe destacar que en ningún momento del estudio se detectó desarrollo superficial de hongos en las barras. Sin embargo, lo sensorial es solo uno de los aspectos a tener en cuenta en la vida útil de un producto, información que es importante completar con ensayos instrumentales y microbiológicos.

La aceptabilidad de los productos decreció significativamente ( $p<0,05$ ) a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, como era esperado (Figura 49). Se puede observar que hubo un descenso marcado del tiempo 0 al 1 y del tiempo 4 al 5, este último probablemente porque el producto ya sufrió reacciones de oxidación que deterioran sus características sensoriales (Hernández Arcila, 2011; Escobar, Estévez y Guiñez, 2000), corroborado con el índice de peróxido obtenido en ese último tiempo.



**Figura 49. Valores promedio de aceptabilidad global en función del tiempo de almacenamiento del producto**

Respecto a los resultados obtenidos de la prueba CATA, se descartaron los siguientes términos por no alcanzar el 5% necesario para el análisis:

- Industrial
- Duro
- Amargo
- Grasoso
- Asqueroso
- Mala calidad
- Pegajoso en la mano
- Empalagoso
- Rancio
- Olor fuerte

Cabe destacar que los términos industrial, amargo, grasoso y asqueroso no alcanzaron un 5% de mención para ningún producto en ningún tiempo de estudio. En el caso de los términos duro, mala calidad, rancio y olor fuerte, se eliminaron porque en los productos con tiempos de almacenamiento 0, 1, 2 y 3 no alcanzaron el 5% de mención, superando ese porcentaje en los últimos tiempos estudiados.

Entre las barras se encontraron diferencias significativas para los siguientes términos (Tabla 46): color atractivo, color aburrido, olor a cereal, olor fuerte, dietético, casero, saludable, compacto, adhesivo a los dientes, húmedo, gomoso, blando, sabor extraño, sabor suave, sabor fuerte, dulce, desmoronable, sabor a cereal, sabor a miel, delicioso, para deportistas, para consumir entre horas, para niños, fresco y de buena calidad, es decir que fueron las características que más diferenciaban a los productos. La no diferenciación entre los productos para las demás características puede deberse a la dificultad para reconocer y evaluar atributos específicos por parte de los consumidores (Alexi et al., 2018).

En la Figura 50 se muestra la representación de los atributos y las muestras en las primeras dos dimensiones del análisis de correspondencia realizado sobre los resultados de las preguntas CATA. Las dos primeras dimensiones del análisis explicaron el 79,5% de la variabilidad de los datos.

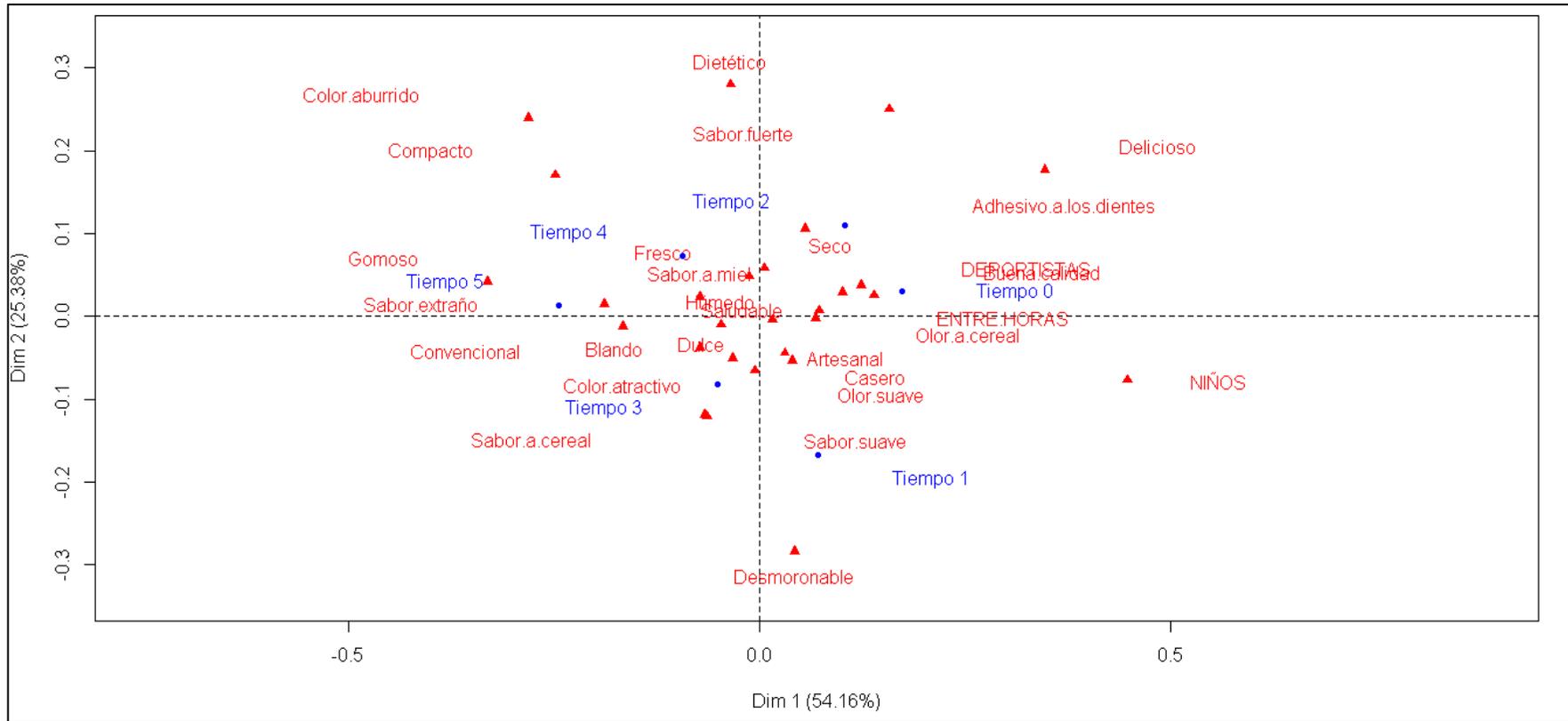
En el mismo se puede observar que la muestra a tiempo 0 se asoció a un producto de buena calidad, con olor a cereal, adhesivo a los dientes, delicioso, por ser casera, artesanal, para consumir entre horas y para deportistas, características típicas de una barra de cereal fresca, recién elaborada (Flores Huaman, 2018).

En el tiempo 1, la barra se destacó por tener olor y sabor suave, por ser desmoronable y considerarse como un producto para que consuman los niños. Respecto al tiempo 2, el producto se percibió fresco, seco y de sabor fuerte. En el tiempo 3 se destacó por su color atractivo, por ser dulce, percibirse como saludable y tener sabor a cereal. Es importante destacar que hasta este tiempo de almacenamiento evaluado, la barra de cereal se describió con términos relacionados a buenas características sensoriales. La aceptabilidad percibía como fresca y con buena aceptabilidad.

**Tabla 46. Porcentajes de mención de cada término**

	T0 (%) Fresco	T1 (%) 20 días	T2 (%) 40 días	T3 (%) 87 días	T4 (%) 108 días	T5 (%) 155 días
<b>Color atractivo</b>	63ab	69b	72bc	63ab	59ab	51 a
<b>Color aburrido</b>	16bc	5 a	9ab	5 a	15b	21c
<b>Olor a cereal</b>	41b	37b	47c	40b	39b	27 a
<b>Olor suave</b>	53b	50b	48b	57c	51b	42 a
<b>Dietético</b>	19b	9 a	24c	9 a	19b	19b
<b>Convencional</b>	10 a	10 a	11 a	12 a	12 a	14 a
<b>Casero</b>	48c	42b	38ab	34 a	37ab	37ab
<b>Artisanal</b>	45 a	53 a	53 a	47 a	48 a	47 a
<b>Saludable</b>	58c	47bc	58c	43b	53bc	30 a
<b>Compacto</b>	24ab	16 a	33b	32b	48d	37cd
<b>Adhesivo a los dientes</b>	29b	18 a	31b	22ab	23ab	21ab
<b>Húmedo</b>	46 a	46 a	53b	49 a	49 a	47 a
<b>Seco</b>	8 a	5 a	5 a	5 a	8 a	5 a
<b>Gomoso</b>	21 a	35b	42b	44b	61c	59c
<b>Blando</b>	60bc	57b	53 a	59b	64c	59b
<b>Sabor extraño</b>	7 a	11 a	14b	14b	16b	13ab
<b>Sabor suave</b>	45bc	43b	28 a	47c	45bc	38b
<b>Sabor fuerte</b>	22c	8ab	22c	13bc	19c	9ab
<b>Dulce</b>	87b	83b	85b	68 a	87b	70 a
<b>Desmoronable</b>	20 a	34b	17 a	21 a	18 a	17 a
<b>Sabor a cereal</b>	66b	72c	51 a	65b	63b	66b
<b>Sabor a miel</b>	54 a	53 a	70c	62b	63b	61b
<b>Delicioso</b>	45c	25b	45c	19b	30b	9 a
<b>Deportistas</b>	17 a	17 a	24b	15 a	14 a	13 a
<b>Niños</b>	32c	23bc	23bc	15b	10 a	5 a
<b>Entre horas</b>	78b	68b	76b	67b	74b	49 a
<b>Fresco</b>	42ab	35 a	44b	35 a	44b	36 a
<b>Buena calidad</b>	65c	59c	70d	43 a	55b	37 a

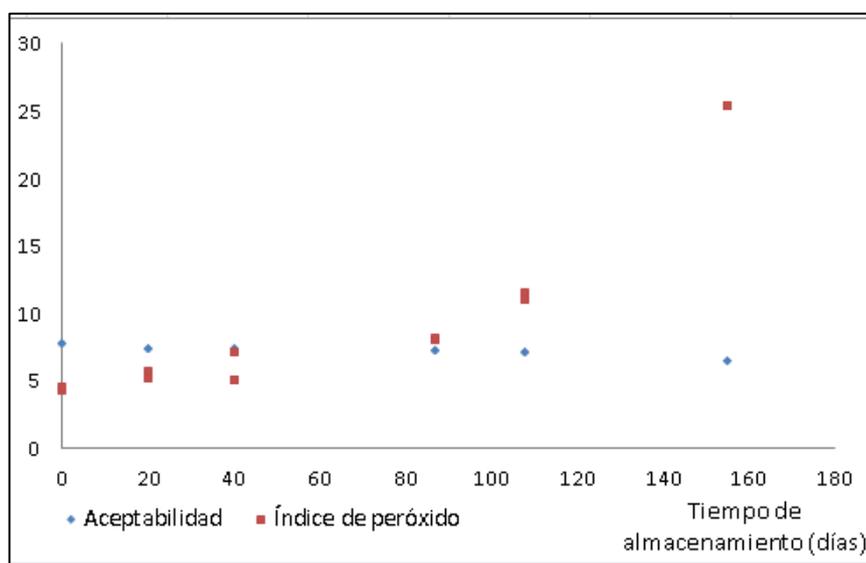
Para el tiempo de almacenamiento 4, la barra se percibió húmeda, con sabor a miel, compacta y aburrida.



