



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

Facultades de Ciencias Químicas, Ciencias Agropecuarias, Ciencias Médicas, Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE PASTAS MEDIANTE EL USO DE UN DERIVADO DE CHIA (Salvia hispanica)



Ing. de Alimentos: Carolina Aranibar Vaca

Trabajo de tesis para obtener el título de Magister en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Córdoba, Argentina

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

Facultades de Ciencias Químicas, Ciencias Agropecuarias, Ciencias Exactas, Físicas y
Naturales y Ciencias Médicas



Director: Dr. Rafael Borneo

Comisión de Tesis: Dr. Nelson Grosso

Dra. María Daniela Defagó

Evaluador Externo: Dr. Omar Barrionuevo

Córdoba, Argentina

2017

Dedicatoria

A Dios por su guía, bendición, salud y haberme permitido crecer profesionalmente.

A mis Padres Gonzalo y Delvi por su infinito amor, apoyo económico, moral, por sus valores, su ejemplo de fortaleza y perseverancia que me ha permitido salir adelante y llegar a estas instancias.

A mis hermanos Daniela y Gonzalo, por su apoyo constante.

A mi esposo Miguel, por su confianza, amor y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Las palabras de aliento constante y apoyo emocional que recibí de mis padres, hermanos, esposo y amigos fue el motor que me impulsó para finalizar este trabajo de tesis. Papis gracias por creer en mí siempre, todo se los debo a ustedes y quedaré enteramente agradecida por toda su colaboración.

ii

A Dios por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente para la realización de este trabajo y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo. Gracias por ser mi guía y salvación.

Agradecer a mi Director de tesis, al Dr. Rafael Borneo, por su aporte y dedicación para la posible conclusión de este trabajo. También a la Dra. Natalia Pigni por su aporte y colaboración científico-intelectual en este trabajo de investigación.

A todo el cuerpo docente que formó parte de la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, quienes colaboraron con sus conocimientos para mi formación académica y profesional.

A todo el equipo de investigadores que forma parte del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC) y del laboratorio de química biológica de la FCA-UNC, por su importante colaboración, participación, calidad humana, quienes permitieron realizar mi trabajo de tesis en sus laboratorios y ahora permitirme formar parte de su excelente equipo de investigación.

Agradecer a todos aquellos que de alguna manera cooperaron en la elaboración de este trabajo con su apoyo afectivo, científico y material.

¡Gracias a ustedes!

INDICE

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	xii
LISTADO DE FIGURAS.....	xiv
LISTADO DE TABLAS.....	xvi
CAPITULO 1.....	1
1.1.- INTRODUCCION.....	1
1.2.- JUSTIFICACION.....	2
1.3.- OBJETIVOS.....	2
1.3.1.- OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4.- HIPOTESIS.....	3
1.5.- ANTECEDENTES.....	3
1.5.1.- LA CHÍA.....	3
1.5.1.1.- CARACTERISTICAS DE LA CHIA.....	4
1.5.1.2.- IMPORTANCIA DE LA SEMILLA DE CHÍA.....	5
1.5.1.3.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y PRODUCCIÓN DE LA CHIA.....	5
1.5.1.4.- COMPOSICION NUTRICIONAL DE LA SEMILLA DE CHIA.....	8
1.5.1.5.- ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES.....	10
1.5.1.6.- FIBRA EN LA CHÍA.....	10
1.5.1.7.- ANTIOXIDANTES EN LA CHÍA.....	12
1.5.1.8. VITAMINAS Y MINERALES EN LA CHÍA.....	14
1.5.1.9.- PROTEINAS EN LA CHÍA.....	14
1.5.1.10.- USOS DE LA SEMILLA DE CHÍA EN ALIMENTOS.....	15
1.5.1.11.- IMPORTANCIA TECNOLÓGICA/AGROINDUSTRIAL DE LA CHÍA.....	16
1.6.- PASTAS ALIMENTICIAS.....	18
1.6.1.- DEFINICIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS.....	19
1.6.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS PASTAS.....	20
1.6.3.- CONSUMO DE PASTAS ALIMENTICIAS.....	22
1.6.4.- MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS.....	23
1.6.5.- PROCESO DE ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE PASTA LARGA.....	31
1.6.5.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACION DE PASTAS LAMINADAS.....	31

1.6.6.- COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS.....	34
1.6.7.- CAMBIOS ESTRUCTURALES DURANTE LA ELABORACIÓN DE PASTAS.....	36
1.6.7.1.- DESARROLLO DE VISCOELASTICIDAD DURANTE EL AMASADO	37
1.6.7.2.- CONFORMACIÓN DE LA RED PROTEICA EN PASTAS	37
1.6.7.3.- CAMBIOS QUE SE MANIFIESTAN EN EL PROCESO DE COCCIÓN DE PASTAS	39
1.6.8.- PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS	40
1.6.9.- PASTAS Y ALIMENTOS FUNCIONALES.....	41
1.6.10.- POSIBILIDAD DE INCORPORACIÓN DE CHÍA A PASTAS ALIMENTICIAS	44
CAPITULO 2	45
2.1- MATERIALES.....	45
2.1.1.- Harina de Trigo	45
2.1.2.- Semillas de chía (Salvia Hispánica).....	46
2.1.3.- Reactivos químicos	46
2.2.- MÉTODOS.....	46
2.2.1. Acondicionamiento de las semillas enteras de chía.....	46
2.2.2.- Elaboración de harina desgrasada de chía (HDC)	46
2.2.2.1.- Hidratación de las semillas de chía	47
2.2.2.2.- Obtención de HDC por prensado en frío de las semillas de chía.....	47
2.2.3- Elaboración de las pastas secas	48
2.2.3.1.- Mezclado	48
2.2.3.2.- Amasado.....	48
2.2.3.3.- Laminado.....	48
2.2.3.4.- Secado	49
2.2.4.- Caracterización de la harina desgrasada de chía (HDC)	50
2.2.4.1.- Análisis Físicoquímicos	50
2.2.4.1.1.- Humedad	50
2.2.4.1.2.- Porcentaje de Proteínas	50
2.2.4.1.3.- Cenizas.....	51
2.2.4.1.4.- Fibra dietaria total (FDT)	51
2.2.4.1.5.- Cuantificación de ácidos grasos	51
2.2.4.1.6.- Capacidad antioxidante y determinación de compuestos fenólicos	53
2.2.4.1.6.1.- Preparación del extracto (fracción libre-FL) de las muestras	54
2.2.4.1.6.2.- Determinación de compuestos polifenólicos	54
2.2.4.1.6.3.- Determinación de la capacidad antioxidante en equivalente TROLOX - (TEAC).....	55
2.2.5.- Análisis de las pastas elaboradas	55
2.2.5.1.- Análisis fisicoquímicos	55
2.2.5.2.- Perfil viscoamilógrafo de pastas secas con HDC (RVA- Rapid Visco Analyzer) ...	56



2.2.5.3.- Análisis Físicos	58
2.2.5.3.1.- Determinación de color y textura	58
2.2.5.3.1.1.- Evaluación de la calidad de las pastas secas	58
2.2.5.3.1.1.1.- Determinación de color de la pasta seca	58
2.2.5.3.1.1.2.-Textura de la pasta cruda	58
2.2.5.3.1.1.2.1.- Dureza y Fracturabilidad	59
2.2.5.3.1.2.- Evaluación de la calidad de las pastas cocidas	60
2.2.5.3.1.2.1.- Determinación de color de las pastas cocidas.....	60
2.2.5.3.1.2.2.- Textura de la pasta cocida (TPA)	60
2.2.5.3.2.- Calidad de cocción de pastas cocidas	61
2.2.5.3.2.1.- Evaluación de calidad en la cocción	61
2.2.5.3.3.- Evaluación Microscópica.....	63
2.2.5.3.3.1.- Evaluación microestructural de pastas secas	63
2.2.5.3.3.2.- Evaluación microestructural de pastas cocidas	64
2.2.5.4.- Evaluación Sensorial de las pastas con semillas de chía y HDC	64
2.2.5.5.- Análisis estadístico.....	66
CAPÍTULO 3	67
3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	67
3.1.1. Análisis de la harina de chía parcialmente desgrasada (HDC).....	67
3.1.2.- Análisis de pastas elaboradas	68
3.1.2.1.- Análisis químicos y nutricionales de pastas elaboradas con semillas de chía molidas y HDC	68
3.1.2.2.- Análisis físicos.....	71
3.1.2.2.1.- Evaluación del color y textura de pastas elaboradas.....	71
3.1.2.2.1.1.- Calidad de las pastas secas (crudas).....	71
3.1.2.2.1.1.1.- Determinación de color de las pastas secas crudas (con chía y HDC)	71
3.1.2.2.1.1.2.- Determinación de textura de las pastas secas crudas (con semillas de chía y HDC)	73
3.1.2.2.1.1.3.- Perfil viscoamilógrafo de pastas secas (crudas)	74
3.1.2.2.1.2.- Evaluación de la calidad de las pastas cocidas	76
3.1.2.2.1.2.1.- Determinación de color de las pastas cocidas con chía/HDC	76
3.1.2.2.1.2.2.- Análisis de textura de las pastas cocidas (TPA) con chía/HDC	77
3.1.3.- Evaluación de la calidad tecnológica de las pastas cocidas con semillas de chía y HDC	79
3.1.3.1.- Pruebas de cocción de las pastas con semillas de chía y HDC.....	80
3.1.3.2.- Microestructura de las pastas elaboradas	82
3.1.3.2.1.- Microscopia de la pasta seca	82
3.1.3.2.2.- Microscopia de la pasta cocida	84

3.1.3.3.- Evaluación sensorial de las pastas elaboradas	86
3.1.3.3.1.- Evaluación sensorial de las pastas con semilla entera molida.....	86
3.1.3.3.2.- Evaluación sensorial de las pastas con HDC	87
CAPÍTULO 4	91
4.1.- CONCLUSIONES	91
4.2.- RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFIA	95

RESUMEN

Las pastas son un alimento popular con ciertas deficiencias desde el punto de vista nutricional (bajo contenido de lisina-ácidos grasos poliinsaturados) y al ser un producto de alto consumo y aceptación por parte del consumidor, constituyen un vehículo ideal para la suplementación con diversos componentes alimenticios que podrían ejercer un efecto beneficioso en la salud más allá del efecto nutricional básico. El estudio de los antioxidantes y de los alimentos que los contienen se ha incrementado significativamente en los últimos años, son secuestradores de radicales libres y por ello pueden, entre otras cosas, reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares. La chía (Salvia hispanica, L.) fue para los Mayas uno de los cultivos andinos más importantes en su alimentación. En la actualidad, el posible aprovechamiento de la chía ha resurgido debido que posee un potencial nutricional interesante por presentar altos contenidos de ácidos grasos poliinsaturados (omega-3/omega-6), fibra dietaria, proteínas, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes (entre ellos polifenoles). En su proceso de extracción de aceite se obtiene un subproducto con alto contenido de nutrientes que podría ser usado como ingrediente en la formulación de pastas.

El **objetivo** de este estudio fue evaluar a la chía y su harina desgrasada (HDC) como materia prima para la suplementación de pastas tradicionales y mejorar tanto la capacidad antioxidante como la calidad nutricional, asimismo analizar su influencia en la calidad tecnológica, funcional y sensorial de las mismas.

