



Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales. Secretaría de Investigación y Posgrado. Maestría
en Tecnología de los Alimentos

Maestranda
Chigal Paola Soledad

**Parámetros fisicoquímicos, texturales y
sensoriales de pastas a base de fécula de
mandioca**

**Tesis de Maestría presentada para obtener el título de “Magíster
en Tecnología de los Alimentos”**

“Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto,
queda sujeto al cumplimiento de la Ley N°26.899”.

Directora
Mgter. Laura Beatriz Milde
Co-Directora
Dra. Beatriz del Valle Argüello

Posadas, Misiones 2021



Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES – FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS, QUIMICA Y NATURALES**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS**

**PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, TEXTURALES Y
SENSORIALES DE PASTAS A BASE DE FÉCULA
DE MANDIOCA.**

Ing. en Alimentos Chigal, Paola Soledad

DIRECTORA:

Mgter. Milde, Laura Beatriz

CO-DIRECTORA:

Dra. Argüello, Beatriz del Valle

AÑO: 2021

EVALUADORES QUE HAN APROBADO LA TESIS

Espacio Reservado al Jurado de Tesis, Directora y Co-Directora.

Evaluador 1	Fecha
-------------	-------

Evaluador 2	Fecha
-------------	-------

Evaluador 3	Fecha
-------------	-------

Mgter. Laura B. Milde Director de Tesis - Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones	Fecha
---	-------

Dra. Beatriz del V. Argüello Co - Directora de Tesis - Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones	Fecha
--	-------

CALIFICACIÓN: ELABORACIÓN DE TESIS:

CALIFICACIÓN: DEFENSA DE TESIS:

DEDICATORIA

A toda mi familia, que es tan numerosa que sería incapaz de mencionarlos a todos y sin los cuales nada de esto hubiera sido posible lograr; en especial a...

 Mi marido por su amor incondicional, por estar siempre apoyándome y por darme la confianza que necesitaba en los momentos más difíciles.

 Mis papas, quienes desde el primer momento en que quise estudiar no dudaron ni un segundo en mis capacidades y me apoyaron durante todo este período haciendo suyos mis logros y metas alcanzadas.

 Mis suegros, que me han dedicado horas escuchándome y apoyándome en todo momento, con tanto cariño como si fuera una hija más.

 Mi abuela Kelo, quien me apoyo no solo económicamente sino también brindándome todos los días sus conocimientos sin fin. Y a mi abuela Neuza por su apoyo constante desde siempre. A ellas todo mi amor y total admiración.

Y por último a la persona más importante de mi vida, mi hijo, quien supo entender mis tiempos, jugar a la par mía y demostrarme su amor en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A mis directoras en este proyecto, Laura Milde y Beatriz Arguello, por su tiempo, apoyo, comprensión y sobre todo por su paciencia durante el periodo de realización de este trabajo, que se extendió más de lo previsto.

A todo el grupo de investigación que ha estado a mi lado durante este periodo, sobre todo en la parte experimental, haciendo posible que este proyecto fuera una realidad.

A la Facultad de Ciencias Exactas Química y Naturales de la UNaM, por la posibilidad de formación desde mi carrera de grado hasta esta Maestría, y con el acompañamiento constante de todos los profesores.

RESUMEN

La producción de alimentos que sean innovadores, accesibles y dirigidos a una población específica a partir de materias primas regionales, resulta importante para el desarrollo productivo. En este trabajo se estudiaron las propiedades físicas, texturales y sensoriales de fideos libres de gluten elaborados a partir de una mezcla de fécula de mandioca y harina de maíz, a la cual se le adicionó goma xántica como reemplazo al gluten. Además se evaluó la correlación entre los parámetros físicos y entre las características texturales instrumentales y sensoriales. El trabajo incluye el desarrollo tecnológico de pastas elaboradas a partir de una formulación de panificados previamente estudiada compuesta por: fécula de mandioca y harina de maíz en proporción 4:1, huevo, leche en polvo, margarina y sal, optimizada para pastas con el agregado de goma xántica en dos niveles (0,4 % y 0,6 %). Las variables de respuesta en las pastas cocidas a su tiempo óptimo fueron: características físicas (porcentaje de pérdida de sólidos, absorción de agua y color), características texturales (firmeza, adhesividad y masticabilidad) y características sensoriales (intensidad de parámetros específicos con panel experimentado e impresión y aceptación global con consumidores). Los resultados mostraron que la formulación de pastas con una concentración de goma xántica de 0,6 % es la que presentó mejores características físicas (menor absorción de agua y pérdida de sólidos, mejor color) y texturales (valores medios de firmeza y masticabilidad). A partir del análisis sensorial de las pastas se obtuvieron puntajes mayores para esta concentración en todas las características analizadas y un 100 % de aceptabilidad entre los consumidores. Se observó también una alta correlación entre la absorción de agua y la pérdida de sólidos. El desarrollo de la pasta resultó muy importante ya que permitió la diversificación de productos a partir de una misma formulación generando valor agregado a la fécula de mandioca.

Palabras clave: Fideos libres de gluten, Fécula de mandioca, Goma xántica, Propiedades físicas, Textura, Análisis sensorial.

ABSTRACT

The production of foods that are innovative, accessible and directed to a specific population from regional raw materials, is important for productive development. In this work the physical, textural and sensorial properties of gluten free noodles elaborated from a mixture of cassava starch and corn flour were studied. Xanthan gum was added as a replacement to gluten. In addition, the correlation between physical parameters and between instrumental and sensory textural characteristics was evaluated. The work includes the technological development of pastas made from a previously studied bakery formulation composed of: cassava starch and corn flour in 4:1 ratio, egg, milk powder, margarine and salt, optimized for pasta with the added of xanthan gum in two levels (0.4 % and 0.6 %). The response variables in optimum cooked pasta time are: physical characteristics (cooking loss, water absorption and color), texture characteristics (firmness, adhesiveness and chewiness) and sensory characteristics (intensity of specific parameters with experienced panel and impression and global acceptance with consumers). The results indicated that the formulation of pasta with the concentration of xanthan gum of 0.6 % is the one that presents the best physical (lower water absorption and cooking loss, best color) and textural characteristics (average values of firmness and chewiness). From the sensory analysis of the pasta, higher scores were obtained for this concentration in all analyzed characteristics and 100 % acceptability among the consumers. A high correlation was also observed between water absorption and cooking loss. The development of this pasta is very important since it allowed the diversification of products from the same formulation, generating added value to the cassava starch.

Keywords: Gluten free noodles, Cassava starch, Xanthan gum, Physical properties, Texture, Sensory analysis.

CONTENIDO

EVALUADORES QUE HAN APROBADO LA TESIS.....	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	10
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. ALCANCES.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.3. JUSTIFICACION.....	15
CAPITULO II: REVISION DE LA LITERATURA	17
2.1. LA MANDIOCA Y SUS DERIVADOS.....	17
2.1.1. Producción Mundial y Nacional	19
2.1.2. Aplicaciones.....	21
2.2. LA PASTA	26
2.2.1. Producción y consumo Nacional.....	29
2.2.2. Proceso de elaboración	30
2.3. EL GLUTEN	33
2.4. PRODUCTOS LIBRES DE GLUTEN.....	35
2.5. ADITIVOS	36
2.6. SELECCIÓN DE INGREDIENTES	38
2.7. CALIDAD DE COCCION	40
2.8. EVALUACION SENSORIAL.....	45
CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1. PROPUESTA METODOLÓGICA	47
3.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	48
3.2.1. Ingredientes para la elaboración de los fideos	48
3.2.2. Equipos e Instrumentos.....	48

3.3.	METODOLOGÍA.....	49
3.3.1.	Elaboración de los fideos.....	49
3.3.2.	Determinación de la calidad de cocción de las pastas.....	49
3.3.3.	Evaluación sensorial.....	51
3.3.4.	Análisis estadístico.....	54
3.4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	55
3.4.1.	Calidad de cocción de los fideos.....	55
3.4.1.1.	Características físicas.....	55
3.4.1.2.	Características texturales.....	58
3.4.2.	Evaluación sensorial.....	61
3.4.3.	Análisis de correlación.....	65
3.5.	CONCLUSIONES.....	67
	CAPITULO IV: PROPUESTAS DE TRABAJOS FUTUROS.....	68
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	71
	ANEXOS.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Usos industriales del almidón o Fécula de Mandioca.	25
Tabla 2: Producción mundial de pastas.	29
Tabla 3: Proteínas pertenecientes al trigo.....	34
Tabla 4: Absorción de agua y pérdida de sólidos durante la cocción de los fideos, con y sin goma xántica	55
Tabla 5: Parámetros de color L*, a* y b* de los fideos crudos y cocidos, con y sin goma xántica	57
Tabla 6: Parámetros de textura instrumental al tiempo óptimo de cocción para cada concentración de GX.....	59
Tabla 7: Evaluación sensorial de parámetros de textura en fideos cocidos a dos concentraciones de GX.....	62
Tabla 8: Coeficiente de correlación de Pearson entre los parámetros texturales instrumentales y sensoriales.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planta de mandioca	17
Figura 2: Producción Mundial de mandioca	20
Figura 3: Porcentaje del total de producción de mandioca en Argentina.	20
Figura 4: Etapas en la elaboración de fécula de mandioca.	24
Figura 5. Formas de pasta: a) pasta corta y larga y b) pasta rellena	28
Figura 6: Proceso de elaboración de pastas alimenticias.....	31
Figura 7: Composición del gluten de trigo	35
Figura 8: Clasificación de las características de textura	43
Figura 9: Curva típica de un ensayo TPA.....	44
Figura 10: Imagen del analizador de textura	51
Figura 11: Paneles individuales de evaluación sensorial.	52
Figura 12: Muestras de fideos listas para ser evaluadas por el panel	52
Figura 13: Aspecto visual de los fideos	63
Figura 14: Pegajosidad de los fideos.	63
Figura 15: Grado de aceptación de los fideos evaluados.	64
Figura 16: Descriptores sensoriales de textura de los fideos.	64

LISTA DE ABREVIATURAS

Goma xántica: GX

Tiempo óptimo de cocción: TOC

Pérdida de sólidos: Ps

Absorción de agua: Aa

Firmeza: f

Adhesividad: a

Masticabilidad: m

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Uno de los factores claves que involucra a la industria agroalimentaria es la evolución en los hábitos de consumo de las personas. Para adaptarse a estos cambios sociales, la industria tiene que modificar el mercado maduro con productos innovadores con características particulares; este proceso podría incluir proveer valor agregado a un ingrediente o materia prima del producto. Ahora bien, definir y optimizar los procesos tecnológicos para mejorar las características texturales, sensoriales y nutricionales de estos alimentos diferentes, representan un desafío tanto para los investigadores como para la industria.

Los fideos son alimentos con una alta aceptación en todo el mundo porque son parte de la dieta, son relativamente baratos y de fácil preparación, por lo que su consumo se encuentra ampliamente distribuido. Son elaborados tradicionalmente, con harina o sémola de trigo y considerados como alimentos saludables, siendo relativamente bajos en grasa, altos en su nivel de carbohidratos y con un buen contenido de proteínas (Sissons, 2016). La composición y, por lo tanto, el valor nutritivo de los fideos dependerán de la calidad de las sémolas o harinas utilizadas para su elaboración.

La harina de trigo es la más utilizada para elaborar pastas ya que sus proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes para formar una red viscoelástica denominada gluten, que contribuye al desarrollo de la masa y previene la disgregación de la pasta durante la cocción en agua caliente (Granito y col., 2003). En la actualidad, innumerables personas siguen una dieta libre de gluten por diferentes motivos: salud, intolerancia, malestar, pérdida de peso, entre otros; una muestra de ello es que, según estudios, el 65 % de la población de EEUU consume alimentos libres de gluten (Witczak y col., 2016).

Una opción para reemplazar la harina de trigo sería la utilización de fécula de mandioca o yuca, la cual es de gran producción en la provincia de Misiones. Es

la provincia que más se destaca tanto en desarrollo productivo como en volumen industrializado. Desde el punto de vista tecnológico, debe tenerse en cuenta que la sustitución de la harina de trigo, ya sea total o parcial, por otros ingredientes en pastas, representa una eliminación o disminución en el contenido de gluten y por ende en fideos de calidad inferior (Granito y col., 2003). Sin embargo, en estos casos se utilizan aditivos: gomas o espesantes en concentraciones específicas, que pueden mejorar la calidad de cocción y las características organolépticas del producto final.

En este trabajo se estudiaron las propiedades de fideos elaborados a partir de una mezcla de fécula de mandioca y harina de maíz. Se adicionó goma xántica (GX), con la función de reemplazar al gluten y brindar a la masa parámetros específicos como elasticidad y firmeza, resultando en un producto con características organolépticas aceptables por el consumidor.

Al tratarse de una mezcla sin gluten, los fideos elaborados con fécula de mandioca y harina de maíz, representan un reto tecnológico, son una propuesta innovadora en el mercado y requieren de profunda investigación.

1.1. ALCANCES

La propuesta de este trabajo se basó en realizar fideos con harinas no tradicionales de manera tal de dar valor agregado a una materia prima regional, como lo es la fécula de mandioca, además de abastecer un mercado insatisfecho a nivel nacional, el de los productos libres de gluten.

Podría inferirse que, debido a las nuevas tendencias alimentarias, la población en general busca alimentos que sean más saludables, no solo desde el punto de vista de la disminución en el contenido de grasas sino también en la incorporación de alimentos a la dieta que le aporten nutrientes específicos. Existen datos de consumo de alimentos libres de gluten en Estados Unidos e Inglaterra que revelan que aumentaron sus ventas a lo largo de los años y se espera que

continúen (Witczak y col., 2016). Esto puede deberse a que muchas personas consideran que la eliminación del gluten de la dieta les trae beneficios a la salud y ayuda a la pérdida de peso entre otras ventajas.

Además de este nuevo mercado, se encuentran los pacientes celíacos, que deben suprimir el gluten de la dieta de manera obligatoria debido a que son intolerantes al mismo. Actualmente se considera que el 1 % de la población padece de celiaquía, pero se sabe que existen muchas personas que todavía no han sido diagnosticadas o padecen alguna intolerancia más leve al gluten (Larrosa, 2014).

Para todos ellos, el mercado se encuentra en plena expansión a partir del desarrollo de productos en los cuales se ha sustituido al trigo por harinas no tradicionales como harina de arroz, de maíz, de quínoa, etc., en las que no está presente el gluten.

Se han reportado avances significativos en el desarrollo y evaluación de pastas elaboradas a partir de mezclas que utilizan diferentes harinas: amaranto, garbanzo, habas, frijol, maíz, arroz, mandioca, quínoa, entre otros, (Rosa-Sibakob y col., 2016; Larrosa y col., 2013; Sirirat y col., 2005; Yalcin y Basman, 2008; Loubes y col., 2016; Giménez y col., 2013) en los que se han evaluado los parámetros de calidad tradicionales para las pastas como el tiempo de cocción o la pérdida de sólidos y la aceptación del consumidor mediante análisis sensorial.

En Argentina, las pastas son alimentos cuyo consumo se encuentra muy arraigado en los hogares; un informe de la Unión de Industriales Fideeros de la República Argentina (UIFRA, 2020), establece que se consumen 8,5 Kg per cápita/año de pastas, tanto frescas como secas (año 2018), ubicándose entre los 7 principales consumidores mundiales. Se estima que un 13% corresponde específicamente a las pastas frescas sin distinción de la calidad de las mismas, es decir, tanto artesanales como industriales, rellenas o no.

Se propuso la utilización de la fécula de mandioca como materia prima principal para la elaboración de fideos, ya que la provincia de Misiones posee la mayor producción nacional, con un total de 40.000 ha plantadas según datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (De Bernardi, 2011). Esta cantidad ha disminuido drásticamente con el correr de los años alcanzando valores de 19.000 ha para el año 2016 (Burgos, 2018), posiblemente debido a la falta de diversificación del cultivo. En esta región la mandioca es de gran valor comercial por ser un producto típico de la zona arraigado en las costumbres e idiosincrasia culinaria (Aristizábal y Calle, 2015). La mandioca es un cultivo ampliamente distribuido en la provincia, tanto que las fábricas de producción de fécula a partir de la misma se encuentran en su totalidad en Misiones (De Bernardi, 2011). Posee la ventaja de que su desarrollo se adapta a diferentes condiciones de crecimiento, pero su rendimiento varía de acuerdo a la estacionalidad de las lluvias y condiciones climáticas específicas. A causa de esto, en ciertas épocas del año se tiene gran cantidad de producción mientras que en otras escasea e impide cubrir la demanda de mandioca para su transformación post-cosecha (Aristizábal y col., 2007). Además, las raíces presentan la desventaja de ser muy perecederas debido a su alto contenido de agua, por lo que su procesamiento debe ser casi inmediato (Aristizábal y Calle, 2015), a través de tecnologías de conservación o procesamiento de la misma, por ejemplo, mediante la elaboración de almidón o fécula de mandioca.

El desarrollo y elaboración de productos alimentarios, derivados del procesamiento de la mandioca, es una excelente alternativa para diversificar su utilización, además de incrementar el valor del producto por ser propuestas que satisfacen las necesidades de consumo de la población, particularmente, relacionadas con las nuevas tendencias de alimentos más saludables, pero a la vez regionales. Los productos procesados a partir de la fécula de mandioca mejoran la competitividad en el mercado, generan mayor valor agregado y permiten la comercialización de la fécula en mayores cantidades.

1.2. OBJETIVOS

❖ **Objetivo general**

Determinar la calidad de los fideos cocidos elaborados a base de fécula de mandioca y harina de maíz y aditivados con goma xántica, en función de sus características físicas, texturales y sensoriales y evaluar la correlación entre las mismas.