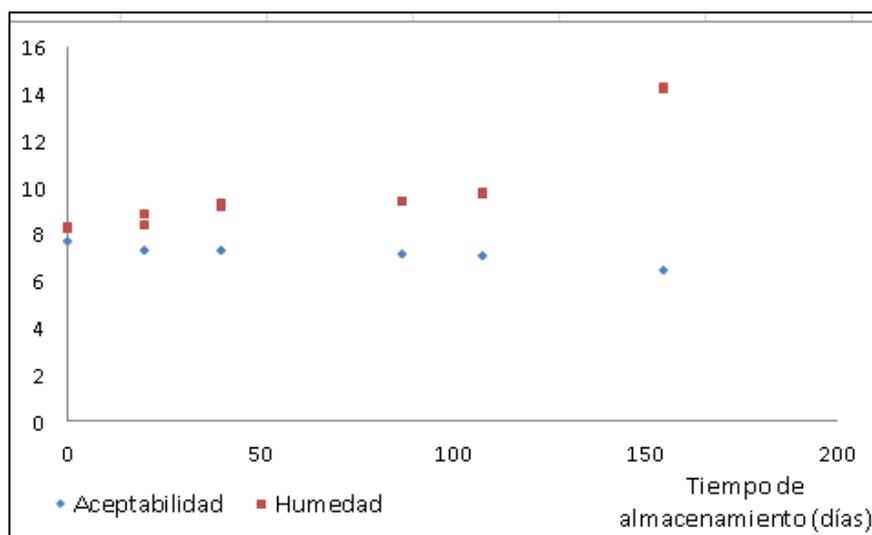
**Figura 50. Análisis de correspondencia de los resultados de la prueba CATA de barras a diferentes tiempos de vida útil**

En el último tiempo, la barra se detectó como convencional, de sabor extraño, blanda y gomosa. Los cambios en las características de textura pueden deberse a la pérdida de crocancia por ganancia de humedad (Lara y Mejía, 2007), lo que se corrobora con la obtención de manera experimental de valores de humedad en este tiempo de almacenamiento mayores a los esperados en el producto (13%) (Flores Huaman, 2018). Así, el producto se percibió húmedo en el tiempo 4, provocando esa humedad los cambios definitivos detectados en el tiempo 5. Esto se relaciona con la pérdida de calidad del producto (Calisto Guzmán, 2009). La aceptabilidad disminuyó marcadamente del tiempo 4 al 5 (Figura 49).

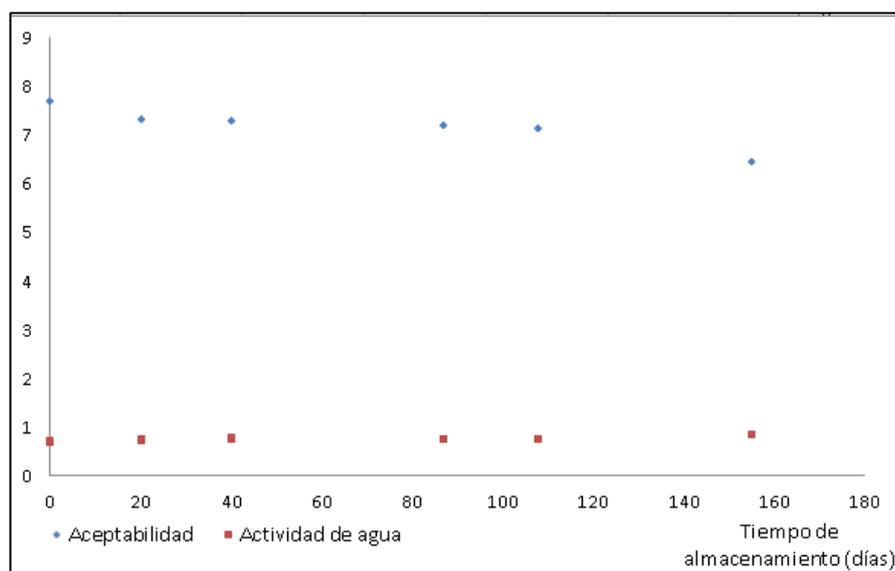
En las Figuras 51, 52 y 53 se puede observar la aceptabilidad y el índice de peróxido; aceptabilidad y humedad; y aceptabilidad y actividad de agua en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados de los análisis fisicoquímicos en el tiempo 5 son superiores a los propuestos por Flores Huaman (2018) y por Hernández Arcila (2011) como máximos en este tipo de productos (índice de peróxido: 17 mEqO<sub>2</sub>/kg – humedad: 13% - a<sub>w</sub>: 0,8). Teniendo en cuenta el tiempo de vida útil sensorial establecido a partir del límite de aceptabilidad, se pudieron estimar los valores críticos de índice de peróxido, humedad y actividad de agua, obteniendo los siguientes: 17,22 mEqO<sub>2</sub>/kg, 11,81% y 0,648, respectivamente.



**Figura 51. Aceptabilidad e índice de peróxido en función del tiempo de almacenamiento (días)**



**Figura 52. Aceptabilidad y humedad relativa porcentual en función del tiempo de almacenamiento (días)**



**Figura 53. Aceptabilidad y actividad de agua en función del tiempo de almacenamiento (días)**

Los resultados de la prueba de correlación de Pearson se pueden observar en la Tabla 47.

**Tabla 47. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables estudiadas**

	Aceptabilidad	Índice de peróxido	Humedad
Índice de peróxido	-0,778		
Humedad	-0,901*	0,863	
Actividad de agua	-0,865	0,494	0,849

\* P<0,05

Se identificó una correlación negativa significativa entre la humedad y la aceptabilidad, y una correlación negativa importante entre la actividad de agua y la aceptabilidad. Esto se debe probablemente a la humedad presente que determina frecuentemente reacciones de deterioro (como la oxidación de lípidos) que modifican la calidad final del producto (Escobar, Estévez y Guiñez, 2000). Esto también se corrobora con el aumento del índice de peróxido, el cual se correlacionó negativamente con la aceptabilidad.

## **CONCLUSIÓN**

El producto formulado con almidón se percibió menos desmoronable que las demás barritas, probablemente porque el almidón favoreció la unión de los ingredientes de la formulación. Además, obtuvo un puntaje de aceptabilidad similar a la elaborada sin almidón, lo que indica que la incorporación de este ingrediente no afectó la percepción del consumidor sobre el producto.

Así, es posible formular un producto más compacto con la incorporación del almidón de papa “rosadita”, aprovechando este ingrediente andino sin que el consumidor perciba cambios en las características sensoriales del producto que puedan afectar su elección.

La prueba de límite de aceptabilidad indicó que a partir de los 128 días hay una disminución significativa de la aceptabilidad con respecto al producto fresco, y las preguntas CATA resultaron útiles para obtener más información sobre las características de las barras en los diferentes tiempos de almacenamiento. La aceptabilidad disminuyó al transcurrir el tiempo de almacenamiento, con cambios en el sabor y la textura (se volvió más blando y gomoso), y aumento del índice de peróxido, humedad relativa porcentual y actividad de agua en el alimento por encima de los valores críticos (17,22 mEqO<sub>2</sub>/kg, 11,81% y 0,648, respectivamente).

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES GENERALES

Las principales conclusiones de la presente tesis doctoral “Desarrollo y caracterización fisicoquímica y sensorial de productos alimenticios elaborados con tubérculos andinos”, son:

El estudio de la percepción de potenciales consumidores sobre mermeladas y *snacks* con papa andina a través de una encuesta utilizando internet ha demostrado ser una alternativa interesante para aplicar la técnica de asociación libre de palabras, permitiendo identificar a las características sensoriales y hedónicas como las principales motivaciones para el consumo de estos productos, además de descubrir que la curiosidad es una de las razones que puede llevar a los participantes a querer probar estos nuevos alimentos.

Los geles formulados con las concentraciones más bajas de almidón (2.5-4.5%) resultaron más elásticos, mientras que aquellos con las concentraciones más altas (5.5-6.5%) estuvieron relacionados con los parámetros sensoriales, del TPA, del RVA y reológicos que indican características de gel firme.

En geles preparados con 5,5% de almidón, el tipo de almidón fue más determinante de las características fisicoquímicas y sensoriales que la concentración. Los sistemas modelo representaron a la estructura de una mermelada y estos resultados dieron pie a la elaboración de confituras.

En confituras dietéticas de chayote, el modelo de optimización obtenido permitió predecir la aceptabilidad en función de la concentración de inulina, sucralosa y ácido cítrico, concluyendo que la aceptabilidad mejora a medida que aumenta el contenido de sucralosa y de ácido cítrico en las formulaciones. Respecto a la cantidad de inulina, la aceptabilidad es más próxima al valor óptimo cuando se agrega en la cantidad media (5,00%).

Las mermeladas con características de color más rojo y gusto ácido (de frutilla, de tomate de árbol y de proporción oca:frutilla:tomate de árbol 20:40:40) fueron opuestas a las elaboradas solamente con la papa oca o con una alta proporción de la misma (80) que se caracterizaron por ser más amarillas, marrones y naranjas, pegajosas y adhesivas.

En mermeladas formuladas con la mezcla de frutilla:manzana:papa andina, la aceptabilidad aumentó cuando la proporción de frutillas se incrementó, relacionada con la acidez, el color rojo y la untabilidad, pero es el balance dulzor-acidez y su efecto

de enmascaramiento el que determina la respuesta hedónica con respecto a los gustos.

La untabilidad puede considerarse como una característica sensorial importante de las mermeladas, determinada como una característica deseable en este tipo de productos.