Materiales y Métodos. Para ello, se utilizó HDC obtenida por prensado de semillas de chía, de marca comercial, bajo una temperatura de acondicionamiento de 60°C y una hidratación de las semillas hasta un 9,5%. Se elaboraron pastas laminadas con distintos niveles de chía y HDC (0; 2,5; 5 y 10%). Se realizó el análisis nutricional de las pastas donde se determinó el contenido de proteínas, fibra dietaria total (FDT), composición de ácidos grasos, contenido de polifenoles totales (libres) y la capacidad antioxidante. Se evaluó la calidad tecnológica de las pastas a través de la determinación de: parámetros de cocción (tiempo óptimo de cocción, pérdida de sólidos durante la cocción, aumento de peso, absorción de agua), textura (Texturómetro INSTRON) y color (Espectrofotómetro CM-600d, MINOLTA). Se determinaron las propiedades de pasting de pastas crudas secas a través de un analizador rápido de viscosidad. Se evaluó la microestructura de pastas secas-crudas y cocidas (control y 5%HDC) a través de imágenes obtenidas por microscopía confocal de barrido láser (MCDDBL). La preferencia de las pastas cocidas se evaluó mediante un test de evaluación sensorial (escala hedónica de nueve puntos) a un panel de 25 jueces no entrenados.

Resultados. Los resultados mostraron que la calidad nutricional de las pastas incrementó por la presencia de chía/HDC. El contenido de proteínas de la pasta con la adición del 10% de HDC incrementó un 16% (de 11,04% a 12,66%), el contenido de FDT incrementó de un 2,9% a un 9,1%, y el contenido de cenizas de un 2,18% a un 2,48%. Además la incorporación de harina de chía en las pastas mejoró sus propiedades antioxidantes. La adición del 2,5% (HDC) incrementó el contenido de polifenoles a 20,21 mgGAE/100g, la adición del 5% (HDC) incrementó a 29,58 mgGAE/100g y la adición del 10% de HDC llevó a 36,95 mgGAE/100g, respecto a la muestra control (9,30 mgGAE/100g). Asimismo, las pastas con HDC presentaron menores pérdidas de sólidos por cocción respecto al control (13,6% vs 10,4%). El tiempo óptimo de cocción de la pasta con 10% de HDC ($12,5 \pm 0,2$ min) fue significativamente menor que el de la pasta control ($14 \pm 0,2$ min). La prueba de máxima fuerza de rotura (Bending Strenght test) efectuada sobre la pasta seca mostró que la adición del 10% de HDC produce pastas significativamente más frágiles que la muestra control (2,25 N vs 3,87 N). Las muestras con 2,5 y 5% HDC presentaron las mismas tendencias que las mencionadas para la muestra con 10% HDC. En cuanto al análisis de color, las pastas crudas con (2,5; 5 y 10%) HDC tienden a ser más oscuras y menos brillantes ($L^*:66,09 \pm 0,78$; $L^*:63,5 \pm 2,34$; $L^*:61,8 \pm 5,1$) que la pasta control ($L^*:68,8 \pm 3,0$). El análisis de viscosidad mostró que el agregado de HDC a las pastas provocó un aumento en la viscosidad del sistema, siendo más frágiles y con mayor tendencia a retrogradar. En las imágenes obtenidas se observó que el agregado de un 5% de HDC modificó la microestructura de la pasta facilitando la hidratación de la misma pero interrumpiendo el retículo proteico y perjudicando en alguna medida la calidad de las pastas. En las pastas cocidas con 5% HDC se observó un film homogéneo sobre la superficie de la pasta. Este film presumiblemente de proteínas y mucílago de la chía brindó cierta firmeza. La evaluación sensorial mostró una buena aceptabilidad hasta un 5% de HDC en la pasta, no obstante, las pastas control fueron las muestras mejor calificadas, sobre todo respecto al atributo asociado al sabor.

Conclusión. El agregado de chía/HDC hasta un 5% a pastas, permite obtener pastas de calidad tecnológica y sensorial aceptables con un perfil nutricional y capacidad antioxidante mejorados.

Palabras Clave: chía, pastas, calidad, análisis nutricional, antioxidante.

ABSTRACT

Pasta is a popular food with nutritional deficiencies (low lysine and polyunsaturated fatty acid content). Pasta is also a highly consumed product with great acceptance by the consumer. Pasta is an ideal vehicle for supplementation with nutritional components that could bring a beneficial effect on health beyond its basic nutritional effect. The study of antioxidants, and the foods that contain them, has increased significantly in recent years. Chia (*Salvia hispanica*, L.) was one of the most important Andean crops for the Mayas. At present, chia use has increased because this seed has an interesting nutritional composition (high content of polyunsaturated fatty acids (omega-3/omega-6), dietary fiber, protein, vitamins, minerals and antioxidant compounds among them polyphenols). When oil is extracted from the seeds a byproduct is obtained with high content of nutrients that could be used like an ingredient in pasta formulation.

The **objective** of this study was to evaluate chia and its defatted flour (CDF) as a raw material for the supplementation of traditional pasta to improve its antioxidant capacity and nutritional quality, as well as to analyze its influence on the technological, functional and sensorial quality of them.

Materials and methods. CDF obtained by pressing commercially chia seeds, used under a conditioning temperature of 60 °C and a hydration of up to 9.5% moisture. Laminated pastas were prepared with different levels of chia and CDF (0, 2.5, 5 and 10%). The nutritional analysis of the pasta was carried out and the protein content, total dietary fiber (TDF), fatty acid composition, total (free) polyphenols content and the antioxidant capacity (CA) were determined. The technological quality of the pasta was evaluated: cooking parameters (optimum cooking time, loss of solids during cooking, weight gain, water absorption, texture (INSTRON Texturometer) and color (Spectrophotometer CM-600d, MINOLTA)). The pasting properties of dry raw pasta were determined through a rapid viscosity analyzer. The microstructure of dry raw and cooked pasta (control and 5% HDC) was evaluated through images obtained by confocal scanning laser microscopy (CSLM). The preference of cooked pasta was evaluated by a sensorial evaluation test (hedonic scale of nine points) carried out by 25 untrained judges.

Results. The results showed that the nutritional quality of the pasta increased by the presence of chia/CDF. The protein content of pastas with the addition of 10% CDF increased by 16% (from 11.04% to 12.66%), the TDF content increased from 2.9% to 9.1%, and ash content from 2.18% to 2.48%. In addition the incorporation of chia flour in pastas improved its antioxidant properties. The addition of 2.5% (CDF) increased the polyphenol content to 20.21

mg GAE/100 g, the addition of 5% (CDF) increased to 29.58 mg GAE/100 g and the addition of 10% CDF led to 36.95 mg GAE/100 g, relative to the control sample (9.30 mg GAE/100 g). Pastas made with CDF had lower solids losses during cooking compared to control sample (13.6% vs 10.4%). The optimal cooking time of pasta with 10% CDF (12.5 ± 0.2 min) was significantly lower than control sample (14 ± 0.2 min). The bending test, performed on dry pasta, showed that the addition of 10% CDF produces significantly weaker pastas than control sample (2.25 N vs. 3.87 N). Samples with 2.5 and 5% CDF showed the same trends as those mentioned for sample with 10% HDC. The color analysis showed that, raw pasta with (2.5, 5 and 10%) CDF tend to be darker and less bright (L^* : 66.09 ± 0.78 ; L^* : 63.5 ± 2.34 ; L^* : 61.8 ± 5.1) than control sample (L^* : 68.8 ± 3.0). The viscosity analysis reported that the addition of CDF to pastas caused an increase in the viscosity of the system, being more fragile and with a tendency to retrograde. The analysis of the images obtained by CSLM showed that the addition of 5% CDF modifies the pasta microstructure enhancing pasta hydration (protein reticulum is affected). However, in cooked pasta a homogeneous film was observed on the surface of pasta. This film presumably of proteins and mucilage of chia would provide some firmness to the product. The sensorial evaluation showed a good acceptability up to 5% of CDF, however, control pasta were the better qualified sample, especially to the flavor attribute. Therefore, it is concluded that the addition of chia/HDC up to 5% into pastas allows to obtain a good technological, sensory and nutritional pasta quality, improving their antioxidant capacity.

Conclusion. The addition of chia / HDC up to 5% to pastas, allows to obtain acceptable technological and sensory qualities in pastas with an improved nutritional profile and antioxidant capacity.

Key words: chia, pasta, quality, nutritional analysis, antioxidants.

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

- a*: coordenada colorimétrica tonalidad del rojo al verde
- AA: absorción de agua
- AACC: American Association Cereal Chemists
- ABTS (sal diamónica del ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico))
- Ac: ácido
- b*: coordenada colorimétrica tonalidad del amarillo al azul
- B-CT: Corte transversal pasta con 5% HDC
- BD: breakdown
- BF₃: Trifluoruro de Boro
- b.h: base húmeda
- b.s: base seca
- B-S: Superficie pasta con 5% HDC
- CA: capacidad antioxidante
- CAA: código alimentario argentino
- Co-S: Superficie pasta control
- Co-CT: Corte transversal pasta control
- cP: centipois
- C25:0: ácido pentacosanoico
- DGC: Prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves
- EI: estándar interno
- eq.: equivalente
- FD: fibra dietaria
- FDT: fibra dietaria total
- FV: viscosidad final
- GAE: ácido gálico
- GC: cromatografía de gases
- HDC: harina desgrasada de chía
- %H: porcentaje de humedad
- H₂SO₄: ácido sulfúrico
- h: horas
- Ha: hectárea
- H: humedad

- HCl: cloruro de hidrógeno
- K₂S₂O₈: persulfato de potasio
- L*: Luminosidad
- M: molar
- MCDBL: microscopía confocal de barrido láser
- MV: viscosidad media
- Na₂HPO₄: buffer fosfato
- N: normal
- NaOH: hidróxido de sodio
- Na₂CO₃: carbonato de sodio
- NaCl: cloruro de sodio
- nm: nanómetros
- PC: peso de la pasta cocida
- PS: peso de la pasta seca
- PL: polifenoles libres
- PT: polifenoles totales
- RVA: analizador rápido de viscosidad
- SB: setback
- TPA: análisis de perfil de textura
- TMG: temperatura media de gelatinización
- TOC: tiempo óptimo de cocción
- t: toneladas
- TROLOX (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico)
- µL: micro litros

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Inflorescencias (flor) de <u>Salvia hispanica L.</u> (A), Semillas de chía (B), Plántulas (C), Dimensiones de la semilla (D), Semillas incluidas en el cáliz (E), Semilla entera hidratada rodeada por su mucílago. Adaptado de (Hernández et al., 2008).....	5
Figura 2. Provincias de Argentina que cultivan chía, Noroeste Argentino (NOA).....	7
Figura 3. A) Grano de Trigo candeal, B) Grano de trigo pan.....	19
Figura 4. Clasificación de pastas de acuerdo a su forma.....	21
Figura 5. Diagrama de proceso de elaboración de pastas laminadas.....	31
Figura 6. Harina de trigo pan.....	45
Figura 7. Semillas de chía molidas.....	46
Figura 8. Proceso de extracción de aceite de la semilla de chía a escala piloto y obtención de la HDC.....	47
Figura 9. Amasado y laminado de la pasta.....	49
Figura 10. Distribución de la pasta para su secado: A (distribución de las pastas antes del secado), B (Primer secado de las pastas), C (Segundo secado).....	49
Figura 11. Extracción de polifenoles libres.....	54
Figura 12. (A) Rapid Visco Analyser, (B) Suspensión obtenida después del análisis.....	56
Figura 13. Operación del Viscoanalizador (RVA) 1) selección del método, 2) pesado 3) mezclado 4) inserción 5) arranque 6) medida-gráfico.....	57
Figura 14. Perfil de viscosidad de una corrida en el RVA	57
Figura 15. (A)Representación de las pastas secas elaboradas con 0%, 2,5%, 5% y 10% previo a la determinación del color. (B) Espectrofotómetro CM-600d Marca KONICA MINOLTA Sensing, INC, pasta cocida.....	58
Figura 16. (A)Texturómetro, (B) Fracturabilidad de pasta seca y cruda, (C) TPA pasta cocida.....	59
Figura 17. Pastas cocidas con HDC.....	60
Figura 18. Gráfica general de análisis de perfil de textura (TPA).....	61
Figura 19. Determinación del TOC. A (Hebras de pastas durante la cocción), B (línea blanca en el centro todavía presente a los 5 min), C (Desaparición de la línea blanca en el centro de la pasta al cumplir el TOC).....	62
Figura 20. Microscopio confocal de barrido láser.....	64
Figura 21. (A) Distribución de las muestras y elementos entregados a los panelistas para efectuar la evaluación sensorial. (B) Evaluación de las pastas por los panelistas.....	65