❖ **Objetivos específicos:**

- ✓ Estudiar los parámetros físicos: absorción de agua, pérdida de sólidos y color, que definen la calidad de cocción de las pastas, a dos niveles de concentración de goma xántica.
- ✓ Conocer los parámetros que representan el comportamiento mecánico de las pastas (firmeza, adhesividad y masticabilidad), a dos concentraciones de goma xántica.
- ✓ Determinar la percepción de textura de los fideos a dos niveles de concentración de goma xántica a través de un panel entrenado, y seleccionar una concentración óptima.
- ✓ Evaluar la aceptabilidad global de los fideos a la concentración de goma xántica seleccionada como óptima, a través de un panel de consumidores.
- ✓ Analizar las correlaciones existentes entre las propiedades físicas y entre las propiedades texturales instrumentales y sensoriales de las pastas con la concentración óptima de goma xántica seleccionada.

1.3. JUSTIFICACION

Este trabajo pretende desarrollar un producto para abastecer un mercado que se encuentra insatisfecho, el de los alimentos libres de gluten, elaborando fideos a partir de una materia prima totalmente regional, con características organolépticas adecuadas. En el desarrollo de este tipo de alimentos diferentes de los tradicionales, el mayor desafío está en proporcionar a las masas las

características estructurales deseadas tanto durante su elaboración como en la cocción, a través de la adición de componentes biopoliméricos (proteínas, hidrocoloides, etc).

Además, se desea generar valor agregado a la fécula de mandioca, actualmente sub-utilizada. De esta manera, se podría fomentar la economía regional y el desarrollo del sector agroalimentario local a través de la industrialización de esta materia prima.

CAPITULO II: REVISION DE LA LITERATURA

2.1. LA MANDIOCA Y SUS DERIVADOS

La mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) es una planta originaria de América pero que se ha extendido a lo largo de todo el mundo. En Argentina, se desarrolla en el Noreste (Misiones, Corrientes, Chaco y Formosa) en suelos pobres y ácidos, tolera las sequías y prospera en climas con una temperatura media anual de 20 a 27°C (Godoy, 2016). Se han descrito alrededor de 98 especies del género *Manihot* de las cuales sólo la mandioca tiene relevancia económica y es cultivada (Aristizábal y col., 2007). Recibe diferentes nombres de acuerdo a la zona: “Yuca” en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, “Mandioca” en Argentina, Brasil y Paraguay, “Tapioca” en el sur del continente, “Cassava” en países anglo parlantes, “Guacamote” en México y “Mhogo” en los países de África oriental.

Se la cultiva principalmente por sus raíces; son tubérculos carnosos de color blanco, recubiertos por una corteza parda o marrón oscuro y son ricos en hidratos de carbono (Figura 1). En algunas partes del mundo, como África y Brasil, las hojas son también utilizadas para la alimentación humana, además de ser un recurso importante en la alimentación del ganado.



Figura 1: Planta de mandioca
Fuente: <http://www.almidoneradiesel.com.ar>

Al cultivo de la mandioca se lo ha considerado siempre como un cultivo de “subsistencia” y, generalmente, se siembra en suelos marginales, siendo escaso o nulo el empleo de tecnología o prácticas agronómicas adecuadas. Ya que el producto importante desde el punto de vista económico en la planta es la raíz, se requiere una buena preparación del suelo para asegurar su calidad.

Dependiendo del uso final de la mandioca, puede ser clasificada como:

- ❖ Calidad culinaria: cuando se destina al consumo humano directo (consumo fresco)
- ❖ Industrial: cuando se usa para la elaboración de sub-productos tales como harina, almidón o fécula.
- ❖ Doble propósito: fenotipos que podrían ser usados tanto para el consumo humano directo como industrial.

Esta variabilidad da lugar a que el agricultor venda para el mercado en fresco si los precios son altos o, en caso contrario para procesos industriales, por lo general a un precio considerablemente menor. Esta estrategia ha interferido con el uso industrial de la mandioca porque no permite un suministro constante y confiable de la materia prima. Actualmente, los programas de mejoramiento genético están dirigidos a la búsqueda de variedades específicas para la industria, ya que las variedades de doble propósito resultaban, en algunos casos inadecuadas tanto como para consumo en fresco como para la industria (Ceballos y col., 2002).

Su ciclo productivo va desde marzo a septiembre, pero la plantación depende del destino que se le dará a las raíces: en Misiones, cuando la mandioca será transformada industrialmente, la plantación se realiza en septiembre, época en la cual se obtiene un mayor rendimiento de almidón. La cosecha se realiza a partir del mes de marzo, tanto para el mercado fresco como para la industria. En las zonas próximas a establecimientos industriales es común esperar dos años

para realizar la cosecha, obteniéndose de este modo rendimientos muy superiores (INTA, 2008).

Una de las desventajas que posee este cultivo es su alto contenido de sustancias cianogénicas en las raíces y en el resto de los tejidos. Constituidas por dos glucósidos cianogénicos que, por su descomposición posterior son capaces de producir toxicidad en el organismo cuando superan los niveles de seguridad. El nivel de glucósidos cianogénicos presentes en la raíz o follaje de la mandioca, determina la diferencia entre variedades amargas (de mayor toxicidad) y variedades dulces. Estos compuestos tóxicos se hallan en mayor concentración en la cáscara de las raíces, las cuales son retiradas y no se utilizan con fines para consumo humano. Además, los procesos normales a los cuales son sometidas las raíces de mandioca para la alimentación animal o humana por medio de la acción controlada del calor, constituyen medios eficientes para reducir la cantidad de cianuro a niveles inocuos (Aristizábal y col., 2007).

2.1.1. Producción Mundial y Nacional

La mandioca es un cultivo de gran importancia dentro de la alimentación de más de mil millones de personas en países tropicales, particularmente de Asia, África, América Latina y el Caribe. Aunque es un cultivo autóctono de América Latina, esta región aporta actualmente alrededor del 10 % de la producción mundial (Aristizábal y Calle, 2015), mientras que el 50 % se encuentra concentrada en 5 países: Nigeria, República del Congo, Tailandia, Brasil e Indonesia, según datos de la FAO (2016) como se muestra en la Figura 2.

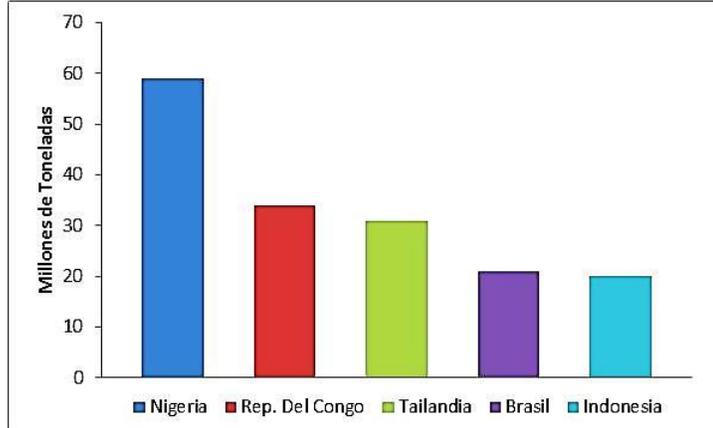


Figura 2: Producción Mundial de mandioca
Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2016)

De acuerdo a Aristizábal y Calle (2015), de los países productores de mandioca en América Latina y el Caribe, en el 2013, Brasil produjo el 70 % de mandioca de la región y Argentina ocupó el séptimo lugar del ranking. La producción de mandioca en Argentina se concentra en la región del Noreste Argentino (NEA) integrado por las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones (Figura 3), siendo esta última la provincia con mayor cantidad de hectáreas sembradas y volumen producido (Aristizábal y Calle, 2015).

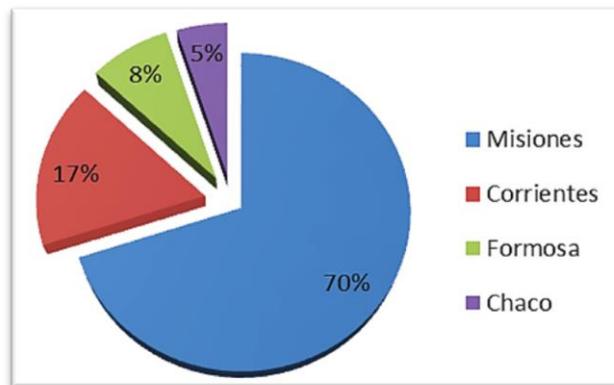


Figura 3: Porcentaje del total de producción de mandioca en Argentina.
Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (De Bernardi, 2011)

La provincia de Misiones posee cuatro cuencas productoras de mandioca; la primera, comprende los municipios de Gobernador Roca y Jardín América, donde se concentra la mayor cantidad de productores de mandioca para consumo en fresco y para la industria de almidón; la segunda, los municipios de Puerto Rico y Ruiz de Montoya; la tercera, los municipios de Montecarlo y Puerto Esperanza; y la cuarta, el municipio de San Pedro. Un dato interesante para destacar, que explica parte de la situación actual en cuanto a la producción de mandioca en la provincia, es que el 75-80 % del cultivo se realiza en pequeñas parcelas por productores familiares (Aristizábal y Calle, 2015). De acuerdo con Burgos (2018), los mayores esfuerzos se focalizan en satisfacer el autoconsumo (destinando el 50 % de la producción de raíces), después en abastecer la comercialización del producto en fresco (25 %) y por último en proveer a la industria local (25 %).

Una de las razones que podría impulsar la demanda de mandioca, además de la diversificación de productos como ya se ha mencionado, es el elevado precio de los cereales (trigo, maíz, etc.). De la mandioca se obtiene harina y almidón de alta calidad, que puede usarse como sustituto de estos cereales, convirtiéndose en una alternativa muy atractiva para su reemplazo en algunos alimentos (FAO, 2013).

2.1.2. Aplicaciones

La mandioca es un cultivo muy versátil: sus raíces son ricas en hidratos de carbono, mientras que sus hojas tiernas o jóvenes contienen hasta un 25 % de proteínas, además de hierro, calcio y vitaminas A y C (Zanotti Cavazzoni y Alcaraz, 2007).

La planta de mandioca posee infinidad de usos o aplicaciones:

❖ *Alimentación animal:* En general tanto las raíces como la parte aérea de la mandioca pueden ser utilizadas para la alimentación animal, ya sea en forma fresca, deshidratadas y/o ensiladas. La parte aérea de la mandioca (ramas,

pecíolos y hojas) posee alto valor nutritivo, representa el 50 % del peso total de la planta y es muy bien aceptada por los animales. Las raíces son una importante fuente de energía en la preparación de raciones alimenticias para diferentes especies de animales. El único inconveniente que presentan estas alternativas es su bajo contenido de aminoácidos esenciales (metionina y cistina) tanto en las hojas como en las raíces (INTA, 2008), por lo que resulta necesario incorporar estos aminoácidos a través de otros ingredientes, cuando se utiliza a la mandioca en cantidades apreciables en la dieta de los animales.

❖ *Alimentación humana:* para este propósito se utilizan generalmente las raíces de la planta. Estas contienen alrededor de 65 % de agua y 35 % de materia seca, ésta última compuesta en un 85 %, por almidón de excelente calidad. Debido a su alto contenido de agua, las raíces se consideran un alimento muy perecedero. Es por esto que se utilizan diversas técnicas de conservación: parafinado, refrigeración, congelación, etc. Para su uso en la alimentación humana, las raíces deben ser peladas, y la pulpa (parénquima) sometida a algún proceso térmico antes de ser consumida. Puede ser de manera directa (por hervor de las raíces en agua hirviendo por 30 minutos al menos), o mediante la elaboración de diferentes platos tanto horneados como fritos.

❖ *Industria:* La industrialización de la mandioca, en la zona productora de Argentina, permite obtener muchos productos diferentes que pueden ser utilizados no solo en la industria alimentaria sino también en otras industrias. Los dos productos más importantes desde el punto de vista económico que pueden obtenerse a partir de la transformación de las raíces de mandioca son:

✓ *Harina o fariña:* el CAA, en el Capítulo IX (Alimentos farináceos - Cereales, Harinas y Derivados), el Art. 677 define la fariña como “la mandioca dulce o amarga (*Jatropha dulcis* y *J. manihot*), lavada, pelada, rallada y sometida a ligera torrefacción”. Este último proceso se realiza con el objetivo de liberar los compuestos cianogénicos que puedan permanecer en el producto. Puede ser

utilizada tanto para la alimentación animal como para la humana, pero esta última aún no se encuentra muy comercializada y solo algunas regiones (México o Colombia) la emplean para la elaboración de platos autóctonos.

✓ *Almidón o fécula*: es el producto obtenido por extracción de los gránulos de reserva alojados en corpúsculos especiales dentro de las células de la raíz (INTA 2008). A efectos de establecer una diferencia entre los términos “almidón” y “fécula”, se cita el Art. 674 del CAA (Capítulo IX): “*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)*”. Por este motivo se denomina generalmente al subproducto de la mandioca como “fécula de mandioca”.

Es importante porque su elaboración es totalmente regional: el 100 % de la plantas elaboradoras de fécula de mandioca se encuentran en la provincia de Misiones (De Bernardi, 2011). Además, es considerada como la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, por delante de la papa y el trigo (Aristizábal y col., 2007). A pesar de esto, la situación por la que atraviesa la fécula de mandioca en la provincia es muy particular. Como se mencionó anteriormente, la industrialización de la mandioca ocupa un tercer lugar en la cadena productiva de la planta, y por ello las industrias se encuentran con una demanda insatisfecha de materia prima. Quizás esta realidad se presenta debido a la falta de diversificación industrial de productos de mayor valor agregado.

La obtención de la fécula de mandioca es un proceso más simple y sencillo que la extracción de almidón de maíz, trigo u otros cereales (Aristizábal y col., 2007). Se encuentran procesos de manufactura artesanal, otros medianamente mecanizados y otras tecnologías modernas que mecanizan todas las etapas del proceso de manera eficiente. Al pasar de una tecnología media a una más evolucionada aumenta el nivel de extracción de almidón, lo cual mejora notablemente la rentabilidad del proceso. En general, comprende las etapas que se muestran en la Figura 4.

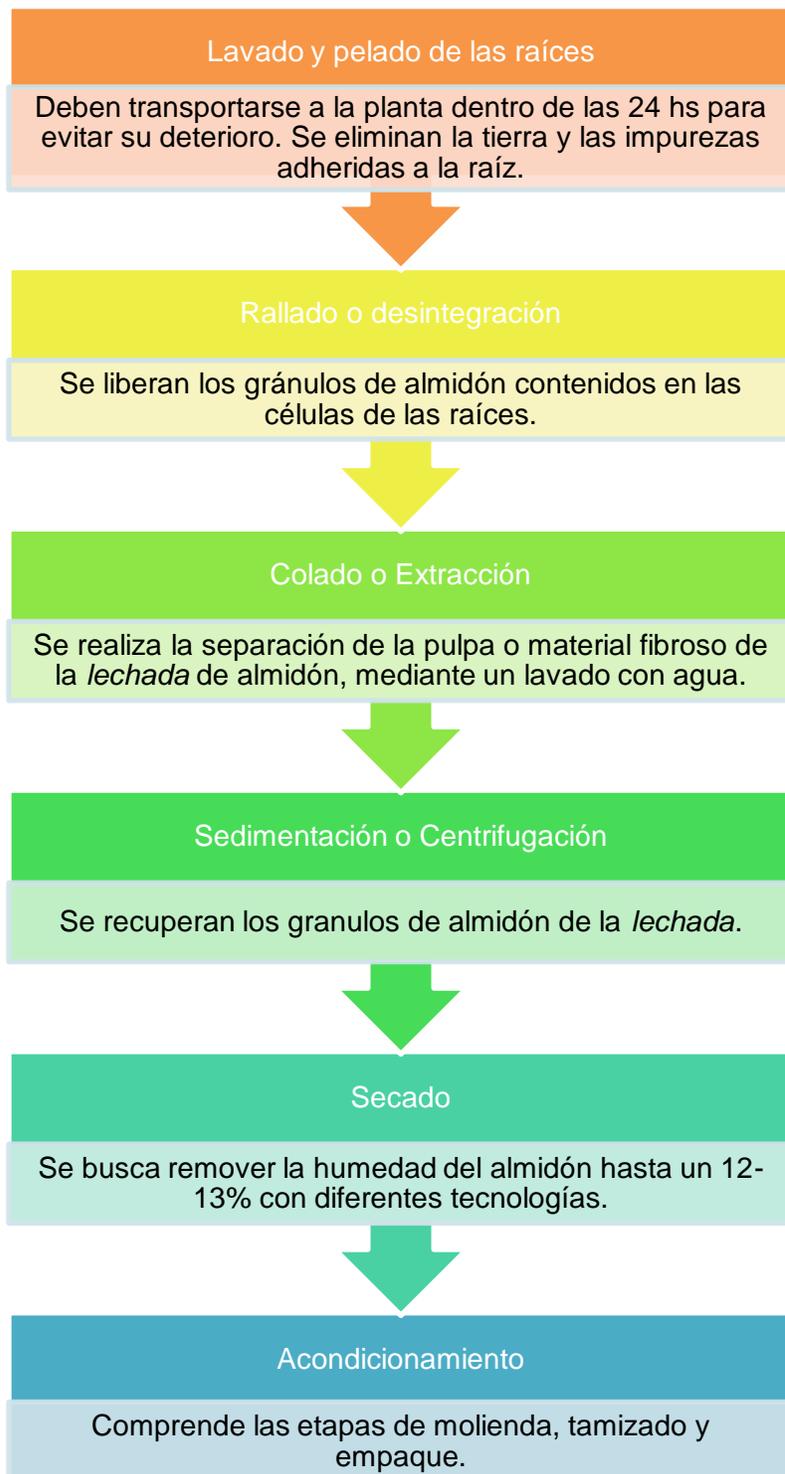


Figura 4: Etapas en la elaboración de fécula de mandioca.
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la fécula de mandioca, puede ser utilizada por la industria en su forma nativa o puede ser modificada con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera poder usarla en una gran variedad de aplicaciones industriales que requieren ciertas propiedades particulares, pero en pequeñas concentraciones. Estas aplicaciones pueden darse en diferentes industrias tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Usos industriales del almidón o Fécula de Mandioca.
Fuente: INTA (2008)

INDUSTRIA	USOS
ALIMENTICIA	Caldos y sopas preparadas Galletitas y bizcochos Chocolates Helados Cervecería Chacinados Salsas Crema Chantillí deshidratada
FARMACÉUTICA	Tabletas Excipientes Componentes específicos
PAPELERA	Papeles en general Papeles para cheques Cartulinas Cartón corrugado Papeles encapados Bolsas de papel
ADHESIVOS	Adhesivos para escolares y oficinas Adhesivos industriales Apresto de uso familiar
QUÍMICA	Compuestos para curtiembres Dextrosa Líquida Dextrosa deshidratada Dextrinas
TEXTIL	Encolados Aprestos Fijación de Tinturas

2.2. LA PASTA

El Código Alimentario Argentino, en el Capítulo IX, Artículo 720, define de manera genérica a las Pastas frescas, como *“los productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de sémola o semolín, sémola o semolín de trigo pan, harinas o sus mezclas, otras harinas contempladas en el presente Código, con agua potable,... con o sin la adición de otros ingredientes alimenticios, de uso permitido”*.