Las sensaciones de “típico”, “autóctono”, “urbano” y “presente” sobre las muestras favorecieron la respuesta hedónica lo que revela el importante papel de las emociones en la elección de los consumidores.

Las barras de cereal formuladas con almidón obtuvieron un puntaje de aceptabilidad similar a las elaboradas sin almidón, lo que indica que la incorporación de este ingrediente no afectó la percepción del consumidor sobre el producto. Se percibió menos desmoronable, por lo que el almidón favoreció la unión de los ingredientes de la formulación.

El estudio de la vida útil sensorial de barra de cereal permitió observar la disminución de la aceptabilidad al transcurrir el tiempo de almacenamiento, con cambios en el sabor y la textura (se volvió más blando y gomoso), aumento del índice de peróxido, humedad y actividad de agua en el alimento, y de esta manera estimar la vida útil del producto.

La caracterización de los productos formulados de una forma rápida y sencilla fue posible gracias a las nuevas técnicas sensoriales aplicadas, que proveyeron una descripción completa del producto.

La evaluación de las emociones evocadas por los alimentos durante su consumo agrega información, más allá de las pruebas hedónicas, para explicar y predecir el comportamiento real en su elección, especialmente si estos están correlacionados con aspectos sensoriales.

Este trabajo ha demostrado que se pueden formular productos de sabores nuevos, utilizando materia prima regional combinada con alimentos ya conocidos por el consumidor, revalorizando a los tubérculos andinos.

La combinación de una amplia gama de métodos de medición instrumentales y sensoriales, y la correlación de ambos a través de herramientas estadísticas multivariadas condujo a una mejor interpretación de la percepción del ser humano cuando interactúa con un nuevo alimento.

La formulación de productos con ingredientes no tradicionales aporta valor agregado a los tubérculos andinos. La elaboración de nuevos productos utilizando materia prima innovadora es un incentivo para los productores y el mercado regional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Quezada, P., Raigón, M., Riofrío-Cuenca, T., García-Martínez, M., Plazas, M., Burneo, J., Prohens, J. (2015). Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an Andean exotic fruit. *Food Chemistry*, 169, 327-335. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.152>
- Acquarone, V.M. & Rao, M.A. (2003). Influence of sucrose on the rheology and granule size of cross-linked waxy maize starch dispersions heated at two temperatures. *Carbohydrate Polymers*, 51, 451-458.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) (2015). Código Alimentario Argentino. Secretaria de Políticas, Regulación y Relaciones Sanitarias. Ministerio de Salud. Poder Ejecutivo Nacional. Modificación por Resolución Conjunta 229/2011 y 731/2011. [En línea] Disponible en: <http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa.pdf>.
- Agudelo, A., Varela, P., & Fiszman, S. (2015). Methods for a deeper understanding of the sensory perception of fruit fillings. *Food Hydrocolloids* 46, 160-171.
- Agudelo, A., Varela, P., Sanz, T., & Fiszman, S. (2014). Formulating fruit fillings. Freezing and baking stability of a tapioca starch-pectin mixture model. *Food Hydrocolloids*, 40, 203-213.
- Ajenifujah-Solebo, SO, & Aina, JO. (2011). Physico-chemical properties and sensory evaluation of jam made from black-plum fruit (*Vitex doniana*). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11.
- Albert, A., Varela, P., Salvador, A., Hough, G. & Fiszman, S. (2011). Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA®, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. *Food Quality and Preference*, 22, 463-473.
- Alexi, N., Nanou, E., Lazo, O., Guerrero, L., Grigorakis, K., & Byrne, D. V. (2018). Check-All-That-Apply (CATA) with semi-trained assessors: Sensory profiles closer to descriptive analysis or consumer elicited data? *Food Quality and Preference*, 64, 11-20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.009>
- Alley, T. (2018). Conceptualization and measurement of human food neophobia *Food Neophobia*.
- Alves, L.R., Battochio, J.R., Porto Cardoso, J.M., Medeiros De Melo, L.L.M., Da Silva, V.S., Siqueira, A.C.P., & Bolini, H.M.A. (2008). Time–intensity profile and internal preference mapping of strawberry jam. *Journal of Sensory Studies*, 23, 125-135. doi: [10.1111/j.1745-459X.2007.00146.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00146.x)
- Alves, L.R., Battochio, J.R., Porto Cardoso, J.M., Medeiros De Melo, L.L.M., Da Silva, V.S., Siqueira, A.C.P., & Bolini, H.M.A. (2008). Time–intensity profile and internal

- preference mapping of strawberry jam. *Journal of Sensory Studies*, 23, 125-135. doi: 10.1111/j.1745-459X.2007.00146.x
- Alvis, A., Vélez, C., Villada, H. & Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. *Información Tecnológica*, 19, 1, 19-28.
- Amores Balseca, B. (2016). Evaluación del comportamiento reológico de un postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina dispersos en lactosuero dulce. (Ingeniera en Alimentos), UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, Ecuador.
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international (20.103) (17th Edition)*. Gaithersburg, MD, USA.
- Aquino, E. & Sánchez, R. (2015). Fundamentos en la elaboración de un producto de humedad intermedia. .
- Ares, G. (2015). Curso "Vida útil sensorial de alimentos". Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, Argentina.
- Ares, G. (2017). Curso de posgrado "Técnicas cuali-cuantitativas para estudiar la percepción del consumidor". Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.
- Ares, G., & Varela, P. (2017). Trained vs. consumer panels for analytical testing: Fueling a long lasting debate in the field. *Food Quality and Preference*, 61, 79-86. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.006>
- Ares, G., Barreiro, C., Deliza, R., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2010). Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. *Journal of Sensory Studies*, 25, 67–86.
- Ares, G., Barrios, S., Lareo, C., & Lema, P. (2009). Development of a sensory quality index for strawberries based on correlation between sensory data and consumer perception. *Postharvest Biology and Technology*, 52, 97-102. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.11.001>
- Ares, G., de Saldamando, L., Giménez, A., Claret, A., Cunha, L. M., Guerrero, L. & Deliza, R. (2015). Consumers' associations with wellbeing in a food-related context: A cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 40, Part B, 304-315.
- Ares, G., Giménez, A. & Gámbaro, A. (2008). Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. *Food Quality and Preference*, 19(7), 636-643.
- Ares, G., Giménez, A., Vidal, L., Zhou, Y., Krystallis, A., Tsalis, G., Deliza, R. (2016). Do we all perceive food-related wellbeing in the same way? Results from an exploratory cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 52, 62-73.

- Ares, G., Jaeger, S. R., Bava, C. M., Chheang, S. L., Jin, D., Gimenez, A., Varela, P. (2013). CATA questions for sensory product characterization: Raising awareness of biases. *Food Quality and Preference*, 30(2), 114-127.
- Armada, M. (2016). Curso de posgrado "Polisacáridos en Alimentos". Universidad Bacional de Salta. Salta. Argentina.
- Arruti, I., Fernández, M.B. & Martínez, R. (2015) Diseño y Desarrollo de una barra energética para deportistas de triatlón. *Cuidados Humanizados*, 4, 27-31
- ASTM. (1977). *Manual on sensory testing methods* (pp. 77). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM. (1981). *Guidelines for the selection and training of sensory panel members* (pp. 70). Philadelphia: American Society for Testing and Materials
- Aworh, C. (2015). Promoting food security and enhancing Nigeria's small farmers' income through value-added processing of lesser-known and under-utilized indigenous fruits and vegetables. *Food Res Int*, 76, 986–991.
- Ayala, G. (2014). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. RAICES ANDINAS Contribuciones al conocimiento y a la capacitación - Aspectos generales y recursos genéticos de las raíces andinas
- Badui, S. (2012). *La Ciencia de los Alimentos en la práctica*. (E. Pearson Ed.).
- Balcells, M., Núñez de Kairúz, M. & Nader Macias, M. (2013). Composición química, valoración nutricional, satisfacción y aceptabilidad de bayas de goji (*Lycium barbarum* L.) y productos elaborados. *Actualización en Nutrición*, 14, 275-286.
- Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., & Robledo, C.W. (2008). *Manual del Usuario Infostat*. Córdoba, Argentina.
- Barrera Marín, N. (1988). La cidra papa o chayote. Cuaderno de educación ambiental Nº 2.
- Barrera, V.H. , Tapia, C. G. , & Monteros, A. R. (2004). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador C. I. d. I. P. (CIP) (Ed.)
- Bas, D. & Boyaci, I. 2007. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology, *Journal of food engineering*, 78: 836-845.
- Basu, S. & Shivhare, U.S. (2010). Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 100, 357-365.
- Basu, S., Shivhare, U. S., & Singh, T. V. (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 114, 465-476.
- Bello Pérez, L. A., Sáyago Ayerdi, S.G., Villagómez Méndez, J., Montiel Salas, L. (2000) Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. *Agrociencia*, 34, 5, 553-560.

- BeMiller, J. (2011). Pasting, paste, and gel properties of starch-hydrocolloid combinations. *Carbohydrate Polymers*, 86, 386– 423.
- Bernués, A., Olaizola, A., & Corcoran, K. (2003). Labelling information demanded by European consumers and relationships with purchasing motives, quality and safety of meat. *Meat Science*, 65(3), 1095-1106.
- Bertuzzi, A. & Slavutsky, A. (2015). Curso de posgrado Películas y encapsulados basados en matrices biopoliméricas. Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.
- Biduski, B., Silva, W., Colussi, R., Halal, S., Lim, L., Guerra Dias, Á., & Zavareze, E. (2018). Starch hydrogels: The influence of the amylose content and gelatinization method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 443-449.
- Borda, M. (2011) "Formulación de una base para aderezo de ensaladas con características de alimento funcional" TESIS de Maestría en Tecnología de Alimentos. Buenos Aires, Argentina.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*.
- Brandt, M., Skinner, E., & Coleman, J. (1963). Texture profile analysis. *Journal of Food Science*, 28, 404-409.
- Brumovsky, L. (2014). *Química del Almidón*. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.
- Cabrera, A., Madrigal, A. , & Joel Vázquez, G. (2007). Extracción y Caracterización Química de Almidón de Plátano y Banano de las Variedades FHIA-01, 20, 21 y 23. Paper presented at the IX CONGRESO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS y V FORO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.
- Cabrera, P., Tárraga, A. & Costell, E. (2011). Optimización de la aceptabilidad de un postre lácteo con carácter prebiótico. Trabajo de tesis para optar por el título de Máster en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Cadena Iñiguez, J., Hernández, M., Arévalo Galarza, M., Avendaño, C., Aguirre Medina, J.F., Ruiz Posadas, L. (2011). Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. comparadas con parientes silvestres. *Rev. Chapingo Ser.Hortic*, 17, 2.
- Cadena, R. S., Cruz, A. G., Netto, R. R., Castro, W. F., Faria, J. A. F. & Bolini, H. M. A. (2013). Sensory profile and physicochemical characteristics of mango nectar sweetened with high intensity sweeteners throughout storage time. *Food Research International*, 54, 1670-1679.
- Calisto Guzmán, L.A. (2009). Desarrollo de producto Snack a base de materias primas no convencionales. (Ingeniero en Alimentos), Universidad de Chile.
- Camarena, D., & Sanjuán, A. (2008). Una aplicación de la escala de fobia a los alimentos nuevos. El caso de los alimentos étnicos. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 8(2), 93-104.