Figura 22. Prototipo de planillas evaluadas por los panelistas.....	66
Figura 23. Propiedades de pasting de pastas secas y crudas con HDC.....	76
Figura 24. Microscopia confocal de barrido láser de la pasta seca y cruda, Co-S) Superficie pasta control, B-S) Superficie pasta con 5% de HDC, Co-CT) Corte transversal pasta control, B-CT) Corte transversal pasta con 5% HDC.....	83
Figura 25. Microscopia confocal de barrido láser de la pasta cocida, Co-S) Superficie pasta control, B-S) Superficie pasta con 5% de HDC, Co-CT) Corte transversal pasta control, B-CT) Corte transversal pasta con 5% HDC.....	85
Figura 26. Análisis de correspondencias múltiples de la evaluación sensorial y la opción de compra de las pastas cocidas con HDC.....	89

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Superficie y producción del cultivo de chía en los años 2013-2014 de los mayores productores del mundo.....	6
Tabla 2. Contenido y Composición de ácidos grasos de aceite de semilla de chía cultivada en diversos países de América.....	7
Tabla 3. Contenido nutricional por cada 28 g de semilla de chía.....	9
Tabla 4. Concentración de antioxidantes presentes en extractos de semilla de chía.....	13
Tabla 5. Aminoácidos presentes en hidrolizados de proteínas de chía.....	15
Tabla 6. Consumo per cápita de pastas en el mundo.....	22
Tabla 7. Consumo de pasta seca en Argentina.....	23
Tabla 8. Distribución de los lípidos en el grano de trigo.....	28
Tabla 9. Composición química de pastas.....	35
Tabla 10. Información nutricional de la harina de trigo.....	45
Tabla 11. Formulación para la elaboración de las pastas con HDC Y chía.....	48
Tabla 12. Información nutricional de la HDC.....	68
Tabla 13. Caracterización de pastas con 0%, 2,5%, 5% y 10% de semillas de chía.....	68
Tabla 14. Caracterización de pastas con 2,5%, 5% y 10% de HDC.....	69
Tabla 15. Determinación de color de la pasta cruda.....	72
Tabla 16. Fuerza de ruptura de pastas secas con semillas de chía y HDC.....	73
Tabla 17. Valores de viscosidad obtenidos para las pastas elaboradas con (0%, 2,5%, 5% y 10%) HDC.....	74
Tabla 18. Determinación de color de la pasta cocida (chía/HDC).....	75
Tabla 19. Análisis de textura pastas cocidas con semilla entera y harina desgrasada de chía.....	79
Tabla 20. Propiedades de cocción de la pasta con semilla de chía entera molida y HDC.....	80
Tabla 21. Evaluación Sensorial de pastas con semillas de chía molidas.....	86
Tabla 22. Evaluación sensorial y aceptabilidad general de la pasta cocida con HDC.....	87
Tabla 23. Intención de compra.....	88

CAPITULO 1

1.1.- INTRODUCCION

La chía (Salvia hispanica L.) es una planta herbácea anual perteneciente a la familia de las Lamiaceae, en Mesoamérica Pre-Colombina, fue uno de los alimentos básicos de varias civilizaciones centroamericanas, como alimento básico fue tan importante como el maíz y el frijol, y en algunas áreas fue incluso más importante que el amaranto, donde sus semillas fueron valoradas para alimentación, medicina, y aceite (Ayerza y Coates, 2004). Actualmente se cultiva en algunos países de Europa como Gran Bretaña pero también se la cultiva en México, Bolivia, Ecuador, Guatemala y Argentina, es cultivada durante la época de verano/otoño en la región noroeste de Argentina (Coates, 2011). Se consumen en México, Argentina, y el suroeste de los Estados Unidos. La composición química informa un contenido de proteínas (15-25%), grasas (30-33%), carbohidratos (26-41%), Fibra dietética (18-30%) y cenizas (4-5%). También contiene grandes cantidades de vitaminas, minerales y antioxidantes. (Ixtaina et al., 2008). La semilla de chía no posee gluten por lo que es un alimento recomendable para las personas que padecen de la enfermedad celíaca, posee un alto contenido de antioxidantes (principalmente flavonoides) y es rica en fibras. Debido a sus altos niveles de los componentes mencionados, particularmente debido a su aceite con respecto a otras fuentes naturales de omega-3 y de la comercialización de productos que la incluyen está en crecimiento alrededor del mundo. Se la utiliza como ingrediente para hacer pan, barras energéticas, suplementos dietéticos para personas y en alimentos balanceados para distintos animales (Guiotto et al., 2013; Bueno et al., 2010).

Las pastas alimenticias son un producto de consumo masivo, con bajo costo de producción, de fácil preparación y de larga vida útil. (Torres et al., 2009). Su ingrediente básico es la sémola o harina de trigo pan, mezclada con agua y a la cual se le puede añadir sal, huevo u otros ingredientes. También se la considera como un excelente vehículo para la suplementación con minerales, proteínas y muchos otros componentes funcionales (Borneo y Aguirre, 2008).

En la actualidad los consumidores y la industria de los alimentos son más conscientes sobre la necesidad de una dieta saludable enfocándose en aquellos alimentos

que proporcionan nutrientes para el mantenimiento de una buena salud (Ezhilarasi et al., 2014). Además de los nutrientes principales (proteínas, carbohidratos y grasas) existen otras clases de nutrientes que han recibido mucha atención en los últimos años. Tal es el caso de los compuestos con actividad antioxidante ya que éstos, en concentraciones apropiadas, pueden prevenir una variedad de problemas tales como daño celular, envejecimiento, inflamación, cáncer y aterosclerosis (Biglari et al., 2008).

Este trabajo tiene como propósito mejorar la capacidad antioxidante y la calidad nutricional de pastas elaboradas con un derivado de la semilla de Chía con la finalidad de ofrecer a la industria alimentaria un producto con mejores propiedades nutricionales y de calidad sensorial aceptable.

1.2.- JUSTIFICACION

La fabricación de nuevos productos alimenticios que satisfagan las necesidades de los consumidores y la preocupación por prevenir distintos tipos de enfermedades, son temas de gran interés en la actualidad. La búsqueda de una alimentación más saludable y la preferencia por aquellos productos que tengan algún beneficio para la salud del consumidor, compromete a la industria de los alimentos a producir más alimentos con características benéficas para la salud.

La semilla de chía al poseer un buen perfil nutricional (alto contenido de proteínas, fibra y antioxidantes) se convierte en un potente ingrediente adicional en la fabricación de productos alimenticios para mejorar las propiedades nutricionales. Además la fracción fibrosa (HDC) obtenida como residuo durante el proceso de extracción del aceite de sus semillas, es utilizada para la fabricación de alimento balanceado por sus características nutricionales.

En tal sentido, con las consideraciones mencionadas anteriormente se propuso la utilización de las semillas de chía y su harina como ingredientes en la formulación de pastas alimenticias con el fin de obtener pastas con mayor valor nutritivo y mejor actividad antioxidante respecto a pastas elaboradas con harina de trigo y obtener además pastas con buenas características tecnológicas y sensoriales.

1.3.- OBJETIVOS

Los objetivos a desarrollar en el presente trabajo son:

1.3.1.- OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y formular pastas alimenticias con un derivado de la semilla de chía (*S. hispánica*) estudiando el efecto de su utilización sobre la calidad tecnológica, nutricional, funcional y sensorial de pastas, con el fin de ofrecer una nueva oportunidad para mejorar la nutrición humana.

1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener un derivado de chía (harina desgrasada de chía-HDC) de alto poder antioxidante para su utilización en la formulación de pastas alimenticias.
- Estudiar el efecto de la adición de semillas de chía y su derivado sobre la calidad nutricional y tecnológica de las pastas elaboradas.
- Estudiar la capacidad antioxidante de la harina de chía y de las pastas elaboradas con ella.
- Evaluar sensorialmente la aceptabilidad de las pastas elaboradas.

1.4.- HIPOTESIS

Es factible la utilización de chía y su harina desgrasada en el desarrollo y formulación de pastas alimenticias a base de harina de trigo, su incorporación permite mejorar la capacidad antioxidante y el perfil nutricional de las mismas.

1.5.- ANTECEDENTES

1.5.1.- LA CHÍA

La chía, es un cultivo autóctono de Mesoamérica; Rodríguez Vallejo (1992), señaló que existen evidencias que demuestran que la semilla de chía fue utilizada como alimento hacia el año 3500 a.C. siendo cultivada en el Valle de México entre los años 2600 y 900 a.C. La semilla de chía, fue uno de los principales componentes de la dieta de los aztecas junto con la quínoa, el amaranto, el maíz y alguna variedad de porotos. Además, se la utilizaba como materia prima para la elaboración de medicinas (mucílago) y pinturas (aceite), así como en ofrendas sagradas. La importancia de la chía en la alimentación se conoce desde la época precolombina; sin embargo, no fue hasta 1990 cuando se demostró científicamente que es la fuente natural que presenta el más alto contenido de omega-3 y además es rica en proteína, fibra y antioxidantes (Ayerza y Coates, 2011). En Europa por el año 2009, la chía (*Salvia hispánica*) fue autorizada oficialmente como un nuevo ingrediente alimentario para productos de panadería. En

enero del 2013 la autorización se extendió a la utilización de chía hasta un 10% en ciertos productos alimenticios, así como un máximo de consumo de chía recomendado de 15 g por día y hace unos años esta semilla se ha convertido en un éxito internacional como un ingrediente saludable y un "súper alimento" (CBI-MFA, 2015).

1.5.1.1.- CARACTERISTICAS DE LA CHIA

La chía (Salvia hispanica L.) es una planta perteneciente a la familia de las Lamiáceas; al igual que el lino (Linum usitatissimum). Es cultivada para aprovechar sus semillas, las cuales suelen consumirse molidas, es una de las especies vegetales con la mayor concentración de ácido graso alfa-linolénico (omega-3), además es fuente natural de antioxidantes y fibra dietética (Cahill, 2003).

El género *Salvia* incluye unas 900 especies encontradas en regiones como Sudáfrica, América Central, América del Norte, Sudamérica y Asia Sur-Oriental. Cuenta con 170 géneros de amplia distribución en regiones tropicales y templadas; en Argentina existen alrededor de 26 géneros.