Esta definición deja abierta la posibilidad de innovar en cuanto a la materia prima principal de los fideos: las harinas, además de permitir el agregado de sustancias aprobadas por el CAA con el objetivo de mejorar las propiedades tanto físicas como mecánicas y sensoriales de las pastas, al utilizar un sustituto del trigo.

Los fideos son alimentos de elevada aceptación en todo el mundo formando parte de la dieta de la mayor parte de las personas; esto se debe a que son relativamente baratos y de fácil preparación. Además, debido a que se presentan en diversas formas, se los puede utilizar en una gran variedad de platos preparados. Tienen un rol fundamental en la nutrición humana como fuente de energía; además son considerados como un alimento funcional por su bajo aporte de grasa y sodio y baja respuesta glicémica (Sandoval, 2011).

Son diversas las teorías acerca del origen de las pastas; durante mucho tiempo se mantuvo la creencia de que fue Marco Polo quien, en uno de sus viajes desde China, las introdujo en Italia durante el siglo XIII. Sin embargo, investigaciones más recientes, demuestran que las pastas ya estaban ampliamente distribuidas por el Norte y Este de Italia; probablemente fueron desarrolladas en diferentes partes del mundo de forma simultánea. Otra teoría establece su origen en China, India, en el mundo árabe y en el mediterráneo, en diferentes momentos históricos. Las referencias más antiguas sobre la pasta

proceden del año 4000 a.C. en China, pero tanto los árabes como los antiguos griegos también desarrollaron productos similares.

En cuanto a su clasificación, existen formas diferentes de agruparlas. Basándonos en el CAA (Capítulo IX, Art. 707 y 720), pueden diferenciarse principalmente dos grandes grupos, de acuerdo a su contenido de agua: *Pastas secas* (contenido no superior al 14 %p/p) y *Pastas frescas* (contenido no superior al 35 %p/p). A su vez, pueden clasificarse también en función del proceso de elaboración (Art. 710 y 711) en: *Laminadas*, en la cual la masa se refina por varios pasajes a través de la laminadora, y *Prensadas*, donde la masa se prensa en campanas calentadas adecuadamente y que le dan diferentes formas a las pastas.

El CAA también presenta la posibilidad de agregar diferentes ingredientes a los fideos (Art. 713, 714, 715 y 716): huevo, espinaca, acelga u otros vegetales verdes, tomate y morrones. Esto permite la diversificación del producto y su comercialización en diferentes variedades, incluso rellenas (Art. 720 bis).

Se pueden encontrar pastas de formas diferentes. Pagani y col. (2007), las clasifican de acuerdo a su tamaño en: Pastas largas (fettuccini, linguini, spaguettis, etc.), y cortas (fideos coditos, tirabuzón, moños, etc.); según se observan en la Figura 5.

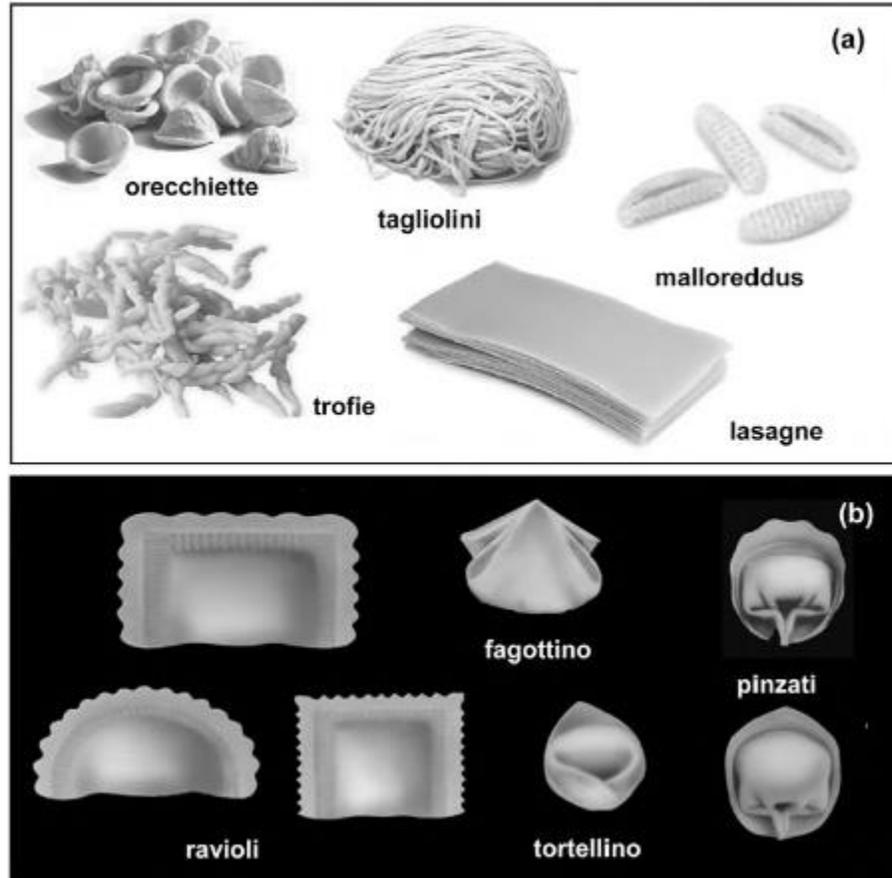


Figura 5. Formas de pasta: a) pasta corta y larga y b) pasta rellena
 Fuente: Pagani y col. (2007)

Gil (2010), en general, las clasifica en los siguientes tipos:

- ❖ Pastas Alimenticias Simples o Pastas Alimenticias: elaboradas con sémola de trigo duro, semiduro, blando o sus mezclas.
- ❖ Pastas alimenticias compuestas: se denominan así porque durante su proceso de elaboración se incorporan alguna de las siguientes sustancias: gluten, soya, huevos, leche, hortalizas, verduras y leguminosas naturales, desecadas o conservadas, jugos y extractos.
- ❖ Pastas alimenticias rellenas: son pastas simples o compuestas que contienen en su interior un preparado elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: carne, grasas, hortalizas, productos de pesca, verduras, huevos y agentes aromáticos.

❖ Pastas alimenticias frescas: cualquiera de las anteriores sin proceso de desecación.

2.2.1. Producción y consumo Nacional

Actualmente la pasta es uno de los alimentos preferidos a lo largo y ancho del mundo. Se producen anualmente 14,5 millones de toneladas de pastas (fresca y seca) a nivel mundial; Italia es el principal productor con un 24 % de la producción mundial. Argentina se ubica en el séptimo lugar del ranking mundial del año 2018, con un 2,7 % de la producción mundial (IPO, 2019). Según la UIFRA (2018), la producción de pastas en Argentina ha presentado pequeñas fluctuaciones en el período 2012-2017, cerrando el año 2017 con una producción importante de 345.984 Tn.

En la Tabla 2 puede observarse el ranking mundial de producción de pastas alimenticias tanto frescas como secas.

Tabla 2: Producción mundial de pastas.
Fuente: IPO (2019)

	País	Toneladas
1°	Italia	3.369.958
2°	Estados Unidos	2.000.000
3°	Turquía	1.667.267
4°	Rusia	1.075.404
5°	Brasil	916.337
6°	Irán	560.000
8°	ARGENTINA	400.025

Según el informe sectorial de la UIFRA (2020), en Argentina el mercado de las pastas frescas exclusivamente abarca solo el 13 % del total de producción; es el sector más afectado por los cambios en la economía regional. Por este motivo es que, según el mismo informe, las empresas más experimentadas del sector

deciden en muchos casos resignar los segmentos masivos para especializarse en otros más específicos como ser el de los productos sin gluten o con materias primas alternativas. De acuerdo a la UIFRA (2018), casi la mitad de la producción nacional la tiene el establecimiento de Molinos Rio de la Plata (44,5 %), que produce pastas secas. La mayoría de las fábricas de fideos están ubicadas en áreas propicias para la producción de trigo, ya que es la materia prima utilizada por excelencia para su elaboración; la zona de la provincia de Misiones (Litoral) posee muy pocas fábricas fideeras (solo el 4,9 %).

En cuanto al consumo, Italia se encuentra a la cabeza con un valor de 23,2 Kg per cápita/año; como se mencionó en el capítulo anterior, en Argentina, el consumo de pastas alimenticias, tanto frescas como secas, está muy establecido en los hogares y se encuentra entre los 7 principales países del mundo con mayor consumo con un valor de 8,5 Kg per cápita/año (UIFRA, 2020).

2.2.2. Proceso de elaboración

La elaboración de las pastas alimenticias depende de varios factores, entre ellos: la tecnología utilizada (artesanal, semi-industrial o industrial), el tipo de pasta a elaborar (extruida o laminada), el proceso de conservación (secado, pasteurizado o frescas), etc.

Se confeccionó un diagrama de flujo del proceso de elaboración de pastas (Figura 6) de manera general, en el que se distinguen los dos tipos de pastas antes mencionados. Cabe destacar que si se desea elaborar pastas frescas, se deben suprimir las etapas de secado y enfriamiento y pasar directamente al envasado y almacenamiento, luego del corte.

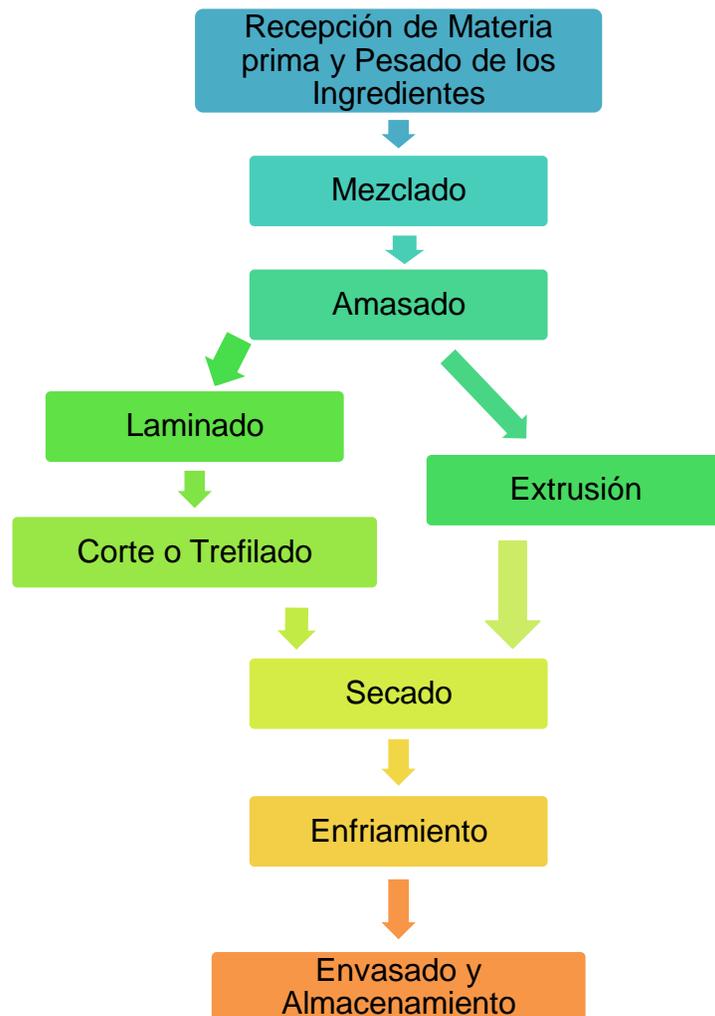


Figura 6: Proceso de elaboración de pastas alimenticias
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explica brevemente cada una de las etapas:

❖ *Recepción de Materia prima y pesado de los ingredientes:* la materia prima más importante a la hora de fabricar las pastas es la harina, por lo que su control debe ser muy exigente y asegurar la calidad óptima de la misma. En cuanto al pesado de los ingredientes, es importante que las balanzas estén calibradas ya que de ello depende la exactitud en la receta. Para los aditivos se debe utilizar una balanza con mayor grado de precisión ya que las cantidades suelen ser muy pequeñas.

❖ *Mezclado*: los ingredientes secos se mezclan en una amasadora o mezcladora. Se debe lograr una mezcla lo más homogénea posible para obtener pastas de buenas características.

❖ *Amasado*: el papel de esta etapa es la de repartir progresivamente y de forma homogénea el agua de hidratación de las sémolas, en el seno de las partículas de trigo (Gómez Cota, 2007). En la elaboración de las pastas, el amasado se realiza con un nivel de humedad bajo (aproximadamente del 30 %) y por corto tiempo (10-15 minutos); por lo tanto, el desarrollo del gluten es solo parcial en esta fase (De Noni y Pagani, 2010). Como resultado de esta operación, se obtiene una mezcla de textura granular, que pasará a la etapa de extrusión o laminado, dependiendo del tipo de pasta que se desea elaborar.

❖ *Extrusión*: consiste en un tornillo sin-fin que fuerza el paso de la mezcla a través de una abertura que le otorga la forma final al producto, mediante piezas intercambiables a la salida de la extrusora. En el interior de la extrusora se realiza vacío para evitar la formación de burbujas de aire y limitar las reacciones de oxidación (Gómez Cota, 2007).

❖ *Laminado*: consiste en pasar y enrollar varias veces la masa a través de dos cilindros lisos que se acercan el uno al otro cada vez con una determinada medida. En esta etapa se pretende lograr una lámina de masa lisa, de un espesor deseado y con una matriz de gluten continua y uniforme. En general se acepta que la pasta cocida obtenida por laminado tiene una calidad mejor que los productos extruidos ya que la red de gluten alcanza mayor desarrollo por el laminado que por la extrusión (Matsuo y col., 1978; Dexter y col., 1979).

❖ *Corte o Trefilado*: la pasta laminada se introduce entre dos cilindros que poseen ranuras para realizar el corte de la masa, tan largo como se determine.

❖ *Secado*: una vez finalizadas las etapas anteriores, el producto puede ser comercializado en fresco o seco. El proceso de secado se realiza con el objetivo de reducir el contenido de humedad de las pastas hasta 12-13 %, valores que evitan el crecimiento microbiológico y las reacciones de deterioro, por lo que la vida útil del producto se extiende considerablemente. Existen varias técnicas para

llevar a cabo el secado de las pastas, que combinan diferentes condiciones de temperatura con humedad del aire. Las instalaciones más modernas solo utilizan el secado a alta temperatura, por encima de los 70°C, o bien a muy alta temperatura; el sistema tradicional (40-60°C) ha dejado de utilizarse por no ser rentable (Gómez Cota, 2007). En algunos casos, el secado se lleva a cabo en varias etapas: pre-secado, secado y enfriamiento, de manera tal de conservar mejor las propiedades estructurales de las pastas (Martínez, 2010).

❖ *Enfriamiento*: una vez retirado el producto del secador, se enfría en un lugar fresco y seco hasta temperatura ambiente. El tiempo varía de acuerdo a las características de las pastas y a las condiciones climáticas.

❖ *Envasado*: las pastas se suelen envasar en bolsas de polipropileno debidamente rotuladas de acuerdo a las exigencias del CAA. Las pastas frescas suelen ser sometidas a procesos de pasteurización y luego se envasan, de esta manera pueden conservarse por períodos de tiempo más prolongados.

❖ *Almacenamiento*: las condiciones varían de acuerdo a si se trata de pastas secas o frescas. Las primeras se pueden almacenar a temperatura ambiente en lugares secos que aseguren una buena ventilación y condiciones de higiene adecuadas. Las segundas en cambio, deben almacenarse a temperaturas de refrigeración y durante su transporte se deben mantener estas condiciones para conservar la calidad final del producto.

2.3. EL GLUTEN

Hace más de 250 años, en 1745, se aisló por primera vez el gluten del trigo; desde entonces se ha avanzado enormemente en su conocimiento. Osborne (1907) fue el primero en clasificar las proteínas del grano de trigo, basado en sus propiedades de solubilidad en distintos solventes; él identificó cuatro grupos de proteínas:

❖ *Albúminas*: solubles en agua;

❖ *Globulinas*: solubles en soluciones salinas;

- ❖ *Gliadinas*: solubles en soluciones acuosas de etanol 70°;
- ❖ *Gluteninas*: solubles en soluciones diluidas ácidas o básicas; insolubles en etanol 70°.

Basándose en esta clasificación, estas proteínas pueden agruparse en dos categorías, de acuerdo a su funcionalidad, como se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3: Proteínas pertenecientes al trigo. Fuente: Adaptado de Larrosa (2014).