- Cappella, A. (2016). Desarrollo de barra de cereal con ingredientes regionales, saludable nutricionalmente. (Licenciatura en bromatología) Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.
- Cardarelli, H., Buriti, F., Castro, I. , & Saad, S. . (2007). Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially symbiotic petit-suisse cheese. . *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1037-1046.
- Cardello, A. V., Schutz, H., Snow, C. & Leshner, L. (2000). Predictors of food acceptance, consumption and satisfaction in specific eating situations. *Food Quality and Preference*, 11(3), 201-216.
- Carvalho Salvador, A., de Souza Dantas, M.I., & Mileib Vasconcelos, C. (2012). Development of a low calorie yacon jam: physico chemical, microbiological and sensory characterization. *Rev. Chil. Nut.*, 39, 72-77.
- Casas, E. (2003). Microorganismos responsables de alteraciones en alimentos altamente azucarados. (Tesis doctoral), Universidad Complutense de Madrid, España.
- Casiello, M. A. (2017). Tema 11: Los sistemas sensoriales. Resumen del libro: Fundamentos de Psicobiología. Editorial Sanz y Torres – UNED.
- Castellanos, L. (2016). El oído en el análisis sensorial. *Análisis Sensorial de alimentos*.
- Castro, A., Novoa, C., Algecira, N. & Buitrago, G. (2014). Reología y textura de quesos bajos en grasa. *RECyT*, 22, 58–66.
- Catania, C., & Avagnina, S. (2007). El análisis sensorial.
- Cerezo Chacón, F. (2014). Producción de manzanas. Texto Guía del participante.
- Charles Aworh, O. (2015). Promoting food security and enhancing Nigeria's small farmers' income through value-added processing of lesser-known and under-utilized indigenous fruits and vegetables. *Food Research International*, 76, Part 4, 986-991.
- Chavez, P. (2008). La Papa, Tesoro de los Andes.
- Cheftel, J. & Cheftel, H. (1976). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos vol I y II. Editorial Acribia.
- Chen, L. & Opara, U.L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review. *Journal of Food Engineering*, 119, 497-507.
- Chu, C. & Lu, H. (2007). Factors influencing online music purchase intention in Taiwan: An empirical study based on the value-intention framework. *Internet Research*, 17, 139-155.
- Clavijo Ponce, N. , & Pérez Martínez, M. . . (2014). Tubérculos andinos y conocimiento agrícola local en comunidades rurales de Ecuador y Colombia Vol. 74. Cuadernos de Desarrollo Rural II (pp. 149-166).
- Collinsworth, L. A., Lammert, A. M., Martinez, K. P., Leidheiser, M., Garza, J., Keener, M., & Ashman, H. (2014). Development of a novel sensory method: Image Measurement of Emotion and Texture (IMET). *Food Quality and Preference*, 38, 115-125.

- Colombo, A. , Leon, A, & Ribotta, P.D. (2010). Rheological and calorimetric properties of corn-, wheat-, and cassava- starches/soybean protein concentrate composites. *Starch*, 00, 1-13.
- Company, Nielsen. (2014). Encuesta Global de Nielsen sobre Snacking.
- Condori, B., Mamani, P., Botello, R., Patiño, F., Devaux, A., & Ledent, J. F. (2008). Agrophysiological characterisation and parametrisation of Andean tubers: Potato (*Solanum sp.*), oca (*Oxalis tuberosa*), isaño (*Tropaeolum tuberosum*) and papalisa (*Ullucus tuberosus*). *European Journal of Agronomy*, 28, 526-540.
- Contreras Lozano, K. (2015). Desarrollo de una bebida de maíz dulce (*Zea mays* var. *Saccharata*) con adición de hidrocoloides y aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). (Magister en Ingeniería Agroindustrial). Universidad Nacional de Colombia.
- Corzo, N., Alonso, J. L., Azpiroz, F., Calvo, M.A. , Cirici, M. , Leis, R. , Lombó, F., Mateos-Aparicio, I., Plou, F.J., Ruas-Madiedo, P., Rúperez, P., Redondo-Cuenca, A., Sanz, M.L. y Clemente, M. (2015) Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, 31, 1.
- Council, National Research. (1989). *Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation* N. A. Press (Ed.)
- Cristobal, S. (2008). Consumo de productos snacks en niños de 4º, 5º y 6º grado de la EPB. (Lic. en Nutrición), Universidad Fasta.
- Cruz, G., Ribotta, P., Ferrero, C., & Iturriaga, L. (2016). Physicochemical and rheological characterization of Andean tuber starches: Potato (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and Papalisa (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Starch*, 68, 1084-1094.
- Cuesta Muñoz, A. (2012). Metodología de Superficie de Respuesta, gran alternativa para incrementar la productividad de los procesos. Centro de ingeniería de la calidad. Cali Colombia.
- Culetu, A., Manolache, F. A. & Duta, D. E. (2014). Exploratory Study of Physicochemical, Textural and Sensory Characteristics of Sugar-Free Traditional Plum Jams. *Journal of Texture Studies*, 45, 138-147.
- Dairou, V., & Sieffermann, J.M. (2002). A Comparison of 14 Jams Characterized by Conventional Profile and a Quick Original Method, the Flash Profile. *Sensory and Nutritive Qualities of Food*, 67.
- Dak, M., Verma, R. C., & Sharma, G. P. (2006). Flow characteristics of juice of "Totapuri" mangoes. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 557-561. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.002>
- Damsbo-Svendsen, M., Frøst, M., & Olsen, A. (2017). Development of novel tools to measure food neophobia in children. *Appetite*, 113, 255-263.

- Danalache, F., Carvalho, C. Y., Alves, V. D., Moldão-Martins, M., & Mata, P. (2016). Optimisation of gellan gum edible coating for ready-to-eat mango (*Mangifera indica* L.) bars. *International Journal of Biological Macromolecules*, 84, 43-53.
- de Andrade, J., de Aguiar Sobral, L., Ares, G., & Deliza, R. (2016). Understanding consumers' perception of lamb meat using free word association. *Meat Science*, 117, 68-74.
- de Andrade, J., Nalério, E., Giongo, C., de Barcellos, M., Ares, G. & Rosires, D. (2016). Influence of evoked contexts on rating-based conjoint analysis: Case study with lamb meat. *Food Quality and Preference*, 53, 168-175.
- De Pascual-Teresa, S.; Moreno, D.A. & García-Viguera, C. (2010) Flavanols and Anthocyanins in Cardiovascular Health: A Review of Current Evidence. *Int. J. Mol. Sci.*, 11, 1679-1703.
- Dejaegher, B. y Heyden, Y. 2011. Experimental designs and their recent advances in set-up, data interpretation, and analytical applications, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 56:141– 158.
- Del Castillo, V., Armada, M. & Gottifredi, J.C.c(2000). Alimentos de humedad intermedia para ancianos en base a extrusado de maiz:soja, adicionado con calcio. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50, 296-300.
- Delarue, J. & Sieffermann, J.M. (2004). Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*, 15(4), 383-392.
- Delarue, J. (2015). 6 - Flash Profile, its evolution and uses in sensory and consumer science. In J. Delarue, J. B. Lawlor & M. Rogeaux (Eds.), *Rapid Sensory Profiling Techniques* (pp. 121-151): Woodhead Publishing.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos: determinación de color en mieles. *INVENIO* 13, 145-152.
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., & Flores, R. (2010). El sector papa en la región andina. Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa. .
- Devezeaux de Lavergne, M., Derks, J. A. M., Ketel, E. C., de Wijk, R. A., & Stieger, M. (2015). Eating behaviour explains differences between individuals in dynamic texture perception of sausages. *Food Quality and Preference*, 41, 189-200.
- Devezeaux de Lavergne, M., Derks, J. A. M., Ketel, E. C., de Wijk, R. A., & Stieger, M. (2015). Eating behaviour explains differences between individuals in dynamic texture perception of sausages. *Food Quality and Preference*, 41, 189-200. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.12.006>
- Dhital, S., Shrestha, A., Hasjim, J. & Gidley, M. (2011). Physicochemical and Structural Properties of Maize and Potato Starches as a Function of Granule Size. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 10151–10161.