La chía es una planta herbácea anual, de hasta 1 m de altura. Presenta hojas opuestas, de 4 a 8 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho. Las flores son hermafroditas, púrpuras a blancas, y aparecen en ramilletes terminales; florece entre julio y agosto en el hemisferio norte (Figura 1-A). Después del verano, las flores dan lugar a un fruto en forma de aquenio indehiscente (semillas) es un esquizocarpo y, al madurar, se separa en cuatro frutos individuales o mericarpios, ricos en mucílago, fécula y aceite (Figura 1-E) (Ayerza y Coates, 2005). Cada fruto tiene unos 21 mm de largo por 1,4 mm de ancho, y es ovalado, lustroso, y de color pardo grisáceo a rojizo con manchas irregulares marrones y algunos frutos son blancos. (Figuras 1-B y D) (Hernández et al., 2008).

Los frutos al entrar en contacto con el agua se hinchan rápidamente y se secreta una capa mucilaginosa que rodea a la semilla (Figura 1-F). En 15 minutos son capaces de absorber agua equivalente a 5 ó 6 veces su peso. La variación en el desarrollo de la capa epitelial y, por tanto, en la cantidad de mucílago producido, depende de la variedad (Urbina, 1983).

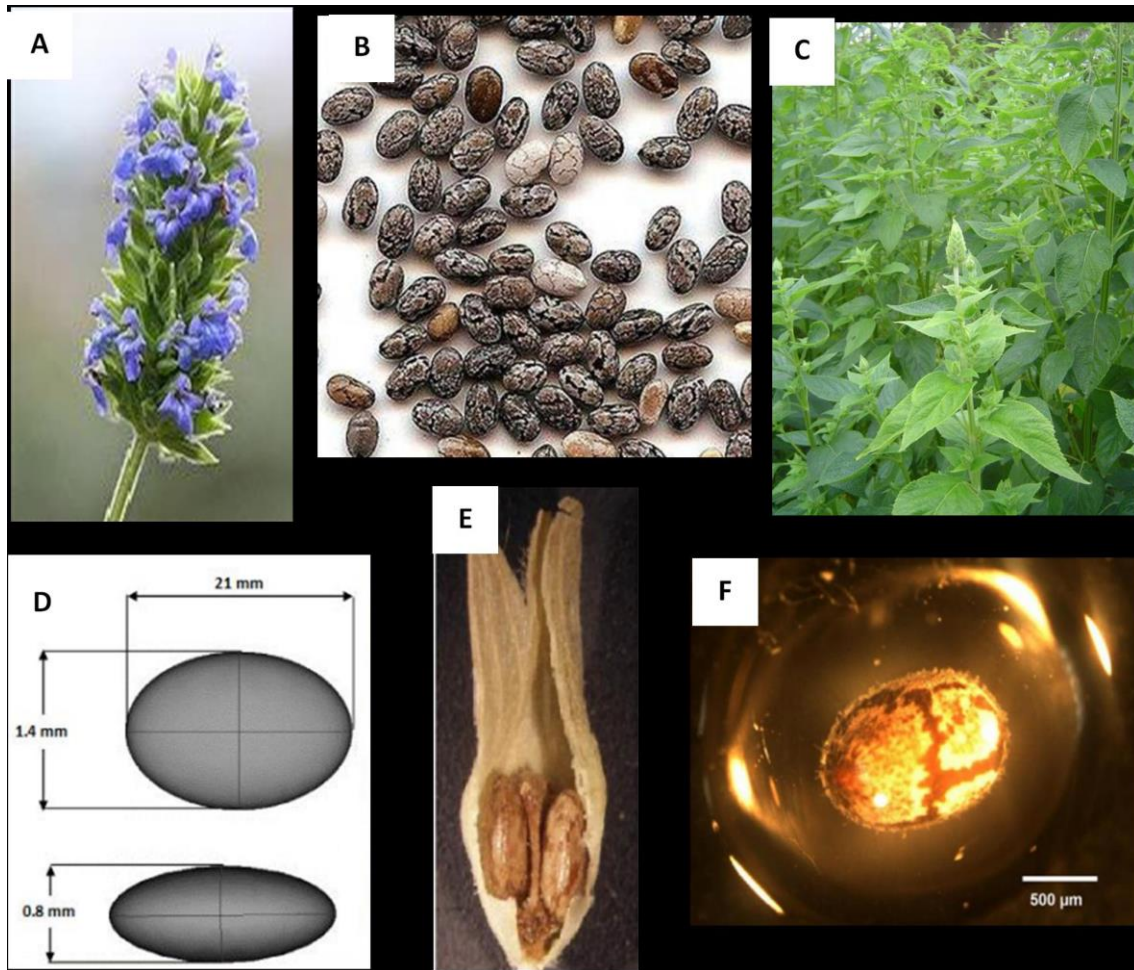


Figura 1. (A) Inflorescencias (flor) de *Salvia hispanica* L. , (B) Semillas de chía, (C) Plántulas, (D) Dimensiones de la semilla, (E) Semillas incluidas en el cáliz, (F) Semilla entera hidratada rodeada por su mucílago. Adaptado de (Hernández et al., 2008)

1.5.1.2.- IMPORTANCIA DE LA SEMILLA DE CHÍA

En la actualidad la chía se utiliza en la industria alimentaria, tanto humana como animal, debido a que es una semilla que posee propiedades nutricionales interesantes (alto contenido de proteína, fibra, antioxidantes y ácidos grasos del tipo omega-3). Además ofrece ciertas propiedades tecnológicas y funcionales útiles en procesamiento de los alimentos (hidratación, estructura, reología, gelificación).

1.5.1.3.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y PRODUCCIÓN DE LA CHIA

Salvia hispanica se encuentra naturalmente en áreas de bosques de encino y se distribuye en ambientes semicálidos y templados en altitudes entre 1400 y 2200 m. Históricamente, la chía ha sido cultivada tanto en ambientes tropicales como

subtropicales, en áreas libres de heladas y en regiones con heladas anuales, desde el nivel del mar hasta los 2500 m s.n.m. (Ayerza y Coates, 2005) señaló que actualmente, a nivel comercial la chía se cultiva en Argentina, México, Bolivia, Guatemala, Ecuador y Australia. El potencial productivo de la chía en México aun cuando es 30 % mayor al promedio mundial (357 kg/ha) se considera bajo, ya que en Argentina se llegan a producir 2, 253 kg/ha (Ayerza y Coates, 2007). Hasta hace unos años la producción comercial de chía no era muy alta y se concentraba en áreas específicas, sin embargo durante la última década en especial en México, Australia y Argentina han adquirido experiencia en su cultivo, lo que provocó un aumento de la producción rápida de chía donde Bolivia entre muchos otros países se convirtió en uno de los principales productores de chía (CBI-MFA, 2015). En la Tabla 1 se detalla la superficie y producción del cultivo de chía en los años 2013-2014 de los mayores productores.

Tabla 1. Superficie y producción del cultivo de chía en los años 2013-2014 de los mayores productores del mundo

	2013		2014	
	Superficie en Acres (Ha)	Producción (t)	Superficie en Acres (Ha)	Producción (t)
Bolivia	50,000	18,000	80,000	30,000
Paraguay	30,000	25,000	100,000	30,000
Argentina	40,000	<10,000	120,000	40,000
México	18,000	8,4000	50,000	25,000
Australia	n.a.	<10,000	n.a.	<10,000
América Central	15,000	10,000	17,000	11,500
Perú	n.a.	n.a.	n.a.	<5,000
Ecuador	n.a.	n.a.	n.a.	<1,000
Colombia	n.a.	n.a.	n.a.	<1,000

Nota: n.a., no analizado

Fuente: CBI-MFA (2015)

En Argentina, la chía es un cultivo estival (en verano, época de siembra a mediados de Enero hasta principio de Marzo), la zona de cultivo se circunscribe a las provincias del noroeste (NOA); Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, y Santiago del Estero (Figura 2).

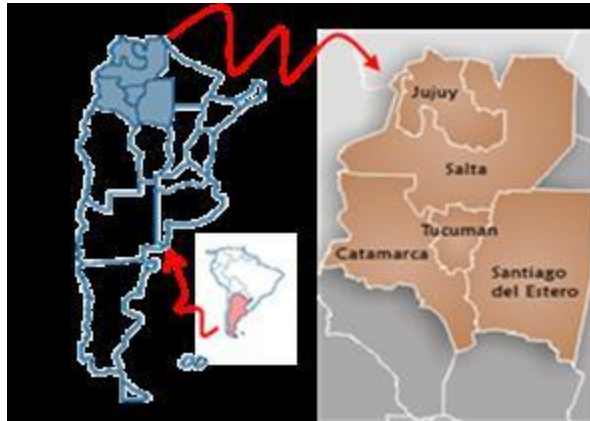


Figura 2. Provincias de Argentina que cultivan chía, Noroeste Argentino (NOA)

La superficie cultivada durante el año 2013-2014; se calcula que incrementó de 40,000 a 120,000 Hectáreas (Ha) en todo el NOA (Tabla 1). La fecha de siembra ha influenciado la producción en el noroeste argentino. La temperatura, la luz, el tipo de suelo, la etapa de desarrollo y la nutrición de las plantas afectan tanto la cantidad como la calidad del aceite contenido en la semilla de chía y la composición química en general (Ayerza, 1995; Peiretti y Gai, 2009). Howell y Collins (1957) informaron la probabilidad de que las altas temperaturas reduzcan la formación del ácido graso α -linolénico, tal como ocurre en otras oleaginosas.

La Tabla 2 muestra el contenido y la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de chía obtenido a partir de cultivos comerciales realizados en Argentina, Bolivia, Colombia, México y Perú (Ayerza y Coates, 2005).

Tabla 2. Contenido y Composición de ácidos grasos de aceite de semilla de chía cultivada en diversos países de América.

País	Aceite (g/100 g semilla)	Ácido graso (%)				
		Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	α -linolénico
Argentina	34,0	7,0	3,0	6,7	19,5	63,1
Bolivia	32,7	7,4	2,7	7,1	18,7	63,6
Colombia	29,9	7,5	3,5	7,6	19,2	57,9
México	31,0	6,7	3,3	7,5	19,6	61,6
Perú	32,4	7,2	3,0	6,9	18,4	64,2

Fuente: Ayerza y Coates (2005)

Como puede observarse, existen diferencias en cuanto al contenido de ácidos grasos debido a la influencia de los factores ambientales previamente comentados.

1.5.1.4.- COMPOSICION NUTRICIONAL DE LA SEMILLA DE CHIA

Las semillas de chía son la fuente botánica conocida con mayor concentración en ácidos grasos poliinsaturados (omega-3) ácido α -linolénico (C18:3 ALA, hasta un 68%) (Ayerza, 1995) en comparación con otras fuentes naturales como el lino (50,6%), colza (8,1%), soja (7,6%) y girasol (1,8 aceites%) (Tuberoso et al., 2007) y ha sido también descrita como una fuente importante de proteínas, fibra dietética, minerales y compuestos bioactivos (Marineli et al., 2014; Reyes et al., 2008).