Clasificación de acuerdo a su funcionalidad	Ubicación en el grano	% en la harina de trigo	Proteínas monoméricas	Proteínas poliméricas
Proteínas no pertenecientes al gluten	Principalmente en las capas externas del grano de trigo y muy bajas concentraciones en el endospermo	15 – 20 %	Albúminas Globulinas	Triticinas
Proteínas pertenecientes al gluten	En el endospermo del grano de trigo	80 – 85 %	Gliadinas	Gluteninas

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, el Codex Alimentarius define al gluten como “*la fracción proteínica del trigo, centeno, cebada y avena o sus variedades híbridas y derivados de los mismos, que algunas personas no toleran y que es insoluble en agua y en NaCl 0,5M*”. Esta fracción está formada en partes iguales por gluteninas y gliadinas (denominadas en conjunto como *Prolaminas*). Las proteínas del gluten en la harina de trigo le confieren a la masa una funcionalidad única que la hace diferente al resto de las harinas de otros cereales; desde el punto de vista reológico, la masa de harina de trigo se comporta como un fluido viscoelástico, propiedad que hace que la masa sea elástica y extensible (Larrosa, 2014).

Las prolaminas se denominan con nombres diferentes dependiendo del cereal del que provienen: *gliadina* (trigo), *secalina* (centeno), *hordeína* (cebada) y *avenina* (avena). En la Figura 7 se observa la clasificación actual del gluten del trigo.

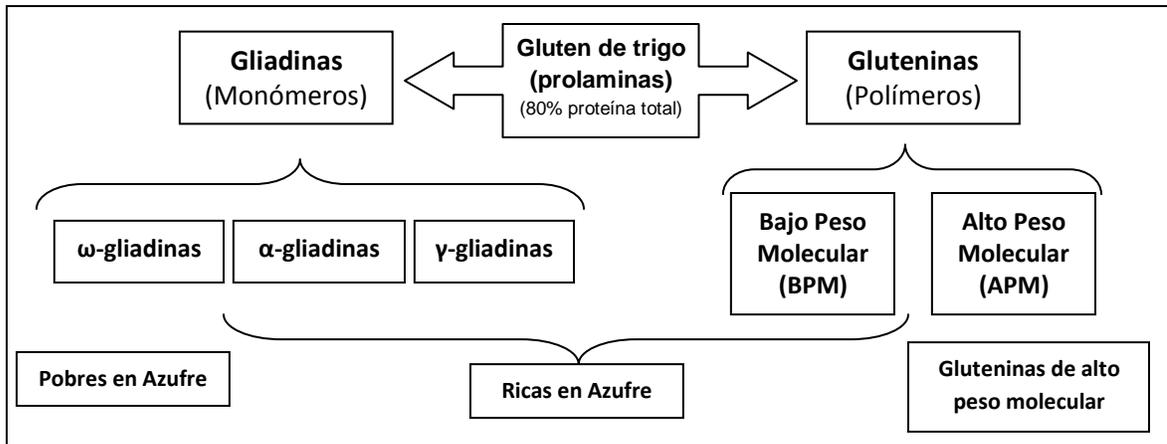


Figura 7: Composición del gluten de trigo. Fuente: Adaptado de Hafeez Malik (2009).

Las propiedades de la harina de trigo para formar una masa cohesiva que pueda ser horneada para producir pan, o cocida para elaborar pastas, son derivadas de las proteínas presentes en el gluten y de las interacciones que ocurren entre ellas y entre los demás componentes de la harina (Martínez, 2010). En consecuencia, tanto la cantidad de gluten como la calidad del mismo, son importantes en la elaboración de las pastas (Hoseney, 1994).

2.4. PRODUCTOS LIBRES DE GLUTEN

El C.A.A define en el Capítulo XVII (Alimentos de régimen o dietéticos), Artículo 1383, un alimento libre de gluten como aquél “*que está preparado únicamente con ingredientes que por su origen natural y por la aplicación de buenas prácticas de elaboración —que impidan la contaminación cruzada— no contiene prolaminas procedentes del trigo, de todas las especies de Triticum, como la escaña común (Triticumspelta L.), kamut (Triticumpolonicum L.), de trigo duro, centeno, cebada, avena ni de sus variedades cruzadas.*” Además, en el

mismo artículo, establece que el contenido de gluten no podrá superar el máximo de 10 mg/Kg de alimento, lo que equivale a 10 partes por millón (ppm).

Las categorías de alimentos más afectadas por esta limitación son las de los panificados y las pastas. Han surgido diferentes enfoques para superar las dificultades tecnológicas que impone la producción de productos sin gluten de buena calidad, y en este aspecto se recurre a ingredientes y/o aditivos que tienen la capacidad de imitar las propiedades del gluten (Yalcin y Basman, 2008). Rosell (2013) afirma que las harinas de cereales, entre ellos el arroz y el maíz, y de otras materias primas no convencionales tales como leguminosas, musáceos, raíces y tubérculos, se perciben como potenciales ingredientes en el desarrollo de numerosos productos alimenticios a nivel mundial.

Existen trabajos sobre la formulación de pastas libres de gluten que utilizan pseudocereales como ingredientes principales tales como el sorgo, mijo, quínoa, amaranto, y los almidones de arroz, papa o mandioca (Susanna y Prabhasankar, 2013; Giménez y col., 2013; Larrosa, 2014).

La mandioca no contiene gluten, por lo que puede ser consumida sin problemas por personas que tienen celiaquía o intolerancia al gluten. Este último aspecto, ha transformado a la mandioca en una materia prima fundamental para la industria de alimentos sin gluten.

2.5. ADITIVOS

El capítulo I, artículo 6° del C.A.A define como aditivo alimentario: *“Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que directa o indirectamente modifiquen las características físicas, químicas o biológicas de un alimento, a los efectos de su mejoramiento, preservación, o estabilización, siempre que: a) Sean inocuos por sí mismos o a través de su acción como aditivos en las condiciones de uso. b) Su empleo se justifique por razones tecnológicas, sanitarias, nutricionales o psico-sensoriales necesarias. c) Respondan a las exigencias de designación y de pureza que establezca este Código.”*

Los hidrocoloides o “gomas” se definen como biopolímeros de alto peso molecular, hidrofílicos, con propiedades coloidales que, en el solvente adecuado, producen geles o suspensiones de elevada viscosidad; son utilizados como ingredientes funcionales en la industria alimentaria debido a sus propiedades espesantes, gelificantes, estabilizantes, complejantes, etc. (Larrosa, 2014). Algunas de sus propiedades más importantes son: modificar la reología y textura de suspensiones acuosas (Dziezak, 1991), mejorar la textura de los alimentos (Armero y Collar, 1996), disminuir la retrogradación del almidón (Davidou y col., 1996), sustituir lípidos en productos bajos en calorías (Kohajdová y Karovičová, 2009), aumentar la retención de humedad, y sustituir al gluten en la formulación de panificados y pastas sin gluten (Rojas y col., 1999; Gómez y col., 2007). En vista de estas investigaciones, hoy en día prácticamente todos los productos sin gluten tienen hidrocoloides incorporados en su formulación.

La goma xántica (GX) es un polisacárido aniónico, producido como metabolito secundario por la fermentación industrial de *Xanthomonas campestris* sobre sustrato glucídico (Becker y col., 1998). Se encuentra aprobada para su uso en alimentos por el CAA dentro del Capítulo XVIII (Aditivos Alimentarios) por Resolución conjunta entre la Secretaria de Políticas, Regulación y Relaciones Sanitarias (SPRyRS) y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) N° 38/2007 y N° 74/2007, bajo el código E415. Está constituida por una estructura básica celulósica con ramificaciones de trisacáridos, la cual es completamente soluble en agua fría o caliente y produce elevadas viscosidades en bajas concentraciones. Además posee una excelente estabilidad al calor y pH, pues la viscosidad de sus soluciones no cambia entre 0 y 100° C y valores de pH comprendidos entre 1 a 13 (Pasquel, 2001).

Tinoco Vergara (2008), reporta que entre las gomus usadas en la industria de los farináceos, la GX se agrega a los alimentos para controlar la reología del producto final; además produce un gran efecto sobre la textura, liberación de aroma y apariencia (propiedades que contribuyen a la aceptabilidad del producto

para su consumo). Sustituye las funciones del gluten, debido a su alta capacidad de absorción de agua, de viscoelasticidad y de termo-coagulación. Por otro lado, en solución, tiene una sensación menos gomosa en la boca en comparación con otras gomas.

2.6. SELECCIÓN DE INGREDIENTES

❖ Fécula de mandioca y harina de maíz: Se pretende elaborar los fideos a partir de harinas diferentes al trigo, como lo son la fécula de mandioca y la harina de maíz, que tienen en común su elevado contenido de almidón. Los almidones son polisacáridos que se encuentran principalmente en los granos de los cereales y legumbres, así como en tubérculos, raíces y bulbos. Su función nutricional principal es energética, ya que, a través de la hidrólisis digestiva, da como resultado moléculas de glucosa.

La fécula de mandioca es normalmente utilizada en diversos productos de la industria alimentaria tanto en su estado nativo como modificado, como agente espesante, estabilizante, etc., pero por lo general se la utiliza en concentraciones pequeñas. Al igual que todos los almidones, está compuesto por moléculas de amilosa y de amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de naturaleza cristalina con uniones α -1,4 más fuertes que las de la amilopectina (uniones α -1,4 con ramificaciones α -1,6), poco soluble en agua, que solo se hincha a temperaturas elevadas y es la responsable de la absorción y formación de geles, que luego precipitan en el transcurso de los procesos de modificación del almidón (por ejemplo la cocción). Para ello, debe formarse en la masa una red lo suficientemente fuerte como para contener a los gránulos de almidón hinchados que, de lo contrario, pasarían al agua de cocción aumentando la pérdida de sólidos de las pastas (Martínez, 2010).

La harina de maíz es la segunda harina más consumida en la industria de los alimentos después de la de trigo. Es un polvo, más o menos fino, puede ser integral, por lo que se presenta de color amarillo, o refinada en cuyo caso es de

color blanco. Está formada fundamentalmente por almidón (75-87%), y por un complejo proteico denominado zeína (6-8%) (Shukla y Cheryan, 2001). No contiene en su composición las proteínas capaces de formar gluten por lo que es muy utilizado en la elaboración de productos para celíacos o intolerantes al gluten.

❖ Goma Xántica (GX): es un hidrocoloide que se utiliza como aditivo en productos libres de gluten con el objeto de reemplazar la red viscoelástica del gluten, que no puede formarse con harinas diferentes a la de trigo. Su alta naturaleza polimérica y las interacciones entre las cadenas de polímero da como resultado la mejora de la sensación en la boca y la viscosidad cuando se disuelven o dispersan en sistemas alimentarios (Yaseen y col., 2005). El CAA lo considera como un estabilizante, espesante y emulsificante o emulsionante, que puede agregarse a las pastas en una cantidad no superior a 1 g/100 g de alimento.

Existen muchas investigaciones acerca de la adición de gomas a pastas libres de gluten y su efecto en las propiedades texturales de las mismas. Palavecino y col. (2017) elaboraron pastas con harina de sorgo blanco y marrón, a la cual le agregaron GX como aditivo, entre otros ingredientes. Kaur y col. (2015) utilizaron una mezcla de almidón de papa, frijol y almidón de maíz para elaborar pastas libres de gluten a la cual le agregaron una suspensión de hidrocoloide (goma guar y GX). Susanna y Prabhasankar (2013) formularon pastas enriquecidas en proteínas elaboradas a base de harina de soja, garbanzos y sorgo, con el agregado de diferentes hidrocoloides, entre ellos la GX. Todos ellos llegaron a la conclusión de que el agregado de hidrocoloides a la masa mejora tanto las propiedades nutricionales y sensoriales como también la textura final de las pastas.

❖ Huevo: este ingrediente se agrega en proporciones específicas con el objeto de aportar consistencia y color a la pasta y la hace más nutritiva en cuanto a proteínas. En las pastas frescas, la presencia de proteínas de huevo mejora las

propiedades mecánicas y el comportamiento durante la cocción del producto (Larrosa, 2014). Esta mejora está relacionada principalmente con la ovoalbúmina, que es la proteína más abundante en el huevo y presenta propiedades de coagulación y gelificación (Yang y Baldwin, 1995). Además, debido a que la matriz en estudio no posee gluten, el huevo podría colaborar en formar una red más fuerte capaz de retener los gránulos de almidón durante la cocción de las pastas.

❖ Leche: es una disolución que contiene gotitas de grasa y agregados de proteína (micelas de caseína) (Fennema, 2000). Estas proteínas juegan un papel importante en los alimentos porque presentan propiedades emulsionantes, además de aportar gran valor nutritivo por tratarse de proteínas de origen animal (de alta digestibilidad).

❖ Materia grasa: en la mayoría de los alimentos, las grasas tienen una función vital en el sabor, en la textura y en el aspecto. Como es bien reconocido, la materia grasa se incorpora a los alimentos, entre otras funciones, para brindarle palatabilidad a los mismos y que resulten más apetecibles al consumidor. En este caso en particular, al ser una matriz totalmente diferente a las pastas elaboradas con harina de trigo, resulta imprescindible su incorporación para que resulten pastas de mejor textura.

❖ Agua: La cantidad de agua requerida para la elaboración de las pastas es variable de acuerdo a la harina que se utilice: debe ser la suficiente como para hidratar la harina y permitir el desarrollo de una lámina de masa uniforme, pero no demasiada, como para que la masa formada se torne pegajosa y cause problemas en su manipulación.

2.7. CALIDAD DE COCCION

Existen ciertos parámetros que pueden ser utilizados con el objetivo de determinar la calidad de las pastas durante su cocción. Son aspectos de gran

interés a la hora de elaborar las pastas y pueden ser evaluados a través de diferentes parámetros como ser: la firmeza luego de la cocción, la capacidad de retener agua, la pérdida de sólidos en el agua de cocción, entre otros. Todos ellos son indicadores que ayudan a interpretar los cambios estructurales que suceden en la masa durante la cocción de los fideos en agua hirviendo.

Las pastas elaboradas con harinas diferentes a la de trigo, al no poseer gluten, presentan características muy particulares que las hacen difíciles de comparar con las pastas tradicionales. En general, las pastas de alta calidad tienen resistencia a la cocción y firmeza, no liberan una cantidad excesiva de materia orgánica en el agua de cocción y no muestran adhesividad (Manser, 1980).

Para los consumidores, los atributos más importantes son aquellos relacionados con la textura de la pasta cocida, como la firmeza y la adhesividad. También se desea que la pasta tenga un tiempo de cocción relativamente bajo y que las pérdidas de sólidos en el agua de cocción sean lo más reducidas posible. Para estudiar la calidad de cocción de las pastas, se agruparon los parámetros analizados en las siguientes categorías: características físicas: absorción de agua, pérdida de sólidos, y color; y características texturales: firmeza, adhesividad y masticabilidad.

❖ Características físicas: En el proceso de producción de pastas de trigo, durante el amasado, las proteínas mezcladas con el agua, forman una compleja estructura (el gluten) en la que quedan atrapados los gránulos de almidón. La calidad de la pasta depende de esta red proteica, ya que cuando la red es fuerte impide que durante la cocción las partículas de almidón pasen al agua de cocción, evitando que la pasta se vuelva blanda y pegajosa (Cuevas Tejeda, 2014). En las pastas libres de gluten, esta red proteica no puede formarse por lo que las pérdidas de sólidos en el agua de cocción podrían resultar más elevadas. Lo que

se pretende es formar una red con el agregado de gomas que hagan que la matriz en estudio resulte más fuerte.

La absorción de agua representa los gramos de agua que se absorben durante la cocción de las pastas por los gramos de fideos crudos utilizados para el ensayo. Este parámetro nos brinda una idea del poder de hinchamiento que tienen las pastas que, además, podría relacionarse con los parámetros texturales que definen la calidad de las pastas. Tudorica y col. (2002), señalan que estos dos parámetros (pérdida de sólidos y absorción de agua), entre otros, son fundamentales y comúnmente empleados por los consumidores y por los industriales como predictores generales de calidad de distintas pastas alimenticias.

El color de las pastas es un parámetro importante para evaluar la calidad de las pastas por los consumidores (Giuberti y col., 2015); es de esperarse que las pastas elaboradas con huevo sean de color amarillo y que el mismo permanezca luego de la cocción de los fideos.

❖ Características texturales: La textura de la pasta cocida es generalmente reconocida como su aspecto de calidad más importante (Brunnel y col., 2010). Según Torricella Morales y col. (2007), las características texturales son las que presentan mayor complejidad en su descripción. Las define como el conjunto de propiedades reológicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un alimento dado. Pueden ser definidas por una serie de parámetros, que por sí mismos definen una característica específica de la estructura del alimento. Las características de textura se pueden clasificar en: mecánicas, geométricas y otras, según se describen en la Figura 8.