- Dogan, H. & Kokini, J. (2006). Rheological Properties of Foods. DOI: 10.1201/9781420014372.ch1.
- Donoghue, S. (2000). Projective techniques in consumer research. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 28, 47-53.
- Dubois, M., Savage, G. P., & Martin, R. J. (2007). The effect of cooking on the composition and colour of New Zealand grown oca. *Food Chemistry*, 104, 768-773.
- Dughetti, A.C., Kirschbaum, D.S. & Conci, V.C. (2017). Especies de virus y pulgones encontrados en cultivos de frutilla en Argentina. *RIA. Rev. investig. agropecu.*, 43.
- Dutcosky, S., Grossmann, M.V., Silva, R.S. & Welsch, A.K. (2006). Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. *Food chemistry*, 98, 630-638.
- Kenney, E. & K., Adhikari. (2016). Recent developments in identifying and quantifying emotions during food consumption. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 3627-3630.
- Egbekun, M.K., Nda-Suleiman, E.O., & Akinyeye, O. (1998). Utilization of fluted pumpkin fruit (*Telfairia occidentalis*) in marmalade manufacturing. *Plant foods for human nutrition*, 52, 171-176.
- Ekpong, A., Ngarmsak, T., & Winger, R. J. (2006). Comparing sensory methods for the optimisation of mango gel snacks. *Food Quality and Preference*, 17(7), 622-628.
- Escobar, B., Estévez, A. & Guíñez, M. A. (2000). Almacenamiento de barras de cereales elaboradas con cotiledones de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50.
- Espín Tapia, M.X. (2012). Uso de la zanahoria amarilla (*Daucus carota*) mediante una mezcla con manzana a diferentes concentraciones de pectina para elaborar una mermelada. . (Food Engineer), Universidad Técnica de Ambato Ecuador Republic.
- Espin, S., Gonzalez-Manzano, S., Taco, V., Poveda, C., Ayuda-Durán, B., Gonzalez-Paramas, A. M., & Santos-Buelga, C. (2016). Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry*, 194, 1073-1080. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.131>
- Espinosa, R., & Abad, C. (1996). Raíces y tubérculos andinos. Cultivos marginados en el Ecuador. Situación actual y limitaciones para la producción. .
- Falciglia, G. A., Couch, S. C., Gribble, L. S., Pabst, S. M., & Frank, R. (2000). Food Neophobia in Childhood Affects Dietary Variety. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(12), 1474-1481.
- FAO, Food and Agriculture Organization. (1994). Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective. In FAO (Ed.), (pp. 34–36). Rome.
- FAO. (1994). Neglected crops: 1492 from a different perspective.

- Featherstone, Susan. (2016). 9 - Jams, jellies, and related products A2 A Complete Course in Canning and Related Processes (Fourteenth Edition) (pp. 313-349): Woodhead Publishing.
- Fernández, D., & Failde de Calvo, V. (2008). Cultivos Andinos. Salta, Argentina.
- Fernández-Ruiz, V., Claret, A., & Chaya, C. (2013). Testing a Spanish-version of the Food Neophobia Scale. *Food Quality and Preference*, 28(1), 222-225.
- Ferreras Charro, R. (2009). Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo. (Ingeniería Técnica Agrícola (Especialidad Industrias Agrarias y Alimentarias). Universidad de Salamanca.
- Ferro, E. (2016). En Salta, un grupo de jóvenes protege a los frutales. INTA Informa.
- Figuerola, F., Estévez, A., & Avendaño, O. (2008). Desarrollo de un alimento de humedad intermedia de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Fiszman, S., Salgado, N., Orrego, C. E., & Ares, G. (2015). Comparison of methods for generating sensory vocabulary with consumers: A case study with two types of satiating foods. *Food Quality and Preference*, 44, 111-118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.005>
- Flores Huamán, C. (2018). Efecto de la proporción de membrillo:mango deshidratado sobre el color, sabor, firmeza y aceptabilidad general de barras energéticas de cereales. (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
- Foegeding, E. A. (2007). Rheology and sensory texture of biopolymer gels. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 12(4), 242-250.
- Frank, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87, 2.
- Fuentes Alarcón, R. & Arana Errasquin, R. (2005).Elaboración de un Alimento de Humedad Intermedia de Nanche (*Byrsonima crassifolia*) utilizando el diseño de Mezclas. VII Congreso Nacional de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Guanajuato, México.
- Fuenzalida, N. C. (2008). Determinación de la cantidad de fenoles totales y la actividad antioxidante en papas nativas pigmentadas. (Licenciado en Agronomía), Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. .
- Galkowska, D., Dlugosz, M., & Juszczak, L. (2013). Effect of high methoxyl pectin and sucrose on pasting, rheological, and textural properties of modified starch systems. *Starch*, 65, 499-508.
- Galván Romo, L. (2007). Evaluación sensorial: quesos de oveja y cabra. Cuaderno Tecnológico Nº 5 lácteos. INTI, Lácteos. Argentina.
- Gámbaro, A. (2016). Curso "Evaluación sensorial de alimentos con consumidores". Universidad Nacional de Jujuy, Jujuy, Argentina.

- Gambaro, A. (2018). Projective techniques to study consumer perception of food. *Current Opinion in Food Science*, 21, 46-50.
- García Almeida, J.M., Casado, G. & García Alemán, J. (2013). Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación. *Nutrición Hospitalaria*, 28, 17-31.
- García Robles Gutierrez, C. (2009). Caracterización de almidón de yuca fosfatado por medio de extrusión termoplástica para su uso en la encapsulación de D-Limoneno. (Master en Ciencia y Tecnología de los Alimentos) Universidad Autónoma de Queretaro. México.
- García Rodríguez, P. (2011). Obtención y caracterización de almidones modificados y su aplicación como agentes encapsulantes del bioinsecticida *Bacillus thuringiensis*. (Ingeniero en alimentos) Universidad Autónoma de Queretaro. México.
- Garitta, L., Hough, G., & Chaves, A. (2013). Sensory analysis of broccoli over time: Consumer defined critical attributes and evaluation of digital photographs in comparison to real product appearance. *Food Quality and Preference*, 29(1), 48-52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.02.001>
- Garrido, J. I., Lozano, J. E., & Genovese, D. B. (2015). Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1, Part 1), 325-332.
- Garzón, M.L. (2006) Almidón retrogradado para uso en compresión directa. I. Caracterización y pregelatinización del almidón de chayote. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37, 1, 18-28.
- Gaspar, A. (2017). Curso de posgrado "Reología en alimentos". Universidad Nacional de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Gašperlin, M., Tušar, L., Tušar, M., Kristl, J., & Šmid-Korbar, J. (1998). Lipophilic semisolid emulsion systems: viscoelastic behaviour and prediction of physical stability by neural network modelling. *International Journal of Pharmaceutics*, 168(2), 243-254. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(98\)00099-4](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(98)00099-4)
- Gibson, G. & Delzenne, N. (2008) Inulin and Oligofructose. *Nutricion Today*, 43(2), 54–59.
- Gibson, G. R. & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiote: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125.
- Giménez, A., Ares, F. & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311-325.
- Giménez, A., Varela, P., Salvador, A., Ares, G., Fiszman, S., & Garitta, L. (2007). Shelf life estimation of brown pan bread: A consumer approach. *Food Quality and Preference*, 18(2), 196-204.
- Goldner, M. C., Lescano, G. & Armada, M. (2013). Food menus evaluation for most liked products in children from Puna, region of Argentina. *Appetite*, 61, 66-76.

- Goldner, M.C., Pérez, O.E., Pilosof, A.M.R. & Armada, M. (2012). Comparative study of sensory and instrumental characteristics of texture and color of boiled under-exploited Andean tubers. . *LWT-Food Sci Technol*, 47, 83–90.
- Gómez, A. (2000). Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas.
- Gómez, R., Carmona, MA. , & Fernández-Salguero, J. (1991). Estudio de los alimentos de humedad intermedia españoles. Paper presented at the II Jornadas científicas sobre "Alimentación española", Facultad de veterinaria, Granada. España.
- González Cabrera, M.V. (2016). Innovación de postres incorporando raíces andinas con el fin de rescatar su valor gastronómico en la ciudad de Cuenca. (LICENCIADA EN GASTRONOMIA Y SERVICIOS DE ALIMENTOS Y BEBIDAS), Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.
- Granato, D., Ribeiro, J., Castro, I., & Masson, M. (2010). Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surface methodology. *Food Chemistry*, 121(3), 899-906.
- Guerrero, L., Claret, A., Verbeke, W., Enderli, G., Zakowska-Biemans, S., Vanhonacker, F., Hersleth, M. (2010). Perception of traditional food products in six European regions using free word association. *Food Quality and Preference*, 21(2), 225-233.
- Guerrero, L., Guàrdia, M. D., Xicola, J., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Zakowska-Biemans, S., Hersleth, M. (2009). Consumer-driven definition of traditional food products and innovation in traditional foods. A qualitative cross-cultural study. *Appetite*, 52, 345-354.
- Guerrero, L., Guàrdia, M. D., Xicola, J., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Zakowska-Biemans, S., Hersleth, M. (2009). Consumer-driven definition of traditional food products and innovation in traditional foods. A qualitative cross-cultural study. *Appetite*, 52, 345-354. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2008.11.008>
- Guidetti, M., Carraro, L., Cavazza, N., & Roccato, M. (2018). Validation of the revised Food Neophobia Scale (FNS-R) in the Italian context. *Appetite*, 128, 95-99.
- Guirao, M. (1980). Los sistemas sensoriales. Métodos psicofísicos. In Athlambra (Ed.), *Los sentidos, bases de la percepción*. . Madrid, España.
- Gutjar, S., de Graaf, C., Kooijman, V., de Wijk, R.A., Nys, A., ter Horst, G. J., & Jager, G. (2015). The role of emotions in food choice and liking. *Food Research International*, 76, Part 2, 216-223.
- Hayakawa, F., Kazami, Y. , Ishihara, S. , Nakao, S., Nakauma, M., Funami, T., Kohyama, K. (2014). Characterization of eating difficulty by sensory evaluation of hydrocolloid gels. *Food Hydrocolloids*, 38, 95-103.
- Hermann, M. (2014). [Native potatoes from the Andes].
- Hernández Alarcón, E. (2005). Evaluación Sensorial. Curso tecnología de cereales y oleaginosas. Guía didáctica.