8

Las semillas de chía contienen alrededor de un 39% de aceite, de la cual cerca del 68% corresponde al ácido graso α -linolénico (omega-3) (Ayerza, 1995). Asimismo, entre sus componentes principales se encuentra también el ácido linoléico (omega-6) que varía de 17 a 26% (Tosco, 2004) lo que la convierte en la mayor fuente vegetal de ácidos grasos esenciales. El lino, el aceite de sábalo y las algas marinas son las fuentes naturales que le siguen a la chía según la concentración de estos ácidos grasos poliinsaturados esenciales, pero presentan algunas desventajas para la utilización en productos alimenticios en comparación a la chía que no ha mostrado ningún problema (Ayerza y Coates, 2000), además no contiene colesterol por ser especie del reino vegetal y posee menor cantidad de ácidos grasos saturados en comparación a los ácidos grasos de cadena larga presentes en los productos marinos (EPA eicosapentanoico, DHA docosahexanoico). El lino al poseer compuestos antinutricionales (cianoglicosidos, factores antagónicos de la vitamina B, inhibidores de la tripsina, ácido fítico, entre otros), obliga a la desintoxicación de las semillas previamente a su uso; es por ello que en varios países se encuentra regulada su utilización en productos alimenticios (Mazza y col., 1995). Las algas al emplear cloruro de sodio para generar un ambiente artificial para crecer, contienen 163 veces más sodio que la chía (Ayerza y Coates, 2006a) y por último el aceite de sábalo (y otros productos marinos) proporciona sabor a pescado y contiene mayor cantidad de grasas saturadas en comparación a las fuentes vegetales (Hooper et al., 2006).

Cien gramos de chía contienen la misma cantidad de omega-3 que 255 gramos de salmón atlántico, consumiendo 25 g de semilla de chía, se alcanza la cantidad diaria de ácido graso omega-3 recomendada por las organizaciones de nutrición (Vuksan, 2007) sumado a que no presenta las desventajas mencionadas por las otras fuentes naturales de ácidos grasos poliinsaturados.

Las semillas de chía son una buena fuente de proteína (19 y 27 g/100 g). El contenido de proteína es superior a la de otros cultivos tradicionales tales como trigo, maíz, arroz, avena y cebada. A pesar de que la chía no se cultiva comercialmente como una fuente de proteína se puede encontrar que el aporte de lisina es relativamente alto y la cisteína y metionina se pueden comparar favorablemente con otras semillas oleaginosas, además su perfil de aminoácidos no poseen factores limitantes en la dieta del adulto lo cual significa que ésta puede ser incorporada en la dieta humana y ser mezclada con otros granos, a fin de producir una fuente equilibrada en proteínas (Ayerza y Coates, 2006). La chía no solamente es una buena fuente de ácidos grasos omega-3 y proteína, sino es rica también en otros componentes de gran importancia en la dieta humana que pueden ser equiparadas a otras buenas fuentes ya que la misma cantidad de magnesio equivale a 10 tallos de brócoli, la misma cantidad de calcio equivale a 626 gramos de leche y la misma cantidad de hierro equivale a 276 gramos de frijoles, entre otros (Vuksan, 2007).

En la Tabla 3 se resume el contenido nutricional por cada 28 g de semillas de chía.

Tabla 3. Contenido nutricional por cada 28 g de semilla de chía

Componente	Cantidad		%Valor diario
	Gramos	%	
Grasa Total	9,0 g	32,0	13,0
Grasa saturada	1,0 g	3,6	4,0
Ácidos grasos			
Palmítico (16:0)	-	6,9	-
Esteárico (18:0)	-	2,8	-
Oleico (18:1)	-	6,7	-
Linoleico (18:2)	-	19,0	-
α -Linolénico (18:3)	-	63,8*	-
Colesterol	0,0 mg	0,0	0,0
Sodio	5,0 mg	0,0	0,0
Carbohidratos totales	12,0 g	43,0	4,0
Fibra dietética	11,0 g	39,3	42,0
Proteína	4,0 g	14,3	9,0
Minerales			
Calcio	177,0 mg	-	18,0
Fósforo	265,0 mg	-	27,0
Potasio	44,8 mg	-	1,0
Zinc	1,0 mg	-	7,0
Manganeso	0,6 mg	-	30,0

*Sobre ácidos grasos totales

Fuente: Nutrition Data (2008); Ayerza y Coates (2006)

En el proceso de extracción de aceite de las semillas de chía para uso comercial, se obtiene un co-producto (material remanente de la extracción de aceite) con un contenido importante de fibra dietética (soluble insoluble), proteína, y otros compuestos de tipo flavonoles (miricetina, quercetina, kaempferol) y algunos ácidos cinámicos (cafeico y clorogénico) que se ha demostrado poseen actividad antioxidante (Taga, et al., 1984). El polisacárido útil como fibra soluble se comporta como un mucílago al momento de hidratarse ya que posee una alta capacidad de retención de agua aumentando la viscosidad del medio. Además la biomasa de esta planta disfruta de aceites esenciales con interés tecnológico y aplicaciones comerciales en la industria alimentaria (Ahmed et al., 1994). Estos compuestos que son tan comprometedores dentro de la dieta del consumidor se detallarán por separado después de este apartado.

1.5.1.5.- ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

Los ácidos grasos esenciales reciben ese nombre debido a que el organismo no puede sintetizarlos por si solo y deben ser suministrados en la dieta humana. Tanto los ácidos grasos omega-3 (ácido α -linolénico y sus derivados de cadena larga) como los ácidos grasos omega-6, cuyo precursor es el ácido linoléico, corresponden a este grupo de ácidos grasos esenciales para la nutrición humana y que se encuentran en grandes concentraciones en las semillas de chía (Tabla 3). La función de éstos ácidos grasos, es aportar mayor flexibilidad a las membranas celulares, permitiendo el movimiento de proteínas en su superficie y dentro de la bicapa lipídica (Lauritzen et al., 2001).

En nuestra alimentación el contenido de ácidos grasos omega-3 es muy bajo, pero existen cantidades excesivas de ácidos grasos omega-6 lo que promueve la patogénesis de muchas enfermedades. Una mayor cantidad de ácidos grasos omega-3 en la dieta es más conveniente para reducir el riesgo de muchas enfermedades crónicas de alta prevalencia en las sociedades occidentales, así como en los países en desarrollo, que se exportan al resto del mundo (Simopoulos, 2004). Un mayor consumo de semillas de chía o la incorporación de las mismas en productos alimenticios ayuda a equilibrar la relación omega-6/omega-3.

1.5.1.6.- FIBRA EN LA CHÍA

La buena cantidad (27 %) y calidad de fibra dietética (FD) que tiene la chía, sobre

todo en forma de fibra soluble (mucílagos), puede reducir los niveles de colesterol, retardar el índice de glucosa en sangre y ayudar con la función intestinal. El mucílago también puede ser utilizado en interesantes aplicaciones tecnológicas como espesantes, formadores de gel y quelantes (Capitani et al., 2012).

La American Association of Cereal Chemists (2001) define: “la fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de las plantas que promueve efectos fisiológicos beneficiosos como laxante y/o atenúa los niveles de colesterol y/o glucosa en sangre”.

La fibra dietética puede clasificarse en soluble e insoluble de acuerdo a su proceder en medio acuoso.

- **La fibra dietética insoluble (FDI)** tiene la capacidad de aumentar el volumen de la materia fecal acelerando el tránsito intestinal, debido principalmente a su capacidad para absorber una importante cantidad de agua e hincharse formando mezclas de baja viscosidad. Estas fibras incluyen celulosa, lignina y algunas fracciones de hemicelulosa (Escudero y González, 2006). Además el aumento de tamaño del bolo fecal estimula el tránsito intestinal, lo que reduce su tiempo de permanencia en el aparato digestivo, a la vez provoca movimientos peristálticos más frecuentes en el intestino, evitando probabilidad de trastornos de las vías intestinales, constipación, diverticulosis y cáncer de colon (Oliveira et al., 1991). Estas fibras incluyen celulosa, lignina y algunas fracciones de hemicelulosa.
- **La fibra soluble (FDS):** Al ponerse en contacto con el agua forma una red donde ésta queda atrapada, formando soluciones de alta viscosidad, de ahí viene dada las acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte de su poder anticarcinogénico. Además la formación de ese gel, retarda la evacuación gástrica efectivizando la digestión y absorción de los alimentos, ocasionando una sensación de saciedad (Tiwary et al., 1997). Dentro de este grupo se encuentran gomas, mucílagos, algunas pectinas, ciertos tipos de hemicelulosas y polisacáridos solubles. La fibra soluble, y en general fermentable, aumenta la

biomasa bacteriana y la retención de agua.

Las capas externas de los cereales son ricas en FDI mientras que la fracción de FDS es mayor cerca del endospermo. Por lo tanto, durante la molienda del grano puede modularse para obtener fracciones ricas en FD y también para incrementar la relación de FDS/FDI (Vitaglione et al., 2008). Por otro lado, la fibra puede formar disoluciones con el contenido gastrointestinal, de tal forma que las sustancias que tienen que absorberse les cuestan más hacerlo, como le sucede a la glucosa (azúcar) y a las grasas. Es por esto que, la fibra contribuye a la prevención de múltiples enfermedades como la enfermedad cardiovascular, diabetes, etc.

1.5.1.7.- ANTIOXIDANTES EN LA CHÍA

La literatura indica que el aceite y la semilla de chía poseen un alto poder antioxidante lo que está confirmado por diferentes ensayos in vitro (Marineli et al., 2014; Martínez y Paredes, 2014; Reyes et al., 2008). La semilla de chía y el aceite de chía se consideran nuevas fuentes de antioxidantes naturales, debido al contenido de tocoferoles, fitoesteroles, carotenoides y compuestos fenólicos (Álvarez et al., 2008; Ixtania et al., 2011), que tienen el potencial de proteger a los consumidores contra muchas enfermedades además de promover efectos beneficiosos sobre la salud humana (Avignon et al., 2012; Landete, 2012).

Las semillas de chía contienen una cantidad de compuestos con potente actividad antioxidante, entre los más importantes se encuentran el δ y γ - tocoferol y antioxidantes fenólicos tales como ácidos clorogénico, ácido cafeico, miricetina, compuestos de quercetina y kaempferol, y lipofílicos, como tocoferoles, fitoesteroles, carotenoides y fosfolípidos. Los antioxidantes son componentes que brindan protección y consisten en un acomodo enzimático y de nutrientes esenciales (como vitaminas o pigmentos) con la función de impedir la formación de radicales libres e interceptar los que podrían haberse generado, es decir protegen frente a la oxidación lipídica que afectan tanto la calidad de los alimentos (deterioro de las características organolépticas, funcionales y nutricionales) (Taga et al., 1984) como la salud de los consumidores (promueve el envejecimiento y las enfermedades degenerativas como el cáncer enfermedades cardiovasculares, declinación del sistema inmunológico y disfunción cerebral) de las cuales se puede estar protegido precisamente al incluir ácidos grasos esenciales omega-3 y antioxidantes a la dieta.

En la Tabla 4 se muestra la concentración de compuestos antioxidantes presentes en la semilla de chía de un estudio realizado en los estados de Jalisco y Sinaloa por Taga et al. (1984).

Tabla 4. Concentración de antioxidantes presentes en extractos de semilla de chía

Compuesto	Concentración (mol/kg de semilla de chía)
Extracto no hidrolizado	
Flavonoles	--
Ácidos cinámicos	
Ácido cafeico	$6,6 \times 10^{-3}$
Ácido clorogénico	$7,1 \times 10^{-3}$
Extracto hidrolizado	
Flavonoles	
Miricetina	$3,1 \times 10^{-3}$
Quercetina	$0,2 \times 10^{-3}$
Kaempferol	$1,1 \times 10^{-3}$
Ácidos cinámicos	
Ácido cafeico	$13,5 \times 10^{-3}$

Fuente: Taga et al. (1984)

En general, la actividad antioxidante aumenta cuando existen grupos hidroxilo o grupos donadores de hidrógeno en la estructura molecular del compuesto (González, 2012). El comportamiento antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales además de impedir la formación de radicales libres y capturar el oxígeno aunque en ocasiones también pueden promover reacciones de oxidación in vitro (Decker, 1997). Estos compuestos se dividen en dos grupos: flavonoides y no flavonoides. Los efectos de los polifenoles son fundamentalmente consecuencia de sus propiedades antioxidantes. La semilla de chía y el aceite han sido poco explorados desde un punto de vista científico, especialmente en relación con su potencial antioxidante in vivo, sin embargo Marineli et al. (2015), mostró un estudio sobre el efecto antioxidante de la semilla de chía en hígado y plasma de ratas obesas después de una dieta inducida, y concluyeron que una dieta rica en aceite y semillas de chía mejora el estado antioxidante en plasma e hígado, reducen la peroxidación de los lípidos y promueve un efecto protector contra el estrés oxidativo provocado por la obesidad.