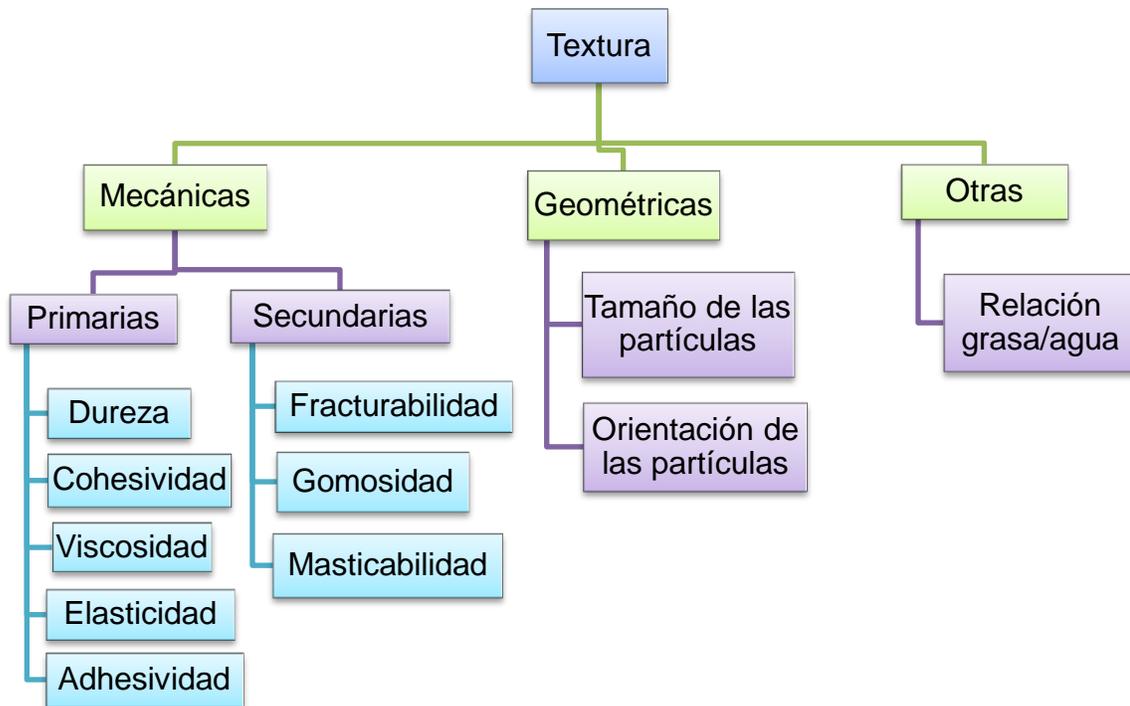


Figura 8: Clasificación de las características de textura. Fuente: Adaptado de Torricella Morales y col. (2007)

Todas estas características pueden ser medidas no solo de manera instrumental sino también a través de panelistas entrenados, capaces de identificar cada uno de estos parámetros mediante pruebas específicas. Este sistema de clasificación fue desarrollado con el fin de servir de base para la medición instrumental de la textura de los alimentos; constituyendo el fundamento del análisis del perfil de textura (TPA), el cual intenta medir las propiedades de textura de un alimento de una manera integral por medio de un instrumento (Marchylo y col., 2004). Este ensayo consiste en comprimir el alimento en cuestión (alrededor de un 20 %) dos veces consecutivas sin llegar a romperlo, simulando dos mordidas, y registrar una curva de la fuerza empleada en función del tiempo, o la distancia, ya que se suele comprimir a velocidad constante. En la Figura 9 se puede ver una curva típica resultado de este ensayo y los distintos parámetros que se obtienen de ella.

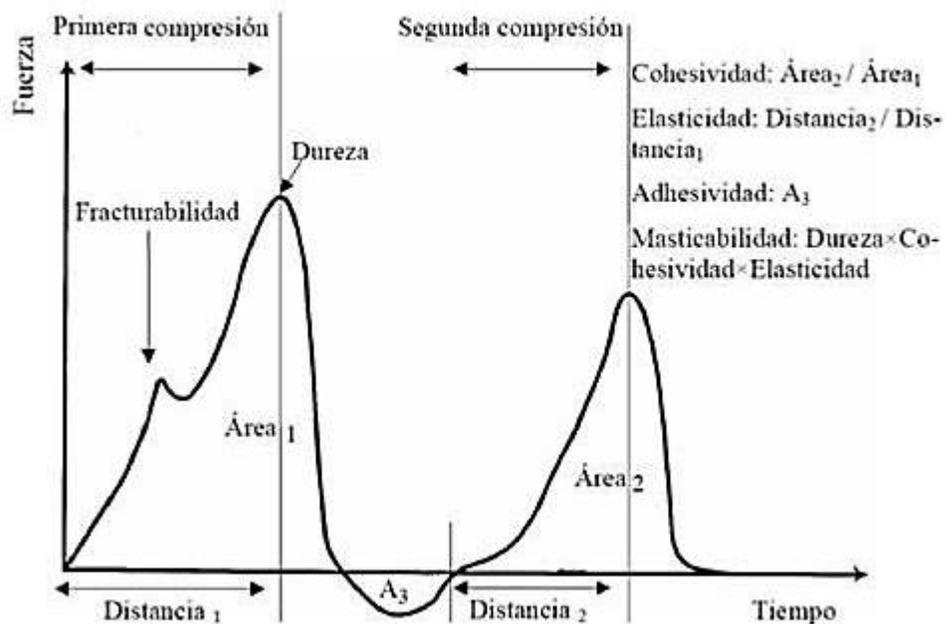


Figura 9: Curva típica de un ensayo TPA. Fuente: Adaptado de Bourne y col. (1978).

Una pasta “al dente”, se define como aquella que tiene un alto grado tanto de firmeza como de elasticidad, son factores que identifican a la misma como de buena calidad (Hager y col., 2012). Las principales propiedades de textura en la pasta cocida incluyen firmeza, elasticidad, integridad de la superficie y ausencia de una superficie pegajosa (Marchylo y col., 2004).

La *firmeza* se define como la forma en la que reacciona la pasta a una fuerza aplicada. Es el trabajo que se requiere para cortar una determinada cantidad de fideos. Está relacionada con la cantidad de fuerza que se debe llevar a cabo con los molares para cortar el fideo durante la masticación.

La *adhesividad* es la fuerza necesaria para vencer la atracción entre el producto y una superficie determinada con la que entra en contacto.

La *masticabilidad* está dada por la energía requerida para reducir el alimento a un estado listo para ser tragado. Es una característica secundaria ya que se calcula como el producto de la firmeza, la cohesividad y la elasticidad.

2.8. EVALUACION SENSORIAL

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que, a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído, miden las características organolépticas y la aceptabilidad de los productos alimenticios. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos (Watts y col., 1992). Los métodos de evaluación sensorial o pruebas sensoriales son indispensables en el control de la calidad de los alimentos (Torricella Morales y col., 2007). Según Troccoli y col. (2000), la elaboración experimental de la pasta seguida de una evaluación apropiada de los productos terminados a través de un panel sensorial, proveen una evaluación más fiable de la calidad de un producto.

Las pruebas sensoriales se clasifican, según los objetivos que se persiguen, en dos grandes grupos: *analíticas* y *afectivas*. Las analíticas tienen como objetivo la evaluación comparativa o descriptiva de la calidad mediante un grupo reducido de catadores experimentados, adiestrados o entrenados (entre 5 a 15), dan respuesta acerca de la calidad sensorial del producto sin tener en cuenta sus gustos o preferencias personales. Se emplea un vocabulario técnico que los catadores debe conocer con anterioridad, se evalúan características tales como el sabor (olor y gusto), textura o apariencia. Para comprender mejor la clasificación de los catadores mencionados anteriormente, se define a los catadores experimentados como aquellos que no han recibido un adiestramiento específico, pero han participado en un gran número de pruebas analíticas por lo que conocen el producto y los métodos de evaluación; son catadores adiestrados empíricamente, es decir, que se han formado en la práctica. Esta situación suele ser la más común en la mayoría de los laboratorios donde se evalúan alimentos en los que se cuenta con un grupo de catadores de mucha experiencia, pero que aún no han recibido adiestramiento (Torricella Morales y col., 2007).

Por otro lado, las afectivas brindan información acerca de la preferencia o aceptación que tienen los consumidores por el producto que se evalúa, para lo que se debe trabajar con un gran número de degustadores no adiestrados, es decir, consumidores representativos de la población.

En conclusión, las pruebas analíticas son las más adecuadas para la evaluación de la calidad final de los alimentos. Sin embargo, en conjunto, ambos tipos de pruebas sensoriales definen la calidad global del alimento y su aceptación por los consumidores.

CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

3.1. PROPUESTA METODOLÓGICA

Con el objetivo de determinar la calidad de una formulación innovadora de fideos libres de gluten, se estudiaron las características físicas, texturales y sensoriales del producto cocido, listo para su consumo. Se trabajó con muestras con el agregado de GX a dos niveles de concentración y se comparó con un control (sin GX), de manera tal de poder interpretar los cambios estructurales que suceden en la masa durante la cocción de los fideos en agua hirviendo. Dentro de los parámetros físicos, se determinó la absorción de agua, pérdida de sólidos y color de las pastas y, en cuanto a los parámetros texturales, se analizó la firmeza, adhesividad y masticabilidad, que representan el comportamiento mecánico de las pastas. Para completar el estudio se evaluó la percepción de textura de los fideos a través de un panel entrenado, y con la formulación seleccionada como óptima, se determinó la aceptabilidad global de los fideos con consumidores habituales del producto. Para finalizar, se analizaron las correlaciones existentes entre las propiedades físicas y entre las propiedades texturales instrumentales y sensoriales de la pasta con la concentración óptima de goma xántica seleccionada. Todos los resultados obtenidos de las determinaciones fueron valorados con herramientas estadísticas, mediante test de múltiples rangos para comparar valores medios y desvíos estándares. Mediante estos análisis, se evidenció la necesidad de incorporar GX a formulaciones sin TACC, con harinas no tradicionales, como reemplazo del gluten. Se demostró que su incorporación, favoreció el fortalecimiento de la matriz evitando las pérdidas de sólidos al agua de cocción, con valores de textura intermedios, aceptables en un 100% para los consumidores.

3.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

3.2.1. Ingredientes para la elaboración de los fideos

Todos los ingredientes utilizados son de origen nacional, libres de gluten.

- ❖ Fécula de mandioca (Montecarlo, Misiones, Argentina).
- ❖ Harina de Maíz (Indelma, Santa Fé).
- ❖ Sal refinada (Celusal, Tucumán)
- ❖ Leche entera en polvo (Ilolay, Santa Fé).
- ❖ Huevo entero
- ❖ Grasa vegetal (Margadán, Buenos Aires).
- ❖ Goma xántica (Parafarm, Córdoba).

3.2.2. Equipos e Instrumentos

- ❖ Balanza de cocina digital (ATMA, China) BC7200, capacidad máxima 3000 g precisión 1 g.
- ❖ Balanza (Ohaus, U.S.A.) Pioneer, capacidad 220 g precisión 0,0001g.
- ❖ Cocina domiciliaria (Whirlpool, Brasil).
- ❖ Laminador y cortador de pastas (Pluselectric).
- ❖ Estufa (Ionomex, Venezuela), rango de temperatura: 50 a 300°C.
- ❖ Analizador de textura (modelo TA.TX2.plus, Stable Micro System, Inglaterra).
- ❖ Colorímetro Hunter Lab Miniscan (modelo EZ4500L).
- ❖ Placas de vidrio
- ❖ Instrumentos de cocina: Bowls, vaso medidor, cubiertos, palo de amasar, recipiente para la cocción de los fideos.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Elaboración de los fideos

Las masas se elaboraron de manera artesanal a partir de una formulación de panificados (Milde y col., 2009) compuesta por: fécula de mandioca y harina de maíz (80:20), huevo (12 %), leche en polvo (5 %), margarina (6 %) y sal (0,6 %), optimizada para pastas con el agregado de GX a dos niveles (0,4 % y 0,6 %). Se mezclaron los ingredientes con la adición de agua hasta formar una masa homogénea que luego fue laminada y cortada en tiras tipo espagueti de 2 mm de espesor. Los fideos frescos se cocinaron al tiempo óptimo de cocción (TOC) previamente optimizado en 5 min. Se usó como control la misma formulación, pero sin agregado de GX.

Todas las determinaciones fueron llevadas a cabo en un cuarto a temperatura ambiente.

3.3.2. Determinación de la calidad de cocción de las pastas

3.3.2.1. Características Físicas

Cada una de las determinaciones mencionadas a continuación, se llevaron a cabo por triplicado.

A. Porcentaje de pérdida de sólidos (Ps): se utilizó la metodología descrita por Galán y col. (2014). Se pesaron 20 g de fideos, que fueron introducidos en un recipiente con agua destilada en ebullición en cantidad necesaria como para mantener una relación de sólidos/agua de 1/10 al final de la cocción (200 ml). Transcurrido el TOC, la muestra se escurrió y se realizaron tres lavados con 10 ml de agua destilada a temperatura ambiente, agregándose este volumen al agua de cocción previamente recolectada. Sobre el volumen total de agua se determinó el contenido de sólidos, por evaporación en estufa a 105 °C durante 24 h.

La cantidad de sólidos secos, expresada como g de sólidos solubles/100 g de muestra, puede ser referida a la muestra inicial usando la siguiente ecuación:

$$P_s (\%) = \frac{P_{ST0}}{PPI} \times 100$$

- P_s (%) = Porcentaje de pérdida de sólidos
- PPI = peso del producto crudo (inicial).
- P_{ST0} = peso de los sólidos remanentes luego de la cocción y evaporación en estufa.

B. Absorción de agua (Aa): Se procedió según el método 66-50 (AACC, 1999). Se cocinaron 25 g de fideos en 300 ml de agua destilada en un vaso de precipitado de 500 ml durante su TOC, posteriormente se enjuagaron con agua fría y se escurrieron por 30 segundos. La absorción de agua durante la cocción de la pasta se calcula en función del incremento de peso de la misma y se expresa como g agua absorbida/100 g de pasta cruda inicial:

$$A_a (\%) = \frac{APC - PPI}{PPI} \times 100$$

- A_a (%) = Porcentaje de absorción de agua, es el agua absorbida (g agua/100g producto crudo)
- APC = aumento de peso del producto cocido
- PPI = peso del producto crudo (inicial).

C. Determinación del color: El color se evaluó en forma instrumental con el colorímetro Hunter Lab Miniscan, calibrado mediante el uso de estándares blancos y negros, en muestras de fideos crudas y cocidas al TOC, sin y con agregado de GX. Cada muestra fue colocada en una placa de vidrio de 5 cm de diámetro cuyos bordes se cubrieron con cinta negra para evitar el ingreso de la luz; la muestra debe ocupar toda la superficie de la placa. Se determinaron los parámetros: L^* , que representa la luminosidad (0= negro, 100= blanco); a^* representa la posición

entre el rojo y el verde (+a= rojo, -a= verde) y b* la posición entre el amarillo y el azul (+b= amarillo, -b= azul) en el espacio de CIE-LAB.

3.3.2.2. Características Texturales

Para estas determinaciones, se realizaron 10 repeticiones de cada muestra de fideos cocidos hasta su TOC.

Se utilizó el analizador de textura provisto de una plataforma de aluminio sobre la cual se colocó cada muestra, y un cilindro de compresión de 75 mm de diámetro, tal como se observa en la Figura 10.

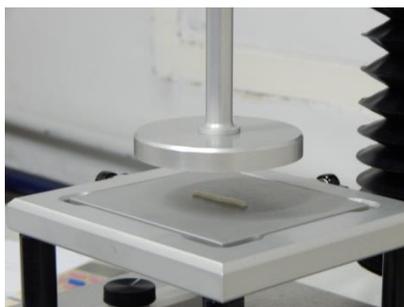


Figura 10: Imagen del analizador de textura.

Fuente: elaboración propia.

La velocidad del test fue de 0.5 mm/s, mientras que la velocidad pre-test 1 mm/s. Las muestras a evaluar se estandarizaron cortando cada fideo a 4 cm de longitud, y fueron sometidas a ensayos de doble compresión (TPA), en los que se llevó la masa hasta un 50 % de la altura del producto inicial. Los parámetros de textura: firmeza (f, en N), adhesividad (a, en N.s) y masticabilidad (m, en N), se calcularon a partir del gráfico de fuerza por distancia obtenido del software del analizador de textura (Texture Exponent versión 1.22), presentado en el capítulo II (Figura 9).

3.3.3. Evaluación sensorial

Las pastas se cocinaron en 300 ml de agua hirviendo (con 2 cucharadas de sal fina y gotas de aceite) hasta su TOC. Se colocaron 20 g de fideos en envases

térmicos y se agregó una pequeña cantidad de manteca en la parte superior; la misma se utilizó como vehículo para simular la forma en la que las pastas son consumidas habitualmente.

El ensayo se llevó a cabo en una habitación iluminada, libre de olores, buena ventilación, preparada con paneles separadores en sitios individuales para cada evaluador. Tuvieron a su disposición un tenedor descartable, un vaso de agua, una servilleta, una lapicera y la hoja de evaluación (Anexos 1 y 2) en donde se describían las definiciones y la forma de valorar de cada una de las propiedades a analizar (Figuras 11 y 12).



Figura 11: Paneles individuales de evaluación sensorial.
Fuente: Elaboración propia



Figura 12: Muestras de fideos listas para ser evaluadas por el panel.
Fuente: Elaboración propia

Para realizar un análisis más completo del producto, se llevaron a cabo en primera medida, pruebas analíticas con un panel experimentado de 8 catadores y luego, con la muestra cuyas características sensoriales resultaron más adecuadas o de alta calidad (mayor dureza y menor adhesividad, según Brunnel y col., 2010), se realizó un análisis sensorial del tipo Afectivo con un panel de consumidores habituales de pastas (no entrenados), entre ellos, celíacos y no celíacos.

A continuación se describen las pruebas analíticas que se realizaron:

- ❖ *Test del triángulo*: es una prueba discriminativa de diferenciación que se utiliza para comparar 3 muestras, de las cuales 2 son iguales y una es diferente. El panelista debe identificar la muestra que es diferente. Las muestras se presentaron codificadas con números de tres dígitos elegidos al azar, en orden diferente para cada panelista. Este ensayo se utilizó con el objetivo de detectar si hubo diferencia significativa en cuanto a las características sensoriales entre los fideos con concentración de GX de 0,4 % y 0,6 % (véase planilla Anexo 1).

- ❖ *Test de evaluación de intensidad*: es una prueba del tipo descriptiva en la que se requiere que los panelistas evalúen la intensidad perceptible de características sensoriales de las muestras, utilizando escalas lineales o categorizadas, que van de menor a mayor intensidad. Este tipo de prueba mide la magnitud de la diferencia entre las muestras. Las muestras se presentaron codificadas con números de tres dígitos elegidos al azar, de a una por vez. Se solicitó a los panelistas que marcaran con una cruz en la planilla de evaluación el nivel en la escala que mejor describió a la característica a evaluar: dureza (d), adhesividad (a) y masticabilidad (m). La escala utilizada es una escala categórica de 7 puntos que abarca un rango desde “muy baja” hasta “muy alta” (véase planilla en Anexo 2).

Las dos pruebas descriptas se realizaron en una misma sesión, y se repitieron durante tres días, de manera tal de tener tres repeticiones de los análisis.