- Hernández Arcila, M.G. (2011). Formulación de una barra alimenticia a base de frutos secos, avena y miel. (Magister en Ciencia de los Alimentos), Universidad Simón Bolívar.
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J.G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28, 718-726.
- Hirsh, K.W., & Tree, J. J. (2001). Word association norms for two cohorts of British adults. *Journal of Neurolinguistics*, 14(1), 1-44.
- Hobden, K., & Pliner, P. (1995). Effects of a Model on Food Neophobia in Humans. *Appetite*, 25(2), 101-114.
- Hough, G. (2006). Workshop summary: Sensory shelf-life testing. *Food Quality and Preference*, 17, 640–645.
- Hough, G., & Fiszman, S. (2005). *Estimación de la Vida Útil Sensorial de Alimentos*. Valencia, España: CYTED.
- Hough, G., & Sosa, M. (2015). Food choice in low income populations – A review. *Food Quality and Preference*, 40, 334-342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.05.003>
- Hough, G., Garitta, L., & Sánchez, R. (2004). Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. *Food Quality and Preference*, 15(7), 729-734.
- Hough, G., Sánchez, R. H., Garbarini de Pablo, G., Sánchez, R. G., Calderón Villaplana, S., Giménez, A. M., & Gámbaro, A. (2002). Consumer Acceptability Versus Trained Sensory Panel Scores of Powdered Milk Shelf-Life Defects. *Journal of Dairy Science*, 85(9), 2075-2080.
- Huarte, M.A. & Capezio, S. B. (2013). *Cultivo de papa*. Documento INTA.
- Hurtado, N.H., Morales, A. L., González-Miret, M. L., Escudero-Gilete, M. L., & Heredia, F. J. (2009). Colour, pH stability and antioxidant activity of anthocyanin rutinosides isolated from tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry*, 117(1), 88-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.081>
- Idígoras, G. (2014). *Producción y procesamiento de productos frutihortícolas - Documento de referencia*. . Argentina.
- Igual, M., Contreras, C., & Martínez-Navarrete, N. (2014). Colour and rheological properties of non-conventional grapefruit jams: Instrumental and sensory measurement. *LWT - Food Science and Technology*, 56, 200-206.
- Ikeda, S., & Nishinari, K. (2001). “Weak Gel”-Type Rheological Properties of Aqueous Dispersions of Nonaggregated K-Carrageenan Helices. *J. Agric. Food Chem.* , 49, 4436-4441.
- Infostat. (2016) (Version Profesional). Universidad Nacional de Córdoba.
- IRAM 20008 (1997) *Análisis sensorial. Metodología. Ensayo triangular*
- IRAM 20012 (1997). *Análisis sensorial. Métodos para determinar el perfil del flavor*.

- IRAM 20013 (2001). Análisis sensorial. Metodología. Perfil de textura.
- IRAM. 20001(1995). Análisis sensorial: Vocabulario (Vol. 20001).
- ISO. (2005). Sensory analysis -- Methodology -- General guidance (Vol. 6658).
- ISO. (2016). Sensory analysis -- Methodology -- General guidance for establishing a sensory profile (Vol. ISO 13299).
- Jacobsen, S.-E., A., Mujica, & R., Ortiz. (2003). La Importancia de los Cultivos Andinos. *FERMENTUM*, 36, 14-24.
- Jaeger, S. R., & Meiselman, H. L. (2004). Perceptions of meal convenience: the case of at-home evening meals. *Appetite*, 42(3), 317-325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2004.01.005>
- Jaeger, S. R., Beresford, M. K., Paisley, A. G., Antúnez, L., Vidal, L., Cadena, R. S., Ares, G. (2015). Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. *Food Quality and Preference*, 42, 154-164.
- Jaeger, S. R., Giacalone, D., Roigard, C. M., Pineau, B., Vidal, L., Giménez, A., Ares, G. (2013). Investigation of bias of hedonic scores when co-eliciting product attribute information using CATA questions. *Food Quality and Preference*, 30(2), 242-249.
- Jaeger, S. R., Rasmussen, M. A., & Prescott, J. (2017). Relationships between food neophobia and food intake and preferences: Findings from a sample of New Zealand adults. *Appetite*, 116, 410-422.
- Jager, G., Schlich, P., Tijssen, I., Yao, J., Visalli, M., de Graaf, C., & Stieger, M. (2014). Temporal dominance of emotions: Measuring dynamics of food-related emotions during consumption. *Food Quality and Preference*, 37, 87-99.
- Jiménez, M.E., & Samman, N. (2014). Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64, 131-138.
- Jiménez, M.J., & Herrera, Susana. (2003). Fundamentos para el manejo de alimentos: CriSol.
- Jobling, S. (2004). Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biology*, 7(2), 210-218.
- Joyner, H. (2018). Explaining food texture through rheology. *Sensory science and consumer perception*, 21, 7-14.
- Juliano, B. O. (1971). A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. *International Rice Research Institute*, 16, 333-340.
- Kamiloglu, S., Pasli, A.A., Ozcelik, B., Van Camp, J. , & Capanoglu, E. . (2015). Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and in vitro gastrointestinal digestion. *J. of Functional Foods*, 13, 1-10.

- Kaur, L., Singh, N. & Sodhi, N.S (2002). Some properties of potatoes and their starches II. Morphological, thermal and rheological properties of starches. *Food Chemistry*, 79(2): p. 183-192.
- Kaur, N. & Gupta, A. (2002) Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Bioscience*, 27, 7, 703-714.
- Kilcast, D. (2001). Modern methods of texture measurement. Leatherhead Food Research Association.
- Kim, H-S., & BeMiller, J. N. (2012). Effects of hydrocolloids on the pasting and paste properties of commercial pea starch. *Carbohydrate Polymers*, 88(4), 1164-1171.
- King, S. C., & Meiselman, H. L. (2010). Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Quality and Preference*, 21, 168-177.
- King, S. C., Meiselman, H. L., & Carr, B. T. (2010). Measuring emotions associated with foods in consumer testing. *Food Quality and Preference*, 21, 1114-1116.
- Kirschbaum, D.S.; Vicente, C.E.; Cano-Torres, M.A.; Gambardella-Casanova, M.; Veizaga-Pinto, F.K.; Correa- Antunes, L.E. (2016). Strawberry in South America: from the Caribbean to Patagonia. *Acta Horticulturae*. ISHS Acta Horticulturae 1156: VIII International Strawberry Symposium
- Kirschbaum, R. (2015). Snacks: la movida se agiganta y suma nuevos jugadores, Clarín.
- Koppel, K, Timberg, L, Salumets, A, & Paalme, T. (2011). Possibility for strawberry jam sensory standard. *Journal of Sensory Studies* 26, 71-80.
- Kostyra, Eliza, Wasiak-Zys, Grażyna, Rambuszek, Michał, & Waszkiewicz-Robak, Bożena. (2016). Determining the sensory characteristics, associated emotions and degree of liking of the visual attributes of smoked ham. A multifaceted study. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 246-253.
- Kramer, A., & Twigg, A. (1960). Principles and instrumentation for the physical measurement of food quality with special reference to fruit and vegetable products: University of Maryland, College Park, Maryland.
- Kreutzmann, S., Thybo, A. K., & Bredie, W. L. P. (2007). Training of a sensory panel and profiling of winter hardy and coloured carrot genotypes. *Food Quality and Preference*, 18, 482-489.
- Krystyan, M., Ciesielski, W., Khachatryan, G., Sikora, M. , & Tomasik, P. . (2015). Structure, rheological, textural and thermal properties of potato starch-inulin gels. *LWT-FoodSci. and Technol.* , 60, 131-136.
- Kuentz, M., & Röthlisberger, D. (2003). Rapid assessment of sedimentation stability in dispersions using near infrared transmission measurements during centrifugation and oscillatory rheology. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 56(3), 355-361. doi: [https://doi.org/10.1016/S0939-6411\(03\)00108-5](https://doi.org/10.1016/S0939-6411(03)00108-5)

- Kung, E., Arroyo, A. y Valdez, J. 2013. Optimización de la aceptabilidad general mediante pruebas afectivas y metodología de superficie de respuesta de una bebida a base de una mezcla seca de polvo de cacao, *Scientia Agropecuaria*, 4:191 – 197.
- Langlands, S. J. (2004) Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of the human large bowel. *An International Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 53, 11.
- Laureati, M., Spinelli, S., Monteleone, E., Dinnella, C., Prescott, J., Cattaneo, C., Pagliarini, E. (2018). Associations between food neophobia and responsiveness to “warning” chemosensory sensations in food products in a large population sample. *Food Quality and Preference*, 68, 113-124.
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices*. USA: Springer.
- Lawless, H.T., & Heymann, H. (1998). *Sensory evaluation of food: principles and practices* (C. Hall Ed.).
- Leitch, K. A., Duncan, S. E., O’Keefe, S., Rudd, R., & Gallagher, D. L. (2015). Characterizing consumer emotional response to sweeteners using an emotion terminology questionnaire and facial expression analysis. *Food Research International*, 76, Part 2, 283-292.
- Liu, H., Xu, X.M., & Guo, Sh.D. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 946–954.
- Liu, J., Bredie, W. L. P., Sherman, E., Harbertson, J. F., & Heymann, H. (2018). Comparison of rapid descriptive sensory methodologies: Free-Choice Profiling, Flash Profile and modified Flash Profile. *Food Research International*, 106, 892-900.
- Liu, J., Grønbeck, M., Di Monaco, R., Giacalone, D., & Bredie, W. L. P. (2016). Performance of Flash Profile and Napping with and without training for describing small sensory differences in a model wine. *Food Quality and Preference*, 48, 41-49.
- López Orozco, M., Mercado Flores, J., Bautista Justo, M., Martínez Soto, G. y Magaña Ramírez, J. L. (2010) Optimización de mermelada dietética de tunas. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos Guanajuato, Salamanca, México.
- López, E. P., & Goldner, M. C. (2015). Influence of storage time for the acceptability of bread formulated with lupine protein isolate and added brea gum. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1171-1178.
- López, O. V. (2011). Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón. Universidad Nacional de La Plata.
- Lotufo Haddad, A., Margalef, M.I. , Armada, M., & Goldner, M. C. (2017). Physico-chemical and sensory properties of marmalades made from mixtures of fruits and under-exploited Andean tubers. *J Sci Food Agric* 97, 4124-4134.