Por lo tanto, la ingesta de aceite y semillas de chía podrían mejorar el sistema de defensa antioxidante en ratas obesas con dieta inducida, además de protegerlas contra el

daño celular oxidativo y enfermedades relacionadas con la obesidad. Sería muy comprometedor realizar estos ensayos in vivo ya que la semilla de chía y su aceite podrían presentar similares propiedades antioxidantes en humanos, debido a la presencia de polifenoles, ALA y otros compuestos bio-activos.

1.5.1.8. VITAMINAS Y MINERALES EN LA CHÍA

La chía es una buena fuente de vitamina B. El contenido de vitaminas (niacina-vitamina B3) de la chía es más alto que el maíz, la soya, cártamo y el arroz. El contenido de Tiamina (vitamina B1) y riboflavina (vitamina B2) es similar al del arroz y del maíz, aunque menores que las de soya y cártamo, mientras que su tenor de vitamina A es inferior al de maíz (Ayerza y Coates, 2005). En relación al contenido de minerales, la chía también es una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre. Contiene 13 – 354 veces más calcio, 2– 12 veces más fósforo, y 1,6 – 9 veces más potasio en 100 gr. de producto que el trigo, arroz, avena y maíz. La chía, como mencionamos anteriormente, tiene 6 veces más calcio, 11 veces más fósforo y 4 veces más potasio que la leche (Instituto Nacional de Alimentos, 2003). Además la chía tiene una elevada cantidad de hierro siendo poco frecuente en semillas (Bushway et al., 1981).

1.5.1.9.- PROTEINAS EN LA CHÍA

La chía contiene 19-23% de proteína, lo que corresponde una cantidad mayor que los cereales tradicionales como el trigo (13,7%), maíz (9,4%), arroz (6,5%), avena (16,9%) y cebada (12,5%) (Ayerza y Coates, 2005). La chía es una fuente proteica de buena calidad y sugieren la importancia de la incorporación de esta fuente alimenticia no tradicional a la dieta habitual como complemento de otros alimentos (barras, cereales para el desayuno y galletas) (Muñoz et al., 2012); su harina se ha utilizado para la formulación de panes libres de gluten con alto valor nutricional (Costantini et al., 2014). Las globulinas (principalmente 11S y 7S) son las principales proteínas de las semillas de chía (Sandoval-Oliveros y Paredes-López, 2013). Las globulinas 7S presentan propiedades emulsionantes y las globulinas 11S tienen actividad antihipertensiva (Barba de la Rosa et al., 1996 y Plietz et al., 1986).

En la Tabla 5 se muestran los aminoácidos presentes en las proteínas de la chía. Como puede observarse el contenido de lisina es muy alto, así como también los tenores

de metionina y cistina comparados con otras semillas oleaginosas (Ting et al., 1990). Sus aminoácidos no tienen factores limitantes para la dieta de los adultos. De esta manera, puede ser incorporada a la alimentación mezclada con otros granos para mejorar el balance proteico (Ayerza y Coates, 2011).

Tabla 5. Aminoácidos presentes en hidrolizados de proteínas de chía

Aminoácido	g/16 g N	Aminoácido	g/16 g N
Ácido Aspártico	7,64	Isoleucina	3,21
Treonina	3,43	Leucina	5,89
Serina	4,86	Triptófano	--
Ácido glutámico	12,40	Tirosina	2,75
Glicina	4,22	Fenilalanina	4,73
Alanina	4,31	Lisina	4,44
Valina	5,10	Histidina	2,57
Cistina	1,47	Arginina	8,90
Metionina	0,36	Prolina	4,40
Total			80,64

Fuente: Ayerza y Coates (2005)

1.5.1.10.- USOS DE LA SEMILLA DE CHÍA EN ALIMENTOS

La chía desde tiempos remotos ha tenido distintos usos a lo largo de su existencia tales como medicinales, alimenticios y artísticos. La característica del mucílago que forman sus semillas y la acción suave de su aceite eran utilizadas contra la fiebre, diarrea y estreñimiento (Cahill, 2003). Como alimento se la consumía mayormente como harina o semilla entera que en algunas ocasiones se la procesaba simultáneamente con las semillas de maíz, incorporándolas a tortillas, o a varias bebidas, donde se destaca el valor refrescante y energético de estas bebidas.

Uso como aceite: En la época prehispánica, dentro de los usos artísticos se encuentra el aceite extraído de la semilla para cosméticos, barnices y pintura. En la actualidad los artesanos señalan que el aceite de chía es excelente y superior al de la linaza. La calidad del aceite de chía se debe al alto contenido en ácido linolénico de tipo poliinsaturado ya comentado que permite una oxigenación rápida del aceite y, con esto, un secado rápido y una mayor duración a la pintura (Urbina, 1983; Martínez, 1959), además bastaría con ingerir apenas unos gramos de aceite (una cucharadita) en crudo, a fin de cubrir las necesidades diarias de omega-3 (Di Sapio et al., 2008).

En los últimos años se ha visto un aumento de la búsqueda de estilos de vida más

saludables, entre ellos la mejora de los hábitos alimenticios. La chía, ofrece un potencial considerable para elaborar productos enriquecidos y con un valor nutricional mejorado.

Uso de la harina: El consumo directo de las semillas de chía es una buena forma de beneficiarse con su aporte de omega-3, incluso tras ser prensada para generar aceite y su empleo en forma de harina, técnicamente según Di Sapia et al. (2008), es llamada semilla parcialmente desgrasada por lo que actualmente la chía se consume principalmente como semillas en ensaladas o añadidas a las bebidas. También tiene su uso como suplemento alimenticio en animales para incrementar el ácido α -linolénico en el tejido muscular (Mohd Ali et al., 2012) y recientemente ha llegado a ser utilizado como un ingrediente en algunos alimentos tales como galletas, pan, pastas aperitivos y tortas (Coelho y Salas-Mellado, 2015; Iglesias y Haros, 2013; Inglett et al., 2014; Pizarro et al., 2013; Steffolani et al., 2015). Rendón y Flores (2016), desarrollaron un tipo de tortillas de harina de maíz mejoradas nutricionalmente en cuanto a proteína, fibra dietaria y lípidos a través de la incorporación de distintas concentraciones de harina de chía en comparación a tortillas de maíz convencionales. En el caso de consumir la semilla entera, conviene ingerirla molida (harina) o muy bien masticada, para permitir su correcta metabolización.

1.5.1.11.- IMPORTANCIA TECNOLÓGICA/AGROINDUSTRIAL DE LA CHÍA

La adición de chía a un producto alimenticio no sólo aporta mejorando las propiedades nutricionales y saludables de un producto, sino también puede conferir propiedades tecnológicas y funcionales de gran importancia en cuanto al aporte de fibra y proteínas como: la alta capacidad de retención y absorción de agua, su capacidad gelificante y emulsionante (Coorey et al., 2014; Olivos et al., 2010).

Kinsella (1984), clasificó a las propiedades funcionales de acuerdo a la función que desempeñan durante la elaboración de un sistema alimenticio:

- **Ligantes:** ligan a lípidos, sabores, etc.
- **Organolépticas:** brindan color, sabor, aroma, olor, etc.
- **Antioxidantes:** Previenen la aparición o producción de sabor y olores desagradables.
- **Superficiales:** Tienen la capacidad de formar una emulsión, espumante, etc.

- **Hidratación:** brinda solubilidad, viscosidad, etc.
- **Estructurales:** elasticidad, cohesividad, etc.
- **Reológicas:** viscosidad, gelificación, etc.

La fibra dietética tiene la propiedad de hidratación por su habilidad que tiene de retener agua dentro de su matriz, estas propiedades dependen en gran medida de la naturaleza fisicoquímica de los constituyentes de la fibra, las cuales se determinan principalmente por su contenido en gomas, pectinas, mucilagos y hemicelulosas solubles; mientras que la celulosa la lignina y otros componentes relacionados con la fibra presentan una influencia limitada sobre estas propiedades (Figuerola et al., 2005). Las fibras solubles como pectinas, gomas y β -glucanos son capaces de formar soluciones altamente viscosas, por lo cual pueden ser usados como agentes espesantes en la industria de alimentos (Dongowski et al., 2005).

La descripción de las propiedades tecnológicas y funcionales que aportan la fibra y proteínas son:

- **Capacidad de retención de agua (CRA):** Es la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por una muestra de materia seca de peso conocido, en abundante agua y bajo la acción de una fuerza patrón (Tamayo y Bermúdez, 1998). La retención de agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. Los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en una fibra son: tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica (Baquero y Bermúdez, 1998).
- **Capacidad de retención de aceites (CRa):** la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Las fibras insolubles absorben mayor cantidad de grasa que las solubles, actuando como emulsificante, por lo que se le relaciona con la composición química, el tamaño y el área de las partículas de fibra (Cruz, 2002). Esta imparte jugosidad y mejora la textura de los productos en especial cárnicos, una baja retención proporciona una sensación no grasosa en productos fritos (Peraza, 2000).
- **Capacidad de absorción (C_{Ab}) y adsorción de agua (C_{Ad}):** La determinación de la C_{Ad} se basa en el equilibrio del vapor de agua del medio con respecto al alimento

y es útil para predecir la estabilidad y cambio deteriorativo de la fibra durante su almacenamiento. La C_{Ab} se refiere a la cantidad de agua que una fuente de fibra es capaz de absorber cuando se la coloca en una cantidad suficiente de la misma; esta propiedad tiene importancia cuando la fibra ha de emplearse en productos extruidos ya que el material debe ser húmedo antes del proceso y durante el mismo. Ambas propiedades se relacionan con la composición química de la fibra, el origen de los compuestos asociados, el pH y la forma en que se prepara la muestra (Zambrano et al., 2001).

- **Capacidad emulsionante (CE) y estabilidad de emulsión:** La capacidad emulsificante (CE) se refiere a la cantidad de aceite (mL) que puede ser emulsionado por gramo de proteína, hasta el momento en que se rompe la emulsión.
- **Gelificación:** El entrecruzamiento de macromoléculas mediante uniones, covalentes o no covalentes, para formar una red capaz de atrapar agua y sustancias de bajo peso molecular entre sus espacios. La gelación de proteínas consiste en la transformación de una proteína del estado “sol” a un estado “gel” el cual es facilitado por calor, enzimas, o cationes divalentes bajo condiciones apropiadas que inducen la formación de esta estructura de red. Una vez enfriado el progel, se facilitan las uniones estables no covalentes, constituyendo la gelificación (Gálvez et al., 2006).

Ante lo expuesto, el aporte de fibra y proteínas de granos y semillas exhiben propiedades tecnológicas, funcionales y fisiológicas que hacen que sea prometedor para su uso en la industria alimentaria y en aplicaciones para la salud. Lo que ha llevado a investigadores buscar nuevas materias primas que satisfagan las necesidades en éstas áreas (Betancur et al., 2004; Goff et al., 2001).