La prueba que se llevó a cabo con el panel de consumidores fue del tipo *Afectiva*, con el objetivo de determinar el gusto, la aceptación o reacción ante el producto en cuestión. Se realizó con 92 encuestados, de los cuales 16 manifestaron ser celíacos. Los parámetros que se evaluaron fueron:

- ❖ **Impresión global**: los consumidores debían observar las pastas y responder acerca del *aspecto visual* en una escala categórica de 5 puntos

(que va desde “muy apetecible” hasta “muy malo”) y de la *pegajosidad* en una escala de 3 puntos (“muy juntos”, “menos pegados” y “despegados”).

- ❖ **Aceptación global:** los consumidores probaron las pastas y respondieron acerca de su *sabor* en una escala hedónica de 5 puntos (que va desde “me gusta mucho” hasta “me disgusta mucho”) y de su *textura* mediante algunos descriptores organolépticos comúnmente utilizados para este tipo de productos (“blandos”, “duros”, “gomosos”; “suaves”, “pegajosos”) . Cabe destacar que en este último parámetro, se daba la opción de marcar más de un descriptor a la vez en caso de ser necesario.

3.3.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la evaluación de las características físicas y texturales fueron expresados como valores medios y los desvíos estándares de las repeticiones realizadas. Se evaluó a través de análisis de varianza (ANOVA) por medio del software “Statgraphics plus 5.1” la existencia de diferencias significativas entre las muestras evaluadas, con un nivel de confianza del 95 %; mediante test de Fisher.

Para la prueba de triángulo se utilizó la Tabla Binomial de un extremo, ya que se sabe que una sola muestra es diferente (Anexo 3). En el caso de la prueba de evaluación de intensidad, se asignó un puntaje a cada categoría de la escala (1 a la categoría de menor intensidad y 7 a la de mayor intensidad), se sumaron los totales y se evaluó con ANOVA si hubieron diferencias significativas entre las muestras analizadas, mediante test de Fisher, con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados del análisis sensorial afectivo se analizaron mediante el software Microsoft Excel para conocer el porcentaje de aceptación de los fideos y los resultados se expresaron mediante gráficos de torta y barras. Para considerar positivo el parámetro *aspecto visual*, se agrupó desde “aceptable” hasta “muy apetecible”, para *pegajosidad* el porcentaje de catadores que han seleccionado “despegados”. Para *sabor* se agruparon como aceptables las respuestas desde

“no me gusta ni me disgusta” hasta “me gusta mucho” y para *textura*, se consideraron positivos los descriptores “blandos” y “suaves”.

Se realizaron correlaciones entre Aa – Ps y propiedades texturales instrumentales – propiedades texturales sensoriales, de manera tal de evaluar si hubieron relaciones lineales entre los parámetros estudiados, a través del coeficiente de correlación de Pearson, para un nivel de confianza del 95 %.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSION

3.4.1. Calidad de cocción de los fideos

3.4.1.1. Características físicas

Absorción de agua y pérdida de sólidos

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de la pérdida de sólidos en el agua de cocción y de la absorción de agua de los fideos, de la muestra control (sin agregado de GX) y con el aditivo, a ambos niveles.

Tabla 4: Absorción de agua y pérdida de sólidos durante la cocción de los fideos, con y sin goma xántica. Valores medios y desvíos estándares.

Concentración de goma xántica	Absorción de agua*	Pérdida de Sólidos*
%	%	%
0	211,3 ± 2,4 ^a	15,4 ± 0,5 ^a
0,4	157,9 ± 5,0 ^b	10,8 ± 1,1 ^b
0,6	164,3 ± 10,1 ^b	6,4 ± 1,5 ^c

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Como se puede observar en la Tabla 4, tanto Aa como Ps, disminuyeron con el agregado de GX a la masa. En Aa, solo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras sin y con agregado de GX, pero no entre los dos niveles de GX. En cambio, para Ps, la diferencia estadística significativa se observa entre las tres muestras.

La red polimérica de la masa, formada principalmente por cadenas proteicas e hidrocoloides y donde quedan atrapados los gránulos de almidón, se ve muy afectada por Aa. Esta red podría verse reforzada cuando Aa es menor. Cuando se cocina la pasta al TOC, entra agua al sistema, aumenta el peso (y volumen) de los fideos, por lo que a mayor cantidad de agua absorbida la red presenta una menor fuerza, es decir, se vuelve más débil, podría romperse y hacer que se pierdan sólidos solubles al agua de cocción. En la masa sin hidrocoloide, la red está formada solamente por proteínas (ovolácteas) y resulta más débil. Esto se evidencia en los valores obtenidos en la masa con el agregado de GX a ambos niveles de concentración.

La Ps puede entenderse como un índice de la resistencia a la desintegración durante la cocción de la pasta (Malcomson y Matsuo, 1993); bajas cantidades de residuos indican una alta calidad de la pasta cocida (Del Nobile y col., 2005). Una elevada Ps no es deseable, porque es producida por la solubilidad de compuestos como la amilosa, las proteínas y los minerales; asimismo, esta Ps ocasiona que las pastas pierdan su forma e inclusive, se rompan. Según lo planteado por Astaíza y col. (2010), para obtener pastas de buena calidad, las pérdidas por cocción deben ser inferiores al 9 %, lo cual se evidencia únicamente en la muestra con concentración de GX del 0,6 %.

Diferentes autores (Yalcin y Basman, 2008; Sirirat y col., 2005, Susanna y Prabhasankar, 2013) elaboraron fideos libres de gluten con diferentes harinas y con el agregado de GX (entre otros aditivos) a concentraciones entre 0,5 % y 3 %, y obtuvieron resultados muy variados en ambos parámetros, lo cual podría ser justificado por la diferencia entre la naturaleza de las distintas harinas estudiadas.

Es así que, por ejemplo, Padalino y col. (2013) elaboraron pastas con harinas de maíz y avena con el agregado de monoglicéridos y diferentes hidrocoloides (goma gellan, carboximetilcelulosa, pectina, agar, proteína de huevo en polvo, almidón de mandioca, harina de semilla de guar y chitosán) en concentraciones superiores a las del presente trabajo (2 %). Evaluaron Ps y Aa,

entre otros parámetros, y observaron un comportamiento contrario al obtenido en esta tesis. Al agregar los hidrocoloides, los valores de ambos parámetros aumentaron con respecto a la formulación sin aditivos, sin diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes aditivos agregados.

Sin embargo, Kaur y col. (2015) elaboraron tres tipos de fideos con diferente harinas (papa, maíz y frijoles) con agregado de GX y goma guar a la formulación a dos niveles (0,25 % y 0,35 %). Obtuvieron un comportamiento similar al de este trabajo en Ps, observándose una disminución en sus valores con respecto a la formulación sin aditivos. Atribuyen este comportamiento a la posibilidad de interacción compleja entre la amilosa y los hidrocoloides, lo cual disminuyó la solubilidad de las moléculas del polímero de almidón dentro de los gránulos hinchados luego de la cocción, produciendo una menor Ps.

Color

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para las pastas crudas y cocidas, en los parámetros de color, de las muestras control y con agregado de GX a la formulación (Tabla 5).

Tabla 5: Parámetros de color L*, a* y b* de los fideos crudos y cocidos, con y sin goma xántica. Valores medios y desvíos estándares.

Concentración de goma xántica	FIDEOS CRUDOS ⁺			FIDEOS COCIDOS ⁺		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	69,8 ± 0,4 ^a	5,7 ± 0,1 ^a	30,0 ± 0,3 ^a	67,5 ± 0,2 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	21,7 ± 0,2 ^a
0,4	72,4 ± 0,5 ^b	5,6 ± 0,1 ^b	29,9 ± 0,4 ^a	68,4 ± 0,1 ^b	1,3 ± 0,0 ^b	23,9 ± 0,1 ^b
0,6	73,6 ± 0,3 ^c	6,1 ± 0,1 ^c	30,9 ± 0,1 ^b	71,0 ± 0,1 ^c	2,1 ± 0,0 ^c	26,2 ± 0,1 ^c

⁺Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

En la Tabla 5 se observa que el agregado de GX produjo un aumento en los valores de los tres parámetros de color con diferencias significativas (p<0,05), tanto para los fideos crudos como para los cocidos. Los parámetros L* y b* se consideran más importantes como atributos de color para las pastas elaboradas con huevo (Martínez y col. 2007). Se podría inferir que la GX tiende a hacer que el color de los fideos sea más brillante (tal como lo indica el aumento en los valores

de L*) y más amarillos (según se observa en los valores de b*), cualidades preferidas por los consumidores (Srikaeo y col., 2018).

Choy y col. (2012) elaboraron fideos de trigo con agregado de almidón de papa acetilado (en concentraciones de 10 % y 20 %) y carboximetilcelulosa (0,5 % y 1%) y evaluaron los tres parámetros de color obteniendo un aumento en los valores de L* con el agregado del almidón de papa y una disminución en los valores de a* y b*, mientras que con el agregado de carboximetilcelulosa los tres parámetros de color disminuyeron. A su vez, mayores concentraciones de este último produjeron una disminución más significativa de los tres parámetros, resultados contrarios a los obtenidos en este trabajo con el agregado de GX.

Srikaeo y col. (2018) elaboraron fideos secos de arroz con el agregado de aditivos (carboximetilcelulosa, GX y goma guar) a dos niveles 0,05% y 0,1%. Observaron aumento de los tres parámetros de color cuando compararon la muestra control (sin aditivo) con las muestras que contienen aditivos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo.

Un resultado interesante para destacar, es la comparación de los valores obtenidos para las muestras antes y después de la cocción (Anexo 4), donde se observa una disminución bastante significativa en los tres parámetros para todas las muestras. Según Giuberti y col. (2015), la disminución principalmente en el grado de amarillez (valores de b*) después de la cocción de los fideos, podría estar relacionada con la lixiviación y la degradación térmica de algunos de los pigmentos, resultados que concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo.

3.4.1.2. Características texturales

En la Tabla 6 se muestran los resultados de los parámetros texturales analizados como los valores medios y desvíos estándares de las 10 repeticiones realizadas, tanto para la muestra control como para las muestras con el agregado de GX a ambos niveles de concentración.

Tabla 6: Parámetros de textura instrumental al tiempo óptimo de cocción para cada concentración de GX. Valor medio y desvíos estándares

Concentración de goma xántica	Firmeza*	Adhesividad*	Masticabilidad*
%	(N)	(N.s)	(N)
0	3,2 ± 0,2 ^a	0,1 ± 0,0 ^a	1,8 ± 0,2 ^a
0,4	6,9 ± 0,6 ^b	0,2 ± 0,1 ^b	3,9 ± 0,5 ^b
0,6	6,5 ± 0,4 ^b	0,2 ± 0,0 ^b	3,1 ± 0,3 ^c

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

Según resultados expuestos en la Tabla 6, se observa que se produjo un aumento estadísticamente significativo en los tres parámetros analizados de textura con el agregado de GX a las pastas.

Según Dziejic y Kearsley (1995), la textura de los fideos se ve afectada básicamente por la relación amilosa/amilopectina en la fécula de mandioca; encontraron que la fécula de mandioca contiene 87% de amilopectina, la cual tiene una viscosidad mayor que la amilosa y, por lo tanto, las masas hechas con esta harina serán pegajosas. La amilosa le brinda a la masa una característica firme y dura, mientras que la amilopectina una característica suave. Estos rasgos se ven intensificados con la incorporación de GX a la formulación, ya que, como se mencionó anteriormente, el hidrocoloide fortalece la matriz de la masa, evitando las pérdidas de almidón hacia el agua de cocción.

En cuanto a la firmeza, no hubo diferencias significativas entre las dos concentraciones de GX. Este parámetro podría estar relacionado con la absorción de agua de la masa. Sin el agregado de GX, la pasta absorbe mucha agua, lo que hace que su estructura sea más débil por lo que la firmeza presenta valores más bajos; mientras que, con el agregado de goma, la red se vuelve más fuerte y los valores de firmeza son más elevados. Los resultados encontrados en diferentes publicaciones son muy variables. Lai (2001) trabajó con fideos elaborados con diferentes variedades de harina de arroz, obtuvo una disminución significativa en la firmeza al agregar emulsionantes a las formulaciones en concentraciones superiores a las utilizadas en el presente trabajo (1 %). Raina y col. (2005), sin

embargo, al analizar fideos con harina de arroz con agregado de gluten y goma guar a diferentes concentraciones (entre 0,5 % y 2 %), obtuvieron un aumento en los valores de firmeza, resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo.

Respecto a la adhesividad, nuevamente no hay diferencias entre los valores obtenidos para las dos concentraciones de GX. Según lo expuesto en el Capítulo II, la adhesividad está representada como la fuerza necesaria para vencer la atracción entre el producto y la superficie con la que entra en contacto, es decir, está relacionada con propiedades superficiales de la pasta. Sin agregado de GX, los sólidos que escapan de la matriz van al agua de cocción, mientras que al tener GX en la formulación, podrían quedar retenidos sobre la superficie de la pasta, lo que explicaría el aumento de la adhesividad. Según Chillo y col. (2009) la adhesividad está relacionada con la cantidad de agua absorbida por la matriz durante el proceso de cocción; a medida que aumenta la cantidad de agua absorbida por el almidón se produce la solubilización de la amilosa en el agua de cocción y presencia de amilopectina en la superficie de la pasta, aumentando la adhesividad de la misma.

Los valores de firmeza y adhesividad presentados por Padalino y col. (2013) resultan muy superiores a los obtenidos en este estudio; una de las conclusiones a las que llegaron estos autores fue que el agregado de aditivos incrementó la firmeza (con excepción del almidón de mandioca agregado en pequeñas cantidades), pero disminuyó la adhesividad (con excepción de la goma gellan); considerando que utilizaron concentraciones de los aditivos muy superiores a las de este trabajo (2 %).

La masticabilidad está directamente relacionada con la firmeza; al presentar mayores valores de firmeza, se requiere mayor cantidad de energía para reducir el alimento a un estado listo para ser tragado, es decir, aumenta la masticabilidad. La GX ayudó a que los gránulos de almidón permanezcan retenidos dentro de la

matriz, lo poco que se pierde quedaría adherido a la superficie de la pasta provocando un aumento de la adhesividad y masticabilidad.

Debido a que únicamente hay diferencias significativas entre las muestras con GX en el parámetro de masticabilidad, estas pruebas por si solas no resultan concluyentes para seleccionar una concentración óptima de hidrocoloide en la formulación. Es por ello que, para completar el estudio, se recurrió a las pruebas del tipo sensorial.

3.4.2. Evaluación sensorial

A través de las pruebas anteriores, quedó en evidencia la necesidad de incorporar GX a la formulación como reemplazo del gluten. Mediante las pruebas sensoriales que se realizaron, se seleccionó el nivel de GX de manera tal de obtener las características óptimas de las pastas para el consumidor.

Pruebas analíticas

❖ Test de triángulo

Se realizó para saber si existían diferencias entre ambas muestras (0,4 y 0,6% de GX). Para ello, se sumaron las respuestas de los panelistas que acertaron la muestra diferente y el total de respuestas. Ambos resultados se sometieron a la prueba de significancia utilizando la tabla estadística (Anexo 3). Para un valor de $X = 24$ (cantidad total de respuestas, tres repeticiones de 8 panelistas por vez) y un valor de $n = 19$ (cantidad de respuestas correctas), se obtuvo un valor de $p < 0,05$ por lo que puede concluirse que existieron diferencias significativas entre ambas muestras estudiadas. Para conocer las razones de estas diferencias, se realizó la siguiente prueba.

❖ Test de evaluación de intensidad

En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de la prueba sensorial de evaluación de intensidad de las características texturales (dureza, adhesividad

y masticabilidad) de los fideos estudiados. Solo se observaron diferencias significativas entre ambas muestras en los valores de masticabilidad ($p < 0,05$), al igual que lo que ocurrió con la técnica instrumental.

Tabla 7: Evaluación sensorial de parámetros de textura en fideos cocidos a dos concentraciones de GX. Valores medios y desvíos estándares

Concentración de goma xántica (%)	Dureza*	Adhesividad*	Masticabilidad*
0,4	$3,9 \pm 0,9^a$	$2,5 \pm 1,3^a$	$3,7 \pm 0,7^a$
0,6	$4,1 \pm 1,4^a$	$2,9 \pm 1,5^a$	$4,4 \pm 1,1^b$

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

A pesar de la no existencia de diferencias significativas en los valores de dureza y adhesividad, se obtuvo mayor puntaje para los fideos con 0,6 % de GX, lo que resulta consistente con las mediciones instrumentales. Esto podría demostrar que el agregado de goma contribuye a mantener la forma de las pastas, volviendo más fuerte a la red y aumentando así la dureza de los fideos luego de la cocción. Como se mencionó anteriormente, la masticabilidad está directamente relacionada a los valores de dureza, lo que explica los resultados obtenidos. Los puntajes en adhesividad resultaron bajos y muy similares entre ambas muestras.

Cai y col. (2016) elaboraron pastas a base de harina de arroz gelatinizada a las cuales agregaron GX en concentraciones de 1 % y 5 %. Evaluaron a través de un panel sensorial, los parámetros de firmeza, pegajosidad y masticabilidad y obtuvieron puntajes mayores al adicionar mayor cantidad de GX a la formulación, comportamiento similar al del presente trabajo.

Con los resultados de todos los análisis, se seleccionó la pasta con una concentración de 0,6 % de GX, por ser la que presentó mejores características físicas (menores pérdidas de sólidos y mejor color, que se evidencia en los valores de L^* y b^*) y sensoriales (mejores puntajes en Dureza y Masticabilidad). Por ello las pruebas afectivas se llevaron a cabo únicamente sobre dicha formulación de

manera tal de conocer el grado de aceptabilidad que tendría la pasta por los consumidores.

Pruebas afectivas

En estas pruebas, se evaluaron dos parámetros: Impresión y Aceptación global de los fideos. En el primer caso, se solicitó a los consumidores que únicamente observen el producto y contesten las consignas. Los resultados se presentan en las Figuras 13 y 14.