- Loyo Narvaez, A. (2013). Elaboración y expendio de chips de quinua en Ecuador. (Licenciada en Gastronomía). Universidad de las Américas.
- Madrigal, L. & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 4, 57.
- Magri Harsich, G. (2008). El patrimonio gastronómico como parte del turismo. *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*, 10.
- Maiz, E. & Balluerka, N. (2018). Trait anxiety and self-concept among children and adolescents with food neophobia. *Food Research International*, 105, 1054-1059.
- Makuch, M., García, S., Asprelli, P., Lorello, M.I., Togno, L., Peralta, I.E. , & Occhiuto, P.N. (2014). Catálogo de poblaciones criollas de pimiento, tomate y zapallo colectadas en valles andinos de la Argentina INTA (Ed.)
- Maldonado, S. & Singh, J. C. (2008). Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. *Food Science and Technology (Campinas)*, 28, 429-434.
- Mali, S., Ferrero, C., Redigonda, V., Beleia, A. P., Grossmann, M. V. E., & Zaritzky, N. E. (2003). Influence of pH and hydrocolloids addition on yam (*Dioscorea alata*) starch pastes stability. *LWT - Food Science and Technology*, 36(5), 475-481.
- Manazael Zuliani, J., da Silva Barbosa, M., de Alencar Simoni, J., & Sabadini, E. (2018). Solubility and molar enthalpy of solution of sucralose in H<sub>2</sub>O and D<sub>2</sub>O. *Fluid Phase Equilibria*, 460 (25), 45-50.
- Markey, O., Lovegrove, J. A., & Methven, L. (2015). Sensory profiles and consumer acceptability of a range of sugar-reduced products on the UK market. *Food Research International*, 72, 133-139.
- Marroquin, C. (2012). Formulación y aceptabilidad de barras de amaranto para población escolar. (Lic. en Nutrición), Universidad Rafael Lavinder.
- Martínez Reinoso, F. A. (2009). Caracterización morfológica e inventario de conocimientos colectivos de variedades de papas nativas (*Solenum tuberosum*, L.) en la provincia de Chimborazo (Ingeniero Agrónomo), Riobamba, Ecuador.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur* 42.
- Matignon, A. & Tecante, A. (2017). Starch retrogradation: From starch components to cereal products. *Food Hydrocolloids*, 68, 43-52.
- McKenna, B.M. & Lyng, J.G. (2003). Introduction to food rheology and its Measurement. *Texture in Food: Semi-Solid Foods*. University College Dublin, Ireland
- Meiselman, H. L. (2013). The future in sensory/consumer research: Evolving to a better science. *Food Quality and Preference*, 27, 208–214.
- Meiselman, H. L. (2015). A review of the current state of emotion research in product development. *Food Research International*, 76, Part 2, 192-199.

- Meiselman, H. L. (2017). Emotion measurement: Theoretically pure or practical? *Food Quality and Preference*, 62, 374-375. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.05.011>
- Mejía Cárdenas, A.L. (2003). Evaluación del tiempo de vida útil y estabilidad de las propiedades de calidad de grano reventado de amaranto y sus subproductos. (Ingeniero agroindustrial), Ecuador.
- Melian Subiabre, D. (2010). Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y dos Variedades Comerciales. (Licenciada en Ciencia de los Alimentos) Universidad Austral de Chile.
- Méndez, M., Núñez, M., y Solorza, J. (2010). Introducción a la reología. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Mendonça, C. R. B., Zambiasi, R.C., Ularte, G.M., & Granada, G.G. (2005). Características sensoriais de compotas de pêssego light elaboradas com sucralose e acesulfame-k. *Ciencia y Tecnología de los alimentos (Campinas)*, 25, 401-407.
- Mendoza, F. & Aguilera, J.M. (2006). Application of Image Analysis for Classification of Ripening Bananas. *Journal of food Science*, 69.
- Mertz, C., Gancel, A., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Vaillant, F., . . . Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5), 381-387. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.06.008>
- Meullenet, J.F., Lyon, B.G., Carpenter, J., & Lyon, C.E. (1998). Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. *Journal of Sensory Studies* 13, 77-93.
- Mezger, T. G. (2006). *The Rheology Handbook* (2nd ed.). Hannover: Vicentz Network.
- Minetti, F. (2014). Determinación de la energía bruta y aceptabilidad sensorial de un postre lácteo. Paper presented at the V Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina. .
- Ministerio de Salud Pública de la Nación Argentina, 2009. Estrategia Nacional para la Prevención y Control de Enfermedades no Transmisibles y el Plan Nacional Argentina Saludable.
- Mirabi, V., Akbariyeh, H., & Tahmasebifard, H. (2015). A Study of Factors Affecting on Customers Purchase Intention. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology* 2.
- Miserendino, E. (2007). Frutilla: Implantación del cultivo bajo cubierta en la Patagonia. Publicación INTA.
- Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. D. (2009). Simplified algorithm for the prediction of water sorption isotherms of fruits, vegetables and legumes based upon chemical composition. *Journal of Food Engineering*, 94(3), 334-343. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.03.026>

- Moskowitz, H. R. (1996). Experts versus consumers: A comparison. *Journal of Sensory Studies*, 11, 19–37.
- Moussaoui, K. A., & Varela, P. (2010). Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1088-1099.
- Moynihan, P.J. , & Kelly, S.A.M. . (2014). Effect on Caries of Restricting Sugars Intake: Systematic Review to Inform WHO Guidelines. *Journal of Dental Research*, 93, 8-18.
- Muller, H.G. (1973). *Introducción a la reología de los alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Muñoz, A. M. (2002). Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities. *Food Quality and Preference*, 13(6), 329-339.
- Murray, J. M., Delahunty, C. M., & Baxter, I. A. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34(6), 461-471. doi: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00070-9)
- Nascimento, G., Simas-Tosin, F., Iacomini, M., Gorin, P., & Cordeiro, L. M. C. (2016). Rheological behavior of high methoxyl pectin from the pulp of tamarillo fruit (*Solanum betaceum*). *Carbohydrate Polymers*, 139, 125-130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.067>
- Naser, J. (2013). *Papas andinas: la necesidad de conservar variedades ancestrales*, Comunicación CONICET - Divulgación científica.
- Niness, K. R. (1999) Inulin and oligofructose: What are they?. *Journal of Nutrition*.
- Olagnero, G.; Abad, A.; Bendersky, S.; Genevois, C.; Granzella, L.y Montonati, M. (2007) *Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos*. *Diaeta*, 25 (121), 20-33.
- Olivas Gastelum, R., Nevárez Moorillón, G., & Gastélum Franco, M.G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia*, 3(1).
- Olivera, M., Ferreyra, V., Giacomino, S., Curia, A., Pellegrina, N., Fournier, M. & Apro, N. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Rev Chil Nutr.*, 39, 18-25.
- Orozco, N. (2012). *Snack y golosinas: la selección de ingredientes saludables*. Food Technology Submmit and Expo 5ª Edición. México.
- Orqueda, M., Rivas, M., Zampini, I., Alberto, M., Torres, S., Cuello, S., . . . Isla, M. (2017). Chemical and functional characterization of seed, pulp and skin powder from chilito (*Solanum betaceum*), an Argentine native fruit. Phenolic fractions affect key enzymes involved in metabolic syndrome and oxidative stress. *Food Chemistry*, 216, 70-79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.015>
- Osgood, C. E., Suci, G., & Tannenbaum, P. (1957). *The Measurement of Meaning*: Urbana: University of Illinois Press.

- Osorio, C., Hurtado, N., Dawid, C., Hofmann, T., Heredia-Mira, F., & Morales, A. L. (2012). Chemical characterisation of anthocyanins in tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) and Andes berry (*Rubus glaucus* Benth.) fruits. *Food Chemistry*, 132(4), 1915-1921. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.026>
- Ospina Casas, K. (2016). Estudio de la interacción de hidrocoloides empleados en alimentos y su efecto en las propiedades reológicas y de textura sensorial e instrumental (Magister en Ciencia y Tecnología de los alimentos), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- O'Sullivan, Maurice G. (2017). Chapter 4 - Rapid Sensory Profiling Methods. In M. G. O'Sullivan (Ed.), *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development* (pp. 59-82): Woodhead Publishing.
- Pagès, J. (2003). Recueil direct de distances sensorielles: Application à l'évaluation de dix vins blancs du Val-de-Loire. *Sciences des Aliments*, 23, 679–688.
- Pallo, E. (2010). Conservación y Revalorización de Papas Nativas, con Pequeños Productores de la Provincia de Bolívar Cantón Guaranda. Consorcio de la papa. .
- Parra Gaete, V. (2012). Desarrollo de endulzantes no calóricos, de alta potencia y funcionales en base a calcio y fibra dietética soluble. (Ingeniero en alimentos) Universidad de Chile.
- Pasquel, A. (2001). Gomas: Una aproximación a la industria de alimentos *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1, 1 - 8
- Pedrero, D., & Pangborn, R.M. (1989). Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. México, D.F.: Alhambra, S.A.
- Perrot, A., Mélinge, Y., Estellé, P., Rangeard, D. & Lanos, C. (2011). The Back Extrusion Test as a Technique for Determining the Rheological and Tribological Behaviour of Yield Stress Fluids at Low Shear Rates. *Applied Rheology*, 21, 53642.
- Pinto, V., Freitas, T., Dantas, M., Della Lucia, S., Melo, L., Minim, V., & Bressan, J. (2017). Influence of package and health-related claims on perception and sensory acceptability of snack bars. *Food Research International*, 101, 103-113.
- Piqueras-Fiszman, B., & Jaeger, S. R. (2015). Emotions associated to mealtimes: Memorable meals and typical evening meals. *Food Research International*, 76, Part 2, 243-252.
- Pliner, P., & Hobden, K. (1992). Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite*, 19(2), 105-120.
- Pongsawatmanit, R., Chantaro, P., & Nishinari, K. (2013). Thermal and rheological properties of tapioca starch gels with and without xanthan gum under cold storage. *Journal of Food Engineering* 117 333-341.
- Pontual, I., Amaral, G. V., Esmerino, E. A., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Fukuda, R. K., & Cruz, A. G. (2017). Assessing consumer expectations about pizza: A study on celiac

- and non-celiac individuals using the word association technique. *Food Research International*, 94, 1-5.
- Prohens, J. & Nuez, F. (2010). The Tamarillo (*Cyphomandra betacea*) A Review of a Promising Small Fruit Crop Jaime. 43-68.
- Ramírez Navas, J. (2006). *Fundamentos de reología de alimentos*. JSR e-books. Cali, Valle, Colombia.
- Reinbach, H. C., Giacalone, D., Ribeiro, L., Bredie, W. L. P., & Frøst, M. (2014). Comparison of three sensory profiling methods based on consumer perception: CATA, CATA with intensity and Napping®. *Food Quality and Preference*, 32, 160-166. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.02.004>
- Reis, F., Alcaire, F., Deliza, R., & Ares, G. (2017). The role of information on consumer sensory, hedonic and wellbeing perception of sugar-reduced products: Case study with orange/pomegranate juice. *Food Quality and Preference*, 62, 227-236. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.06.005>
- Ribotta, P., & Rosell, C. (2010). Effects of enzymatic modification of soybean protein on the pasting and rheological profile of starch–protein systems. *Starch*, 62, 373-383.
- Risvik, E., McEvan, J. A., Colwill, J. S., Rogers, R., & Lyon, D. H. (1994). Projective mapping: A tool for sensory analysis and consumer research. *Food Quality and Preference*, 5, 263–269.
- Robertfroid, M. B. (2007) Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. *Journal of Nutrition*, 137.
- Rodríguez Negrette, A.C. (2016). *Desarrollo y caracterización de un alimento tipo snack por secado de geles mixtos de proteínas de lactosuero y miel*. (Magister en Tecnología e Higiene de los alimentos), Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Rodríguez Sandoval, E., Fernández Quintero, A., & Ayala Aponte, A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Revista de ingeniería e investigación*, 57.
- Rodríguez-Mateos, A., Vauzour, D. & Krueger, C.G. *Arch Toxicol* (2014) 88: 1803.
- Roininen, K., Arvola, A., & Lähteenmäki, L. (2006). Exploring consumers' perceptions of local food with two different qualitative techniques: Laddering and word association. *Food Quality and Preference*, 17(1), 20-30.
- Rubio-Arreaez, S., Ferrer, C., Capella, J. V., Ortolá, M.D., & Castelló, M. L. (2016). Development of Lemon Marmalade Formulated with New Sweeteners (Isomaltulose and Tagatose): Effect on Antioxidant, Rheological and Optical Properties. *Journal of Food Process Engineering*.
- Russo, F. et al (2010) Metabolic effects of a diet with inulin-enriched pasta in healthy young volunteers. *Mendeley* N° 7, Vol. 16.
- Sajilata, M. G., & Singhal, Rekha S. (2005). Specialty starches for snack foods. *Carbohydrate Polymers*, 59(2), 131-151.