1.6.- PASTAS ALIMENTICIAS

Las pastas son un alimento que contienen carbohidratos complejos, bajo contenido en grasa, de bajo costo, fácil de preparar y versátil, que es consumido por todos los sectores de la población (Sabanis y Dokastakis, 2004). La composición química de las pastas (10,8% humedad, 10,9% proteína, 1,4% grasa y 79,1% de carbohidratos) y su

índice glicémico que es menor que el del arroz, papas o pan y similar al de las leguminosas la convierten en un alimento apropiado para suplir el aporte de carbohidratos (Canella y Pinto, 2006).

El origen de la pasta se asocia con Italia, los italianos hoy en día consumen más pasta por persona que cualquier otra nación (aproximadamente 30-35 kg/persona). Sin embargo, ellos no inventaron la pasta, existen registros que señalan que los tallarines se elaboraron en China desde al menos 3000 años a.C. Actualmente es uno de los alimentos más típicos y apreciados en las dietas de todo el mundo (Rodríguez, 2003).

En países en vías de desarrollo, donde los problemas nutricionales afectan a una gran proporción de sus habitantes, el mejoramiento nutricional de alimentos de alto consumo por la población como la pasta, puede representar una estrategia para mejorar la calidad nutricional y funcional de la dieta. (Granito y Ascanio, 2009).

1.6.1.- DEFINICIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS

Las pastas alimenticias están preparadas con una masa cuyo ingrediente básico es la sémola o harina de trigo, mezclada con agua y a la cual se le puede añadir sal, huevo u otros ingredientes, conformando un producto que generalmente se cuece en agua hirviendo. Comúnmente se utiliza la especie *Triticum durum* (trigo duro) (Figura 3-A) o la especie *Triticum aestivum* (trigo pan) (Figura 3-B) en su elaboración, sus diferencias se basan en la genética, tamaño, color y dureza.



Figura 3. A) Grano de Trigo candeal, B) Grano de trigo pan

Según el Código Alimentario Argentino (CAA) en el Capítulo IX “Alimentos farináceos, cereales, harinas y productos derivados”, bajo el título “Productos de fideería” a partir del artículo 706 describe a las Pastas alimenticias o Fideos, como a aquellos

productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de: sémolas o semolín o harinas de trigo ricos en gluten o harinas de panificación o por sus mezclas, con agua potable, con o sin la adición de sustancias colorantes autorizadas a este fin, con o sin la adición de otros productos alimenticios de uso permitido para esta clase de productos. En los productos de fideería podrá utilizarse mezcla de mono y diglicéridos y monoglicéridos de alta concentración, aisladamente o en mezcla y en la cantidad tecnológicamente necesaria sin declararlo en el rótulo".

1.6.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS PASTAS

La popularidad que tienen las pastas se debe en gran medida a la gran variedad de formas, tamaños y métodos posibles para elaborarlas, lo que les proporciona una variedad interesante al alimento. En la Figura 4, se muestran algunas de las tantas formas que pueden tener las pastas alimenticias como tallarines, spaguetti y codo.

Según Fálder, (2003), las pastas pueden clasificarse de acuerdo a:

➤ **La forma, tamaño y al modo de elaboración (Laminadas Extrudidas):**

Pastas roscadas. Son pastas fabricadas por extrusión a través de hileras o por laminación. Se enrollan en madejas de forma circular (como los fideos o espaguetis) o rectangular (como los tallarines).

Pastas Largas: obtenidas por extrusión y secado en tiras rectas y sueltas cortadas normalmente en una longitud de 200 mm. Estas pastas presentan una forma circular (espaguetis), rectangular (tallarines) o anular (macarrones).

Pastas Cortas: Formadas mediante extrusión y cortadas en distintos formatos, de longitud inferior a 100 mm. Dentro de las cuales se encuentran en forma de: moño, hélice y mostachol.

Pastas Diminutas o para sopas: Estrellas, letras, cabello de ángel, etc.

Pastas laminadas. Sometidas a un laminado y corte posterior con distintas formas.

Otras pastas: Incluye elaboraciones que suelen asociarse a la cocina italiana y que se elaboran a partir de harina o sémola de cereales o puré de patatas y estas son algunas de ellas: La polenta, ñoquis, etc.



Figura 4. Clasificación de pastas de acuerdo a su forma

Del extremo superior izquierdo al extremo inferior derecho se encuentran: Rigatoni, penne, fusilli tricolor, lasagna, bucatini, spaghetti, linguine, soba, fusilli, margaritas y torsetti, paccheri, spaguetti de arroz, pastel de arroz, tagliatelle de arroz, capellini de arroz, ramen.

➤ **Según su sistema de fabricación y contenido de humedad:**

Las pastas se clasifican según su sistema de fabricación en:

Pastas artesanales o frescas: son aquellas que no han sufrido proceso de desecación alguno y que pueden elaborarse de forma artesanal en cocina (Humedad final (Hf) $\geq 24\%$) y aquellas pastas que sufrieron un proceso mínimo proceso de desecación son las pastas estabilizadas ($24\% < Hf \geq 20\%$).

Pastas industriales o secas: son las producidas industrialmente en las fábricas en las que se desecan durante un tiempo que puede variar entre 2 o 6 horas y a temperaturas que oscilan entre los 60° o 90° C, según la clase o formato, para posteriormente ser empaquetadas para su venta ($Hf \leq 12,5\%$).

➤ **Según su composición:**

Pastas Simples: Son pastas elaboradas con harinas procedentes de trigo duro, semiduro, blando o mezclas entre estos. Compuestas por harina, sémola y agua. Su calidad dependerá del tipo de harina utilizada para su elaboración, siendo únicamente la

sémola o semolina de trigo duro la harina que le brindará una mayor calidad a la pasta.

Pastas Compuestas o enriquecidas: Son aquellas a las que se les añaden durante el proceso de elaboración productos para enriquecerlas, en sustitución de parte del agua que contienen, como ser: soja, huevos, purés de espinacas, remolacha, zanahorias y gluten para aumentar su contenido proteico, los cuales pueden hallarse en forma de conserva, natural, deshidratados o jugos y extractos. Estas sustancias alimenticias deberán estar autorizadas por la dirección de saneamiento de cada país.

Pastas Rellenas: Se refiere a los preparados constituidos por pastas alimenticias, simples o compuestas, que en formas diversas comprenden en su interior un preparado elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: carne, grasas animales o vegetales, productos de pesca, pan rallado, verduras, huevos, y agentes aromáticos autorizados, como ser ravioles, lasagna, sorrentinos, etc.

1.6.3.- CONSUMO DE PASTAS ALIMENTICIAS

La pasta es un alimento con una alta aceptabilidad a nivel mundial ya que es parte de los hábitos alimenticios de muchas poblaciones y es relativamente económica, de fácil preparación y almacenamiento.

El consumo per cápita de pastas alimenticias varía en todo el mundo (Tabla 6), Italia es, por lejos, el mayor consumidor y productor de pastas alimenticias del mundo. Su producción se focaliza en las pastas secas (95,7%) al igual que su consumo per cápita (91,2%), que alcanza la cifra de 26 Kg/ persona/ año. Le siguen en cantidad anual consumida per cápita Venezuela (13,2 Kg), Túnez (11,9 Kg), Grecia (10,6 Kg.), Suiza (9,2 Kg.) y Argentina ocupando el puesto 11° en cuanto al consumo de pastas. Ningún otro país del mundo consume más de 10 Kg anuales per cápita (UIFRA, 2014).

Tabla 6. Consumo per cápita de pastas en el mundo

Puesto	País	Kg. Per Cápita / Año
1°	Italia	26,0
2°	Venezuela	13,2
3°	Túnez	11,9
4°	Grecia	10,6
5°	Suiza	9,2
11°	Argentina	7,7

Fuente: International Pasta Organisation (IPO), (2012)

En Argentina, la pasta forma parte de su patrón alimentario, sirviéndose como plato principal de las más diversas maneras, de dos a tres veces por semana. La Unión de Industriales Fideeros de la República Argentina (UIFRA, 2014), destaca que las estadísticas mundiales ubican a la Argentina entre el puesto n°11 y n°10 del ranking mundial de consumo de pasta per cápita en los años 2012 y 2013. Esto se debe a que en el 2013 el consumo de pasta seca atravesó una mejora del 6,7%, al 8,27 Kg per-cápita anuales (incluyendo pastas secas y frescas). En la Tabla 7, se muestra la evolución del per-cápita argentino desde el 2010-2013, donde se aprecia un incremento interanual sensible de un 7,35 a un 8,27.

Tabla 7. Consumo de pasta seca en Argentina

Año	Consumo per cápita
2010	7,35
2011	7,13
2012	7,75
2013	8,27

Fuente: UIFRA con datos del Informe Mundial de la Industria de la Pasta (2010 – 2014), IPO, (2012)

1.6.4.- MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS

Las materias primas principales utilizadas en la elaboración de pasta son: agua, harina de trigo (algunas veces mezclada con sémola de trigo), huevo (si se desea mejorar la calidad nutricional y riqueza del producto) y sal si es necesario. Para su elaboración se distinguen tres productos de trigo duro (*Triticum durum*) o candeal (semolina, granulares de durum y harina de durum) donde las pastas que son elaboradas con este tipo de trigo son de mejor calidad debido a su alto contenido de proteínas (características del gluten) por su mayor dureza y el color amarillo claro brillante que brindan al producto (Hoseney, 1994; Bushuk, 1998; Troccoli et al., 2000).

El trigo de grano más duro (*Triticum durum*), que en Argentina se denomina candeal, se utiliza principalmente para la elaboración de pastas, los trigos duros producen una harina con mayor granulometría (sémola o semolina). Sin embargo, el trigo común o pan (*Triticum aestivum*) es el más ampliamente cultivado y produce harinas de calidad superior para elaborar productos leudados como pan, galletitas tipo “crackers”, masa para

pizza, pan dulce y otros productos que requieren una masa muy elástica y extensible; esta harina de trigo común puede ser utilizada para hacer pastas, pero éstas presentarán características de calidad culinaria inferiores respecto a las características que presentan las pastas producidas a partir de sémola como una menor resistencia a la sobre cocción. El trigo club (*Triticum compactum*) posee granos blandos, proporcionan harinas muy finas y con bajo contenido de proteínas por lo que produce harinas aptas para elaborar ciertos tipos de tortas y galletitas donde se necesita un gluten débil (León y Rosell, 2007).

En general, los principales factores involucrados en la calidad de la sémola de trigo candeal y en las cualidades reológicas de la masa son: el contenido de proteína en el grano, la fuerza, elasticidad del gluten y el color. La vitreosidad de los granos es también importante, la industria fideera prefiere los granos vítreos debido a su correlación positiva con el porcentaje de proteína, el rendimiento de sémola y la calidad de cocción (Roncallo et al., 2009). Mientras que la calidad del gluten, color de la sémola y cualidades reológicas de la masa están determinadas fundamentalmente por el genotipo, el contenido de proteína y la vitreosidad, resultan más afectadas por el ambiente (Tróccoli et al., 2000).

➤ **Harina de trigo:**

La harina de trigo debido a su composición química especialmente en la calidad proteica y su capacidad de formar gluten, tiene la habilidad de formar una masa cohesiva y tenaz que es capaz de retener gases y dar productos esponjosos, aireados y livianos después del proceso de cocción (León y Rosell, 2007).