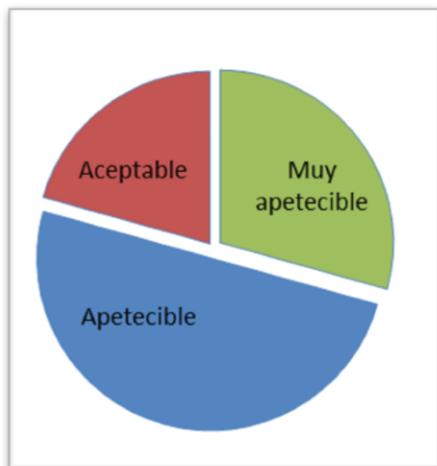


Figura 13: Aspecto visual de los fideos.



Figura 14: Pegajosidad de los fideos.

En cuanto al *aspecto visual* de los fideos, el 29 % de los consumidores contestaron “muy apetecible”, el 50 % “apetecible” y el 21 % “aceptable”. Uno de los motivos por los cuales puede deberse las variaciones entre las respuestas es por la *pegajosidad* que presentaron los fideos. Si observamos estos resultados, el 21 % de los encuestados contestó “muy juntos”, el 58 % “menos pegados” y el otro 21 % “despegados”. Puede inferirse que la *pegajosidad* es una característica que podría tener influencia en el *aspecto visual* de los fideos elaborados, pero, a pesar de ello, aún presentan 100 % de aceptabilidad en cuanto a este último parámetro.

Para conocer el grado de aceptación de los fideos en estudio, se analizaron dos características que resultan fundamentales a la hora de evaluar la calidad de

este tipo de productos: sabor y textura (Raina y col. 2005). Los resultados pueden observarse en las Figuras 15 y 16.

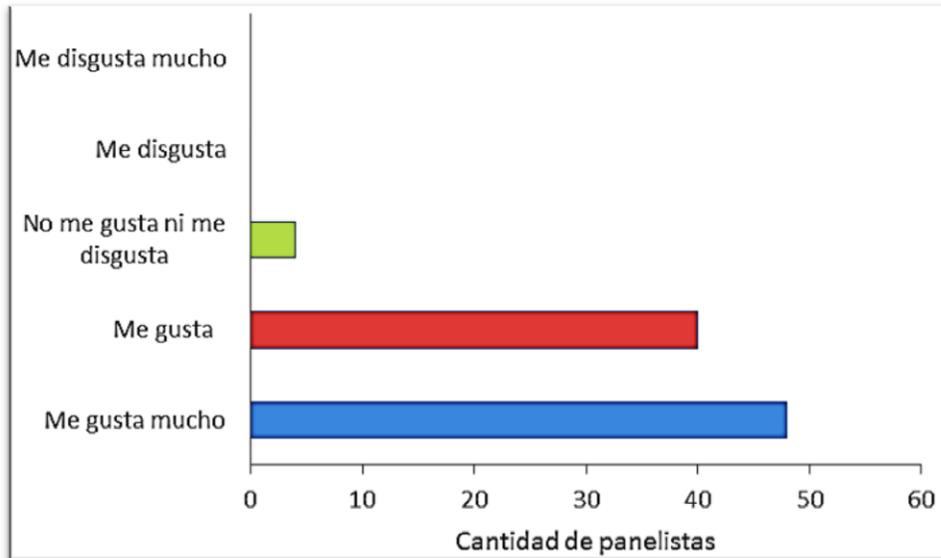


Figura 15: Grado de aceptación de los fideos evaluados.

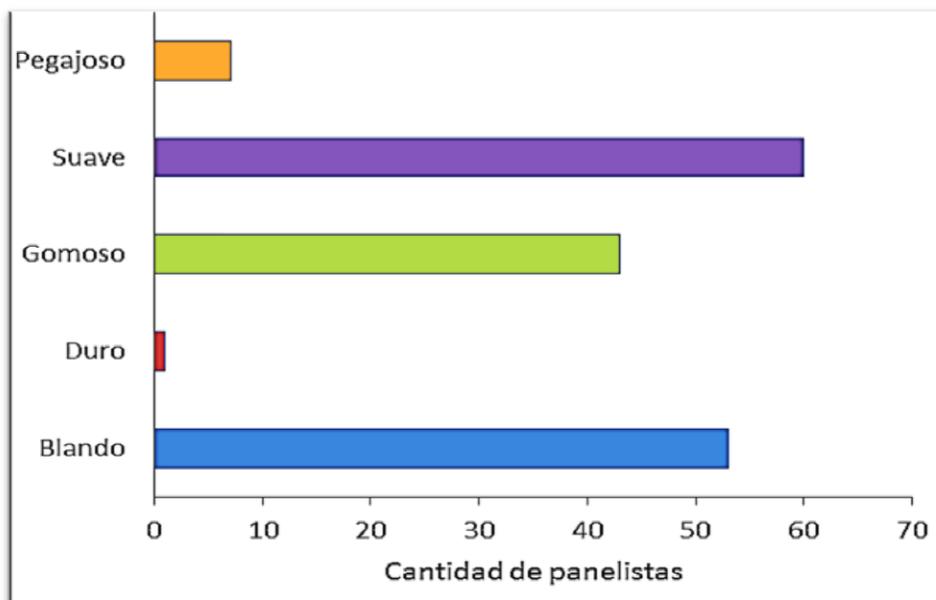


Figura 16: Descriptores sensoriales de textura de los fideos.

Con respecto al *sabor*, el 52 % de los consumidores respondió “me gusta mucho”, el 43 % “me gusta” y el 5 % “no me gusta ni me disgusta”. Con estos

resultados puede concluirse que los fideos presentaron 100 % de aceptabilidad dentro del grupo de encuestados.

En cuanto a las propiedades de *textura*, los resultados fueron muy diversos: 65 % respondieron “suave”, 57 % “blando”, 46 % “gomoso”, 7 % “pegajoso” y solo el 1 % respondió que le parecía “duro”. El resultado obtenido del parámetro “suave” es significativo ya que es una característica apreciable a la hora de evaluar este tipo de alimentos. Las características de “blando” y “gomoso” podrían ser atribuidas a la formulación en estudio, ya que al no presentar gluten, la red se vuelve más débil.

Cabe mencionar que en la planilla del test afectivo, se realizó una breve encuesta a los consumidores en la que se les preguntó si comprarían estos fideos; el 97 % de los encuestados contestó que sí lo haría. También se les consultó si cambiaría algo del producto, a lo que el 74 % contestó que no, mientras que quienes respondieron que sí, destacaron características como pegajosidad, punto de cocción (“al dente”), color y olor, que podrían ser evaluadas para posibles cambios.

3.4.3. Análisis de correlación

El coeficiente de correlación entre los parámetros físicos, Aa y Ps al agua de cocción, presentó un valor cercano a la unidad ($r^2=0,98$). Esto indica que existe una buena correlación entre ambos parámetros, que es fuerte y positiva, lo que implica que a mayores valores de Aa en el sistema, se producen mayores Ps al agua de cocción, lo cual se evidencia por ejemplo en los resultados de la muestra control. Estos resultados se mencionaron anteriormente al explicar el debilitamiento de la red formada en la matriz de los fideos al absorber mayores cantidades de agua durante la cocción, que, en parte, se ve fortalecida con el agregado de GX a la formulación.

En la Tabla 8, se muestran los valores del coeficiente de correlación de Pearson entre las distintas propiedades texturales (instrumentales y sensoriales) evaluadas para la muestra con concentración de 0,6 % de GX.

Tabla 8: Coeficiente de correlación de Pearson entre los parámetros texturales instrumentales y sensoriales.

CORRELACIONES	COEFICIENTE DE PEARSON
Firmeza (instrumental) – Dureza (sensorial)	0,58
Adhesividad (instrumental) – Adhesividad (sensorial)	0,37
Masticabilidad (instrumental) – Masticabilidad (sensorial)	0,47

Como se observa en la Tabla 8, cuando analizamos la relación que existe entre las características texturales instrumentales y sensoriales, los valores de los coeficientes resultaron muy bajos y no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos ($p > 0,05$).

Martínez y col. (2007) estudiaron 5 fideos comerciales del tipo espaguetis elaborados algunos con harina y otros con sémola de trigo, analizaron la textura instrumental y sensorial de las pastas y realizaron una correlación entre las variables. Obtuvieron un coeficiente de correlación de Pearson elevado entre firmeza y dureza pero bajo en los parámetros adhesividad y masticabilidad instrumental y sensorial. Los autores justifican la falta de relación de las variables debido a un alto grado de colapso que sufrieron las muestras durante la primera compresión en el análisis instrumental de la textura, dificultando la medición de algunos parámetros.

Según Szczesniak (2002) todavía no se sabe con exactitud cuál es la reacción del ser humano frente a las sensaciones experimentadas en la boca durante el análisis sensorial, y menos aún cómo simularlas con instrumentos. Otro aspecto muy importante según este autor, es lo que se refiere a las escalas de medida y cuáles serían los límites, por ejemplo, entre duro y firme, o firme y suave,

de manera tal de poder establecer una relación más precisa entre aquello que mide el instrumento y la percepción del consumidor.

3.5. CONCLUSIONES

Se elaboraron pastas libres de gluten, con una mezcla de fécula de mandioca y harina de maíz, con la adición de GX como sustituto del gluten. A partir de los resultados obtenidos, se concluyó que la formulación de las pastas con una concentración de 0,6 % de GX es la que presentó mejores características físicas (menor Aa y Ps), texturales (valores medios de firmeza y masticabilidad) y sensoriales con 100 % de aceptabilidad de los consumidores.

Se observó también una alta correlación positiva entre Aa y Ps de las pastas luego de su cocción, lo que indica que estos parámetros de calidad presentan una estrecha relación entre sí y se ven influenciados por la cantidad de agua que es capaz de absorber la pasta durante la cocción, representado por el grado de hinchamiento de los gránulos de almidón. No se pudo establecer una correlación entre los parámetros de textura instrumental y sensorial de las pasta, lo que demuestra que no es posible reemplazar una técnica sensorial por otra, ya que resulta necesario el análisis sensorial cuando se elaboran alimentos innovadores.

A partir de este trabajo fue posible elaborar un producto alimentario derivado del procesamiento de la mandioca, de manera tal de convertirlo en una excelente alternativa para diversificar la utilización de esta materia prima regional y mejorar su competitividad en el mercado.

CAPITULO IV: PROPUESTAS DE TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo se desarrolló dentro del marco de un Proyecto de Investigación con Impacto Tecnológico y Social, que fue aprobado en la Convocatoria Especial 2014 por resolución 1588/15 de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM) titulado “Premezcla para producción de pastas libres de gluten. Validación bioquímica y tecnológica” (código 16Q592), dirigido por la Mgter Laura B. Milde y codirigido por la Dra. Beatriz del Valle Argüello. El mismo fue subsidiado por convenio entre el Ministerio de Educación, UNaM y la Secretaría General de Ciencia y Tecnología.

A partir del presente trabajo de tesis, se logró, junto con el equipo de investigación, adaptar una formulación de panes ya optimizada, para la elaboración de fideos, ambos libres de gluten, mediante la incorporación de goma xántica. Este avance resulta muy importante ya que permite la diversificación de productos a partir de una misma formulación generando valor agregado a la fécula de mandioca, el cual es un producto 100% regional.

La metodología utilizada es la que se establece en la AACCC para este tipo de productos y se obtuvieron resultados satisfactorios. Además son técnicas que requieren equipamientos simples y que se encuentran a disposición en el lugar de trabajo, por lo que no resultó un impedimento para el normal desarrollo de las tareas de investigación.

A partir de esta investigación, surgieron dos propuestas para continuar trabajando:

- ✓ La posibilidad de elaborar fideos secos. Esta alternativa aumentaría considerablemente la vida útil del producto, debiendo ser optimizada en cuanto a los parámetros específicos del proceso como ser temperatura, humedad de trabajo y velocidad del aire de secado.

- ✓ Fortificación con proteínas. Esta propuesta se debe a que, al reemplazar la harina de trigo por otras harinas, el contenido de proteína de los productos desarrollados resulta inferior, por lo que se plantea la posibilidad de fortificar la formulación. Para ello se debe evaluar la fuente de proteínas que se utilizará teniendo en cuenta que la misma deberá presentar buena biodisponibilidad y no deberá afectar las propiedades sensoriales de los alimentos.

Para poder llevar a cabo estas propuestas, se solicitó una beca interna Doctoral al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la cual fue otorgada a partir de Abril del año 2017 (Resolución N° 4252, Convocatoria BECA DOC 16), cuyo objetivo es elaborar pastas secas a partir de la misma formulación, con una concentración de proteínas que asegure una adecuada digestibilidad para alcanzar un valor nutricional similar a las fabricadas con harina de trigo y que posea además los atributos físicoquímicos-texturales y sensoriales óptimos. Además de la fortificación, el principal reto al cual nos enfrentamos para la elaboración de este producto es optimizar el proceso de secado. Resulta todo un desafío ya que las pastas presentan elevada fragilidad y se quiebran durante el proceso, por lo que la formulación debe ajustarse.

Además, para fortalecer la investigación y poder abordar desde el ámbito universitario el problema planteado, aplicando el conocimiento en pos de aportar soluciones posibles, se solicitó el financiamiento del proyecto “Fortificación de fideos secos a base de fécula de mandioca, con proteína de origen animal; características físico-químicas y texturales”, bajo la dirección de la Mgter Laura B. Milde y el acompañamiento de un grupo de trabajo interdisciplinario en el cual se incluyen estudiantes de grado y profesionales de las distintas áreas (Nutrición, Ingeniería en alimentos y Bioquímica). El mismo fue aprobado en la Convocatoria 2018 de Proyectos de Investigación con Impacto Tecnológico y Social (Resolución N° 700/18) por el Ministerio de Educación, UNaM y Secretaría General de Ciencia

y Tecnología. El proyecto fue beneficiado con un incentivo bajo el código 16Q645-PDTS (Resolución CD de la UNaM N° 601/18, CIDET, UNaM).

Cabe destacar que se ha conformado un grupo de trabajo que se encuentra desarrollando actualmente las tareas de investigación propuestas, con el fin de poder obtener pastas secas fortificadas en proteínas y libres de gluten, con características fisicoquímicas y sensoriales que resulten óptimas. Queda aún mucho por investigar, por lo que el trabajo debe ser continuo y constante.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AACC International Approved Methods of Analysis. Método 66.50: Pasta and Noodle Cooking Quality. (1999). Edición N°11. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

Aristizábal, J. y Calle, F. (2015). Producción, procesamiento, usos y comercialización de mandioca. Proyecto mejora de las economías regionales y desarrollo local. INTI.

Aristizábal, J.; Sánchez, T. y Mejía-Lorio D. (2007). Guía técnica para la producción y análisis del almidón de Yuca. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. FAO. ISBN 978-92-5-305677-4.

Armero, E. y Collar, C. (1996). Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs. En: Journal of Food Science. 61, p. 299-303.

Astaíza, M.; Ruíz, L. y Elizalde, A. (2010). Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild.*) y zanahoria (*Daucus carota*). En: Facultad de Ciencias Agropecuarias. 8 (1), p. 43-53.

Becker, A.; Katzen, F.; Pühler, A. y Lelpi, L. (1998). Xanthan gum biosynthesis and application: a biochemical/genetic perspective. En: Applied Microbiology and Biotechnology. 50, p. 145-152.

Bourne, M. C., Kenny, J. F., y Barnard, J. (1978). Computer-assisted readout of data from texture profile analysis curves. En: Journal of Texture Studies, 9(4), p: 481-494.

Brunnel, C.; Pareyt, B.; Brijs, K. y Delcour, J.A. (2010). The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products. En: Food Chemistry. 120, p. 371–378.

Burgos A.M. (2018). Estado actual del cultivo de Mandioca en la República Argentina. Agrotecnia. 27, p. 14-18.

Cai, J., Chiang, J.H., Tan, M.Y.P., Saw, L.K., Xu, Y. y Ngan-Loong, M.N. (2016). Physicochemical properties of hydrothermally treated glutinous rice flour and xanthan gum mixture and its application in gluten-free noodles. En: Journal of Food Engineering, 186, p. 1-9.

Ceballos, H.; Morante, N.; Calle, F.; Lenis, J.I.; Jaramillo, G. y Pérez, J.C. (2002). La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Publicación CIAT N° 327. ISBN 958-694-043-8. Capítulo 18: Mejoramiento genético de la yuca, p. 295-325.

- Chillo, S.; Civica, V.; Iannetti, M.; Suriano, N.; Mastromatteo, M. y Del Nobile, M. A. (2009). Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. En: *Carbohydrate Polymers*. 78(4), p. 932-937.
- Choy, A. L., May, B. K., & Small, D. M. (2012). The effects of acetylated potato starch and sodium carboxymethyl cellulose on the quality of instant fried noodles. *Food hydrocolloids*, 26(1), p. 2-8.
- Codex Alimentarius, International Food Standards. (2008). Norma del Codex relativa a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten; Codex Stan 118-1979. p. 1-3.
- Código Alimentario Argentino, Capítulo IX: Alimentos farináceos - Cereales, Harinas y Derivados (Art. 674, 677, 707, 710, 711, 713 al 716 y 720), Capítulo XVII: Alimentos de régimen o dietéticos (Art. 1383); Capítulo I: Disposiciones generales (Art. 6); Capítulo XVIII (Aditivos Alimentarios).
- Cuevas Tejeda, G. (2014). Estudio Comparativo de las Propiedades Sensoriales y de Textura de Platos Preparados a Base de Pastas de Hoja, con y sin Gluten. (Tesis de posgrado). Universidad Politécnica de Cartagena.
- Davidou, S.; Le Meste, M.; Debever, E. y Becaert, D. (1996). A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. En: *Food Hydrocolloids*. 10, p. 375-383.
- De Bernardi, Luis. (2011). Mandioca. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de Nación. En: *Alimentos Argentinos*. 51, pp 49-52.
- De Noni I. y Pagani M.A. (2010). Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions. En: *Food Science and Nutrition*. 50, p. 465–472.
- Del Nobile, M.A.; Baiano, A.; Conte, A.; Mocci, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti cooking quality. En: *Journal of Cereal Science*. 41 (3), p. 347-356.
- Dexter, J.E.; Matsuo, R.R. y Dronzek, B.L. (1979). A scanning electron microscopy study of Japanese noodles I. En: *Cereal Chemistry*. 56, p. 202-208.
- Dziezak, J.D. (1991). A focus on gums. En: *Food Technology*, p. 115.
- Dziedzic, S.Z. y Kearsley, M.W. (1995). *The Technology of Starch Production*. En: *Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives*. Editorial: Blackie Academic and Professional, London, p.1-25.