- Sanabria, N. (2012). Introducción al Análisis Instrumental de Textura (Propiedades físicas). Clase de reología.
- Sancho, J. (2002). Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos.
- Santos, B. A., Campagnol, P. C. B., Cruz, A. G., Galvão, M. T. E. L., Monteiro, R. A., Wagner, R., & Pollonio, M. A. R. (2015). Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel. *Food Research International*, 76, 725–734.
- Sanz, M.F. (2003). Hidrocoloides en los alimentos. *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros*, 569 408-420.
- SARA – Ministerio de salud de la Nación Argentina. Sistema de Análisis de Registro de Alimentos – Base de datos.
- Saron, E., Dantas, S.T., Manazes, H., Soares, B.M., & Nunes, M. (2007). Estabilidad sensorial de suco de maracuyá pronto para beber acondicionado con latas de aco. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27, 772-778.
- Seminario, J. (ed) (2004) Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación.: Vol. 6. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003) (pp. 376). Lima, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. .
- Seo, H.-S., Lee, Y., Yoon, N.-R., Song, J. M., Shin, J.-M., Lee, S.-Y., & Hwang, I. (2009). Impacts of sensory attributes and emotional responses on the hedonic ratings of odors in dairy products. *Appetite*, 53, 50-55.
- Sharma, M., Kristo, E., Corredig, M., & Duizer, L. (2017). Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures. *Food Hydrocolloids*, 63, 478-487.
- Shi, & BeMiller, J. (2002). Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carbohydrate Polymers*, 50(7-18).
- Siegrist, M., Hartmann, C., & Keller, C. (2013). Antecedents of food neophobia and its association with eating behavior and food choices. *Food Quality and Preference*, 30(2), 293-298.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh Sodhi, N., & Singh Gill, B. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 81(2), 219-231.
- Sosa, M. (2011). Optimización de la aceptabilidad sensorial y global de productos elaborados con amaranto destinados a programas sociales nutricionales. (Tesis doctoral), Universidad Nacional de La Plata.
- Sosa, M., & Hough, G. (2006). Sensory acceptability of menus and sweet snacks among children and adults from low- and medium-income households in Argentina. *Food*

Quality and Preference, 17(7), 590-597. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.04.001>

- Sosa, M., Martínez, C., Arruiz, F., Hough, G., & Mucci, A. (2005). Degree of appropriateness and frequency of consumption of mayonnaise, ketchup, mustard and similar sauces in Argentina. *Food Quality and Preference*, 16(8), 667-674. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.008>
- Spinelli, S., Masi, C., Dinnella, C., Zoboli, G. P., & Monteleone, E. (2014). How does it make you feel? A new approach to measuring emotions in food product experience. *Food Quality and Preference*, 37, 109-122.
- Stone, H., & Sidel, J.L. (1993). *Sensory Evaluation Practices*. (Second ed.). USA: Elsevier Academia Press.
- Suaréz, P., Andreu, A., Colman, S., Clausen, A. M. , & Feingold, S. . (2010). Pardeamiento Enzimático: Caracterización Fenotípica, Bioquímica y Molecular en Cultivares de Papas Nativas de la Argentina Paper presented at the I Congreso Internacional de Investigación y Desarrollo de Papas Nativas: memorias. Año 2010, Quito, Ecuador. .
- Sun-Waterhouse, D., Teoh, A., Massarotto, C., Wibisono, R., & Wadhwa, S. (2010). Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry*, 119(4), 1369-1379. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.016>
- Suquilanda Valdiviezo (2012), M. Producción orgánica de cultivos andinos.
- Szczesniak, A. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215-225. doi: [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Szczesniak, A. S. (1987). Correlating sensory with instrumental texture measurements - an overview of recent developments. *Journal of Texture Studies*, 1, 1-15.
- Tapia, M. E. , & Fries, A. M. . (2007). Guía de campo de los cultivos andinos
- Tarea, S., Cuvelier, G., & Sieffermann, J. M. (2007). Sensory evaluation of the texture of 49 commercial apple and pear purees. *Journal of Food Quality*, 30, 1121–1131
- Tierno, Roberto, Hornero-Méndez, Dámaso, Gallardo-Guerrero, Lourdes, López-Pardo, Raquel, & de Galarreta, Jose Ignacio Ruiz. (2015). Effect of boiling on the total phenolic, anthocyanin and carotenoid concentrations of potato tubers from selected cultivars and introgressed breeding lines from native potato species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 58-65.
- Torres, E., & Padilla, G. (2013). Medición de la intención de compra con base en un modelo de regresión logística de productos de consumo masivo. (Ingeniero comercial), Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Valarezo Torres, M.G. (2016). Manual sobre las propiedades y el uso de alimentos andinos de origen vegetal en el desarrollo de la gastronomía ecuatoriana. (Licenciada en gastronomía), Universidad de las Américas.
- Value-Added Dairy Products. (2016). UMass Extension Crops, Dairy, Livestock, Equine, 11-53.

- van den Berg, L., van Vliet, T., van der Linden, E., van Boekel, M. A. J. S., & van de Velde, F. (2007). Breakdown properties and sensory perception of whey proteins/polysaccharide mixed gels as a function of microstructure. *Food Hydrocolloids*, 21, 961-976.
- van Raaij, J., Hendriksen, M., & Verhagen, H. (2008). Potential for improvement of population diet through reformulation of commonly eaten foods. *Public health nutrition*, 12, 325-330.
- Vanegas Pérez, L.S. (2009). Evaluación del efecto del uso de hidrocoloides en la reología de un complemento nutricional líquido (POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS), UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MEDELLÍN
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893-908.
- Vasco, C., Avila, J., Ruales, J., Svanberg, U., & Kamal-Eldin, A. (2009). Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup7), 278-288. doi: 10.1080/09637480903099618
- Veinand, B., Godefroy, C., Adam, C., & Delarue, J. (2011). Highlight of important product characteristics for consumers. Comparison of three sensory descriptive methods performed by consumers. *Food Quality and Preference*, 22(5), 474-485.
- Vidal, L., Ares, G. , & Giménez, A. . (2013). Projective techniques to uncover consumer perception: Application of three methodologies to ready-to-eat salads. *Food Quality and Preference*, 28(1), 1-7.
- Vilela, A., Matos, S., Abraao, A.S., Lemos, A., & Nunes, F. M. (2015). Sucrose Replacement by Sweeteners in Strawberry, Raspberry, and Cherry Jams: Effect on the Textural Characteristics and Sensorial Profile A Chemometric Approach. *Journal of Food Processing*, 2015, 1-14.
- Villacrés, E., Quelal, M.B., & Álvarez, J. (2016). Redescubriendo la oca y la mashua: Desarrollo de nuevos snacks. España: Editorial Académica Española.
- Villagra, A. (2010). Almidón retrogradado en el tratamiento dietoterápico de la Diabetes Mellitus tipo 2. (Licenciatura en Nutrición) Universidad ISALUD.
- Villanueva, M., Ronda, F., Moschakis, T., Lazaridou, A., & Biliaderis, C. (2018). Impact of acidification and protein fortification on thermal properties of rice, potato and tapioca starches and rheological behaviour of their gels. *Food Hydrocolloids*, 79, 20-29.
- Villegas Pascual, B. (2008). Efecto de la adición de inulina en las características físicas y sensoriales de batidos lácteos. Tesis Doctoral. Universidad Politecnica de Valencia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos.

- Villegas, D.R., & Baldi, J. A. (2013). La frutilla del postre: experiencias en su cultivo en Salta y Jujuy: INTA - EEA Salta, Valle de Lerma, Perico.
- Vio, F. 2005. Prevención de la obesidad en Chile en Revista Chilena de Nutrición 32:2.
- Wagner, W., Valencia, J., & Elejabarrieta, F. (1996). Relevance, discourse and the 'hot' stable core social representations—A structural analysis of word associations. *British Journal of Social Psychology*.
- Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E. & Elías, L.G (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa, Ont., CIID.
- Weber, F., Clerici, M.T., Collares-Queiroz, F., & Chang, Y. (2009). Interaction of Guar and Xanthan Gums with Starch in the Gels Obtained from Normal, Waxy and High-amylose Corn Starches. *Starch*, 61, 28-34.
- WHO/FAO. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. In W. T. R. Series (Ed.).
- Wittig de Penna, E. (2001). Evaluación Sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos. Introducción al Estudio de la Evaluación Sensorial
- Yang, Z., Yang, H. , & Yang, H. (2018). Effects of sucrose addition on the rheology and microstructure of k-carrageenan gel. *Food Hydrocolloids*, 75, 164-173.
- Zhou, B., Zhang, B., & Chen, H. (2017). Effects of oligosaccharides on pasting, thermal and rheological properties of sweet potato starch. *Food Chemistry*, 230, 516-523.
- Zúñiga, C. . (2012). Propuesta gastronómica para innovar la elaboración de chutneys caracterizados como alimentos de humedad intermedia. (Carrera de Gastronomía), Universidad de Cuenca., Ecuador.