FAO. (2013). La yuca tiene gran potencial como cultivo del siglo XXI. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/176821/icode/>. Último ingreso: 19/05/2020.

FAOSTAT. (2016). Cantidad de Producción. Cassava. Base de datos estadísticos de la FAO. Recuperado de: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Último ingreso: 19/05/2020.

Fennema, O.R. (2000). Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia. ISBN 9788420009148. p. 1280.

Galán, M.G.; Llopart, E.; Tissera, E.; Alladio, A. y Drago, S.R. (2014). Bioaccesibilidad de hierro de fortificación y zinc endógeno de fideos comerciales tipo spaghetti. En: Revista Española de Nutrición Humana y Dietética. 18(2), p. 74-80.

Gil, A. (2010). Tratado De Nutrición. Tomo II. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Editorial Médica Panamericana. 2da Edición. Cap. 5, p. 97-138. ISBN: 978-84-9835-347-1.

Giménez, M.A.; Bassett, N; Lobo, M. y Sammán, N. (2013). Fideos libres de gluten elaborados con harinas no tradicionales: características nutricionales y sensoriales. En: Diaeta. 31(144), p. 19-23. ISSN 0328-1310.

Giuberti, G., Gallo, A., Cerioli, C., Fortunati, P., y Masoero, F. (2015). Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. Food Chemistry, 175, p. 43-49.

Godoy, A. E. (2016). Diversificación de la producción agropecuaria del noreste de Misiones, Argentina. En: Ciencia desde el Occidente. 3 (1), p. 25-34. ISSN: 2007-9575.

Gómez Cota, L.M. de los A. (2007). Elaboración de pasta enriquecida con soya para mejorar sus propiedades proteínicas. (Tesis de grado). Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias.

Gómez, M.; Ronda, F.; Caballero, P.A.; Blanco, C.A. y Rosell, C.M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. En: Food Hydrocolloids. 21, p. 167-173.

Granito, M.; Torres, A. y Guerra, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. En: Interciencia. 28 (7), p. 372-379.

Hafeez Malik, A. (2009). Nutrient Uptake, Transport and Translocation in Cereals: Influence of Environment and Farming Conditions. Swedish University of Agricultural Sciences. Vol.1. p. 8-10.

- Hager, A.S.; Zannini, E. y Arendt, E.K. (2012). Gluten free Pasta—Advances in Research and Commercialization. En: *Cereal Foods World*. 57(5), p. 225-229.
- Hoseney R.C. (1994). Pasta and noodle. En: *Principles of Cereal Science and Technology*. 2da edición. Editorial: American Association of Cereal Chemists. p. 321-334.
- INTA EEA Montecarlo, Misiones. (2008). Cuadernillo: Producción de Mandioca y sus usos. Secretaría de Desarrollo Económico, Municipalidad de Montecarlo, Misiones – Argentina.
- International Pasta Organization (IPO) (2019) - “Annual Report 2019”.
- Kaur, A., Shevkani, K., Singh, N., Sharma, P., y Kaur, S. (2015). Effect of guar gum and xanthan gum on pasting and noodle-making properties of potato, corn and mung bean starches. *Journal of food science and technology*, 52(12), p. 8113-8121.
- Kohajdová, Z. y Karovičová J. (2009). Application of hydrocolloids as baking improvers. En: *Chemical Papers*. 63, p. 26–38.
- Lai, H.M. (2001). Effects of rice properties and emulsifiers on the quality of rice pasta. En: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(2), p. 203-216.
- Larrosa, V. J. (2014). Efectos de los hidrocoloides en las características fisicoquímicas y reológicas de pastas libres de gluten aptas para individuos celíacos. Trabajo de tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química.
- Larrosa, V.; Lorenzo, G.; Zaritzky, N.E. y Califano, A.N. (2013). Cambios en las características estructurales y reológicas de pastas libres de gluten durante el proceso de cocción. En: *Segundas Jornadas de Investigación y Transferencia*. Facultad de Ingeniería, UNLP. p. 606-611.
- Loubes, M.A.; Flores, S.K. y Tolaba, M.P. (2016). Effect of formulation on rice noodle quality: Selection of functional ingredients and optimization by mixture design. En: *LWT – Food Science and Technology*. 69(1), p. 280-286.
- Malcomson, L.J y Matsuo, R.R. (1993). Effects of cooking water composition on stickiness and cooking losses of spaghettis. En: *Cereal Chemistry*. 70 (3), p. 272-275.
- Manser, J. (1980). High temperature drying of pasta products. En: *Bühler Diagram*. 69, p. 11-12.

- Marchylo, B.A.; Dexter, J.E. y Malcolmson, L.J. (2004). Improving the texture of pasta. En: *Texture in food*. Editorial: Wood head Publishing Ltd y CRC Press LLC. Volume 2: Solid foods, Capítulo 20, p. 475-500.
- Martínez, C. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., & Anon, M. C. (2007). Physical, sensory and chemical evaluation of cooked spaghetti. *Journal of Texture Studies*, 38(6), p. 666-683.
- Martínez, C.S. (2010). Utilización de pastas como alimentos funcionales. (Trabajo de Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Ciencias Biológicas.
- Matsuo, R.R.; Dexter, J.E. y Dronzek, B.L. (1978). Scanning electron microscopy study of spaghetti processing. En: *Cereal Chemistry*. 55, p. 744-753.
- Milde, L.B.; Valle Urbina, C.; Rybak, A.; Oliveira, C. y González, K. (2009). Metodología de Superficie de Respuesta para optimizar Panificado Libre de Gluten con Grasa, Huevo y Leche. En: *Ciencia y Tecnología*. 11(11), p. 55-58.
- Osborne, T.B. (1907). The Proteins of the wheat. En: *Kernel Carnegie Institute. Publischer Washintong*. 84, p. 235-237.
- Padalino, L.; Mastromatteo, M.; Lecce, L.; Cozzolino, F.; Del Nobile, M.A. (2013). Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. En: *Journal of Cereal Science*. 57, p. 333-342.
- Pagani, M.A.; Luciano, M. y Mariotti, M. (2007). Traditional Italian Products from Wheat and Other Starchy Flours. En: *Handbook of Food Products Manufacturing: Principles, bakery, beverages, cereals, cheese, confectionary, fats, fruits and functional foods*. Editorial Wiley Interscience. Volumen 2, Capítulo 17, p. 327-388. ISBN 978-0-470-12525-0.
- Palavecino, P.M., Bustos, M.C., Heinzmann Alabí, M.B., Nicolazzi, M.S., Penci, M.C. y Ribotta, P.D. (2017). Effect of ingredients on the quality of gluten-free sorghum pasta. En: *Journal of Food Science*, 82(9), p. 2085-2093.
- Pasquel, A. (2001). Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. En: *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*. 1, p. 1 – 8.
- Raina, C.S.; Singh, S.; Bawa, A.S. y Saxena, D.C. (2005). Textural characteristics of pasta made from rice flour supplemented with proteins and hydrocolloids. En: *Journal of Texture Studies*, 36(4), p. 402-420.
- Roessler, E.B.; Pangborn, R.M.; Sidel, J.L. y Stone, H. (1978). Expanded statistical tables for estimating significance in paired—preference, paired—difference, duo—trio and triangle tests. En: *Journal of Food Science*, 43(3), p. 940-943.

- Rojas, J.A.; Rosell, C.M. y Benedito, C. (1999). Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. En: *Food Hydrocolloids*. 13, p. 27-33.
- Rosa-Sibakob, N.; Heiniö, R-J.; Cassan, D.; Holopainen-Mantila, U.; Micard, V.; Micard, R. y Sozer N. (2016). Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta. En: *LWT - Food Science and Technology*. 67, p. 27-36.
- Rosell, C.M. (2013). Alimentos sin gluten derivados de cereales. En: *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca* (Sáez, R.L. y Peña A.S.). p. 447-461.
- Sandoval, G.A. (2011). Manual de elaboración de pastas alimenticias. En: *Desarrollo de mezclas farináceas de cereales (maíz, quinua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos*. SENESCYT. Universidad Técnica de Ambato.
- Shukla, R. y Cheryan, M. (2001). Zein: the industrial protein from corn. En: *Industrial Crops and Products*. 13, p. 171–192.
- Sirirat, S.; Charutigon Ch. y Rungsardthong, V. (2005). Preparation of Rice Vermicelli by Direct Extrusion. En: *The Journal of KMITNB*. 15(1), p: 39-45.
- Sissons, M. (2016). *Encyclopedia of Food Grain*. 2da Edición. Editorial Elsevier Ltd. Volumen 3, Capítulo: Pasta, p. 79-89.
- Srikaeo, K., Laothongsan, P., y Lerdluksamee, C. (2018). Effects of gums on physical properties, microstructure and starch digestibility of dried-natural fermented rice noodles. En: *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, p. 517-523.
- Susanna, S. y Prabhasankar, P. (2013). A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. En: *Food Science and Technology*. 50, p. 613-621.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food quality and preference*, 13(4), p. 215-225.
- Tinoco Vergara, X.A. (2008). Efecto de aditivos mejoradores sobre la calidad organoléptica y tiempo de vida útil en la elaboración del pan de almidón de yuca (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Torricella Morales, R.G.; Zamora Utset, E. y Pulido Alvarez, H. (2007). *Evaluación Sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la Industria Alimentaria*. Segunda Edición. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana. ISBN 978-959-16-0577-1. p. 131.

Troccoli, A.; Borrelli, G. M.; De Vita, P.; Fares, C. y Di Fonzo, N. (2000). Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. En: Journal of Cereal Science. 32(2), p. 99-113.

Tudorica, C.M., Kuri, V. y Brennan, C.S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(2), p. 347-356.

Unión de Industriales Fideeros de la República Argentina (UIFRA). (2018). Reporte anual de la industria fideera Argentina. Link de acceso: <https://uifra.org.ar/wp-content/uploads/2018/05/dossier2018.pdf> (último acceso 26/07/2021).

Unión de Industriales Fideeros de la República Argentina (UIFRA). (2020). 2020 Pastas secas. Estadísticas sectoriales. Link de acceso: <https://uifra.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/dossier2020v2.pdf> (último acceso: 19/07/2021).

Watts, B.M.; Ylimaki, G.L.; Jeffery, L.E. y Elías L.G. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá, p.17.

Witczak, M.; Ziobro, R.; Juszczak, L. y Korus, J. (2016). Starch and starch derivatives in gluten-free systems - A review. En: Journal of Cereal Science. 67, p. 46-57.

Yalcin, S. y Basman, A. (2008). Effects of gelatinisation level, gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle. En: International Journal of Food Science and Technology. 43, p: 1637-1644.

Yang, S.C. y Baldwin, R.E. (1995). Functional properties of eggs in foods. En: Egg Science and Technology. Cuarta Edición. Editorial: The Haworth Press. Capítulo 16, p. 405-464.

Yaseen, E.I.; Herald, T.J.; Aramouni, F.M. y Alavi, S. (2005). Rheological properties of selected gum solutions. En: Food Research International. 38, p. 111–119.

Zanotti Cavazzoni, J.C. y Alcaraz, G. (2007). La hoja de la mandioca en la nutrición y el impacto social en el Paraguay. En: Irundú, Revista Científica de Educación y Desarrollo Social. 3(2), p. 175-184. ISSN 1990-6889.

ANEXOS

Anexo 1: Planilla de análisis sensorial, test del Triángulo.

FIDEOS ELABORADOS A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA		
NOMBRE:	FECHA:	
Frente a usted hay tres muestras de fideos, dos son iguales y una es diferente. Pruebe cada una de izquierda a derecha, respetando el orden de acuerdo a los códigos que aparecen bajo la línea, y marque con una X la muestra diferente.		
148	614	814
COMENTARIOS:		
<hr/>		
<hr/>		

Anexo 2: Planilla del análisis sensorial, test de Intensidad.

FIDEOS ELABORADOS A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA			
NOMBRE:		FECHA:	
Frente a usted hay una muestra de FIDEOS, usted debe probarla y evaluarla de acuerdo a cada uno de los atributos mencionados.			
Marque con una X el nivel que indique el grado de intensidad de la característica sobre el producto.			
Código de la muestra: 947			
	FIRMEZA	ADHESIVIDAD	MASTICABILIDAD
Muy alta			
Moderadamente alta			
Alta			
Ni muy alta ni muy baja			
Baja			
Moderadamente baja			
Muy baja			
COMENTARIOS:			

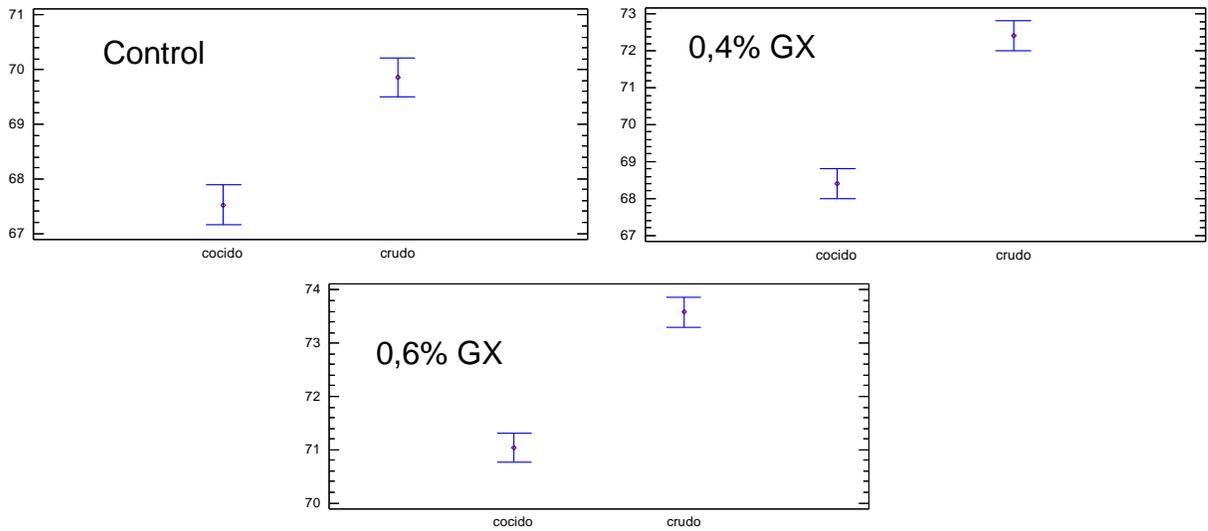
Anexo 3: Tabla estadística para el test del triángulo (prueba binomial de un extremo). Fuente: Roessler y Col. (1978)

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	0.00	0.50	0.10	0.45	0.04																								
1	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
2	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
3	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
4	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
5	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
6	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
7	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
8	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
9	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
10	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
11	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
12	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
13	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
14	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
15	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
16	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
17	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
18	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
19	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
20	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
21	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
22	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
23	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
24	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
25	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
26	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
27	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
28	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
29	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
30	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
31	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
32	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
33	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
34	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
35	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
36	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
37	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
38	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
39	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
40	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
41	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
42	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
43	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
44	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
45	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
46	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
47	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
48	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
49	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							
50	0.12	0.49	0.30	0.10	0.18	0.01																							

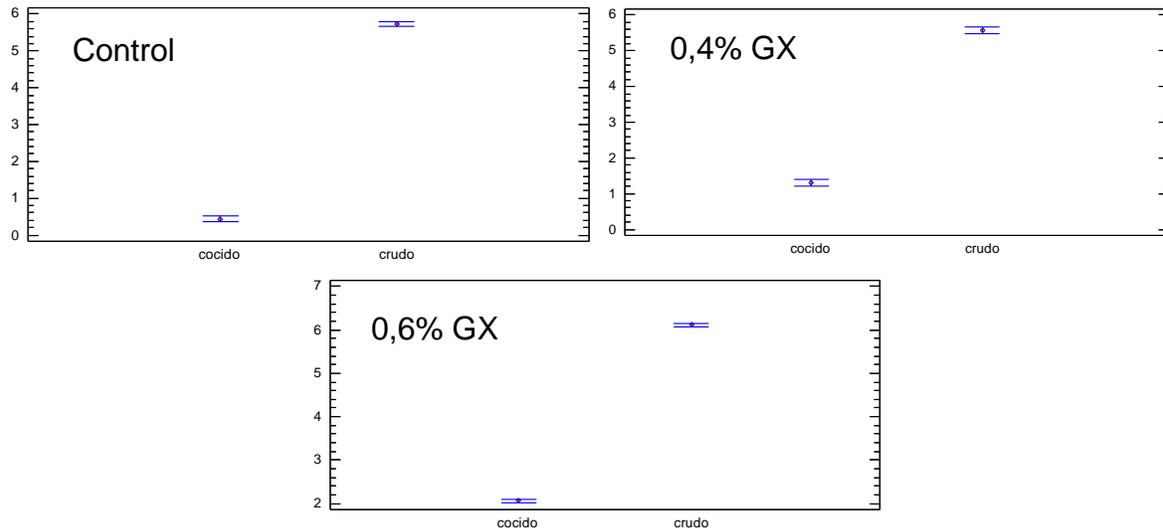
* NOTE: Initial decimal point has been omitted.

Anexo 4: Comparación ANTES y DESPUES de la cocción mediante gráficos de medias y 95% de Fisher LSD para los parámetros de color L, a y b, en las muestras de fideos control, 0,4 % GX y 0,6% GX.

Parámetro L



Parámetro a



Cont. Anexo 4:

Parámetro b