Según el Capítulo IX del Código Alimentario Argentino (CAA) “Con la denominación de Harina, sin otro calificativo, se entiende el producto obtenido de la molienda del endosperma del grano de trigo que responda a las exigencias de éste. Las harinas tipificadas comercialmente con los calificativos: cuatro ceros (0000), tres ceros (000), dos ceros (00), cero (0), medio cero (medio 0), Harinilla de primera y Harinilla segunda, corresponderán a los productos que se obtienen de la molienda gradual y metódica del endosperma en cantidad de 70-80% del grano limpio.”

Los parámetros que definen la calidad de una harina dependen del tipo de producto que se quiera elaborar con la misma, en el caso de las pastas los criterios de calidad varían según la cultura; en occidente se buscan pastas brillantes, translúcidas y de color amarillo

que mantengan una buena textura luego de la cocción (al dente), en oriente se consumen los noodles que deben ser de color blanco o amarillo (dependiendo del tipo de noodle) de superficie lisa y de textura suave, blanda y elástica. Es por eso que los fabricantes de pastas adquieren dos o más clases de harinas, de procedencias distintas, para obtener productos de buena calidad, tales como:

- Sémolas de trigo candeal o semolín (T. durum)
- Harinas de trigo
- Harinas de trigo pan (T. aestivum)
- Mezclas de las harinas anteriores

➤ **Función del almidón en la harina de trigo y en pastas:** Los granos de cereales almacenan energía en forma de almidón, además de ser el carbohidrato principal en el trigo formando entre el 65-70% de la harina de trigo en forma de gránulos de diferentes tamaños dentro de los amiloplastos. El almidón actúa diluyendo el gluten y de este modo da consistencia a la masa, aporta una superficie para que el gluten se adhiera fuertemente y así evitar la pérdida de almidón. Además, disminuye el agua disponible durante la gelatinización, de este modo favorece la fijación de la película del gluten para que sea más rígido (Seguezzo, 2014).

El rol del almidón en las propiedades reológicas de la masa para la elaboración de las pastas, es muchas veces subestimado con respecto al rol del gluten. Sin embargo, las características de la superficie de los gránulos de almidón puede afectar el comportamiento viscoelástico de la masa, dado que éstas determinan el tipo de interacción proteína-almidón (De Noni y Pagani, 2010). De acuerdo Fu (2008), las pastas elaboradas con harinas que presentan un almidón con alta capacidad de hinchamiento resultan con una textura más blanda que aquellas elaboradas con almidones con baja capacidad de hinchamiento.

➤ **Importancia de las proteínas en la harina de trigo:** Las proteínas son cadenas de aminoácidos unidos mediante uniones peptídicas, moléculas de las que primordialmente depende la calidad de las pastas alimenticias. Osborne (1907), desarrolló una clasificación de las proteínas de acuerdo a su solubilidad, la cual consiste en una serie de extracciones consecutivas con: agua, solución salina diluida, solución de alcohol y

soluciones diluidas de ácidos o álcalis. Usando esta secuencia de separación, las proteínas se pueden clasificar en albúminas, globulinas, gliadinas y gluteninas, respectivamente. Las proteínas que se excluyen de las fracciones de Osborne por que no son extraídas con ninguno de los solventes utilizados, se las denomina gluteninas insolubles (Chen y Bushuk, 1970).

De acuerdo a la influencia de cada fracción proteica en la funcionalidad de la masa y, consecuentemente, en la calidad de las pastas, las proteínas de trigo se clasifican según su solubilidad en cuatro fracciones: albúminas, proteínas solubles en agua; globulinas, solubles en soluciones salinas diluidas; gliadinas, solubles en alcohol; y gluteninas, solubles en soluciones ácidas o básicas diluidas (Osborne, 1907). Las proteínas formadoras de gluten (gliadinas y gluteninas) se denominan también proteínas de almacenamiento, representan entre un 80-85% del total de las proteínas del trigo y sirven como fuente de nitrógeno durante la germinación de la semilla (Kasarda et al., 1976). Se encuentran en el endospermo del grano de trigo maduro donde forman una matriz continua alrededor de los gránulos de almidón. Las proteínas del gluten pueden ser divididas en dos grupos de acuerdo a su funcionalidad: las gliadinas monoméricas y las gluteninas poliméricas (extraíbles o no extraíbles), pero actualmente existen gluteninas que no son solubles en condiciones ácidas o básicas, denominadas proteínas directamente insolubles que forman el macropolímero de glutelina (Shewry et al., 1992).

Se considera en general que las gliadinas (monocatenarias) son las responsables de la viscosidad del gluten, mientras que las gluteninas (policatenarias) son las encargadas de conferirle fuerza y elasticidad al gluten (Hoseney, 1994a).

Aquellas proteínas que no forman gluten (Albúminas y Globulinas del fraccionamiento de Osborne) corresponden un 20-25% del total de las proteínas y se encuentran la mayoría de las enzimas como proteasas y amilasas. Las albúminas y globulinas son proteínas monoméricas metabólicamente activas o estructurales que se concentran en el germen, salvado y en las células de la capa de aleurona, y en menor proporción en el endospermo (León y Rosell, 2007).

Las proteínas cumplen un rol fundamental en la calidad tecnológica de las pastas alimenticias donde un correcto rango del contenido de proteínas es importante para las

características de textura y fortaleza del retículo en el proceso de secado. Altas concentraciones de proteínas (10-14%) en la harina de trigo, con capacidad de formar una fuerte red de gluten, produce pastas de textura elástica y chiclosa. Por el contrario harinas con muy baja concentración de proteínas originan pastas con pobre tolerancia a la cocción y se vuelven blandas y pegajosas.

➤ **Gluten:** Consiste en una red tridimensional de proteínas entrelazadas, con una estructura continua y compacta, la cual se mantiene unida mediante uniones covalentes, puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas (Vernière y Feillet, 1999). El gluten es el responsable de la viscoelasticidad de la masa, se ha demostrado que existe una correlación positiva entre el contenido de proteínas de una harina y la calidad de las pastas, aunque no solo la cantidad total sino también el tipo de proteínas (que depende de la variedad de trigo) es determinante en la calidad de la pasta ya que se necesitan proteínas que formen un gluten muy tenaz y una masa con baja extensibilidad (Hoseney, 1994b). La conformación de la red de gluten necesita que estos cuerpos proteicos se rompan gracias a la hidratación de la harina que provoca el hinchamiento e hidratación de estas proteínas debilitando así las uniones que las mantienen inicialmente adheridas. Las propiedades de la harina de trigo para formar una masa cohesiva que puede ser horneada para producir pan o hervida para formar pastas son derivadas de las proteínas presentes en el gluten. Las propiedades reológicas de la masa son gobernadas por la estructura del gluten y las interacciones que se establecen entre las proteínas que lo componen, particularmente entre los polímeros de gluteninas unidos por enlaces disulfuro (Lindsay y Skerritt, 1999).

➤ **Lípidos:** están localizados mayormente en el germen y en el salvado del grano de trigo dentro de los cuales se encuentran, ácidos grasos, glicéridos simples, galactoglicéridos, fosfoglicéridos, esteroides, esfingolípidos, dioles, tocoferoles, carotenoides e hidrocarburos.

Los lípidos de la harina de trigo se pueden encontrar libres o unidos a algún constituyente de la harina, principalmente almidón y proteínas. Los lípidos asociados al almidón comprenden en gran parte liso-fosfolípidos que forman complejos de inclusión con la amilosa durante la gelatinización del almidón, sin embargo estos complejos también se encuentran en el almidón nativo del cereal (Morrison et al., 1993). Esta

fracción de lípidos se encuentra dentro de los gránulos de almidón y solo queda disponible cuando se alcanzan las condiciones de gelatinización durante la cocción.

En la Tabla 8 se muestra la distribución de los lípidos en el grano de trigo que se encuentran en mayor proporción que son lípidos del tipo acil no polares como los triglicéridos que comprenden el ácido palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico.

Tabla 8. Distribución de los lípidos en el grano de trigo

Ácidos grasos		%Mínimo	%Máximo
C14	(Ac. Mirístico)	Trazas	0,1
C16	(Ac. Palmítico)	16,2	19,0
C16:1 omega-7	(Ac. Palmítico-oleico)	Trazas	0,2
C18	(Ac. Esteárico)	0,7	1,4
C18:1 omega-9	(Ac. Oleico)	19,2	20,4
C18:2 omega-6	(Ac. Linoleico)	52,0	53,0
C18:3 omega-3	(Ac. α -Linolénico)	3,7	5,8
C20	(Ac. Araquidónico)	0,1	0,2
C20:1 omega-9	(Ac. Gadoleico)	0,7	1,1

Fuente: Sissons et al. (2012)

Durante el desarrollo de la masa, los lípidos que se encuentran libres se asocian a las proteínas del gluten mediante interacciones específicas y modifican las propiedades reológicas de la masa. En particular, los lípidos polares (especialmente los glicolípidos) pueden promover tanto interacciones hidrofóbicas como hidrofílicas entre el gluten y el almidón (Matsuo et al., 1986). Estas interacciones pueden mejorar la calidad de las pastas cocidas, favoreciendo la estabilidad tanto de la red de proteínas como del almidón (De Noni y Pagani, 2010).

➤ **Enzimas:** las enzimas se destacan, por su importancia funcional, entre las proteínas presentes en el grano de trigo. Todas las reacciones que conforman el metabolismo de los vegetales son catalizadas por este tipo de proteínas. En el grano intacto, seco y no germinado la actividad enzimática total es muy baja, pero cambia drásticamente cuando comienza la germinación. Las enzimas que han recibido mayor atención son las que digieren el almidón. Las principales enzimas hidrolíticas que actúan sobre los hidratos de carbono presentes en los cereales son α y β -amilasas, enzimas desramificantes, celulasas, β -glucosidasas y glucosidasas (Gómez Pallarés et al., 2007).

A pesar que la harina contiene sólo pequeñas cantidades de enzimas, su presencia puede afectar la calidad de la pasta. Cantidades excesivas de α -amilasa facilitan la rotura de la estructura de la pasta. Asimismo, la polifenoloxidasas también afecta la calidad de las pastas blanqueando los pigmentos amarillos de caroteno (Hoseney, 1994a).

En el trigo existen muchas enzimas activas, solo se mencionan las enzimas que según Sequezzo (2014), tienen aspectos cualitativos en las pastas.

Oxidasas

Lipoxigenasas (LOX) caroteno - oxidasas: oxidan ácidos grasos poliinsaturados liberando ácido linoleico y α -linolénico, por lo que también poseen efectos sobre la rancidez, pero a bajas concentraciones (en la harina y en las pastas) la pérdida de pigmento tiene un interés tecnológico, nutricional y comercial ya que durante el procesamiento existe la peroxidación de los lípidos insaturados por la acción de las LOX produciendo el blanqueo enzimático de los carotenos dándole ese típico color blanco a la harina (el color es un carácter de calidad de gran importancia en el trigo candeal). La molienda del grano de trigo y durante la elaboración de las pastas son las etapas en las que existe una mayor pérdida de pigmentos, por lo que puede ser relevante escoger cultivares con bajo nivel de LOX para la calidad de las pastas ya que el color amarillo característico en los fideos es muy apreciado por los consumidores.

Peroxidasas (POD): Está relacionada con el color marrón de los productos. La actividad de los POD es mayor en la sémola que en las pastas y se disminuye durante el secado a altas temperaturas. El color amarillo brillante, requerido en los granos y productos de pasta, es el resultado de la presencia de pigmentos carotenoides del tipo xantofilas y compuestos flavonoides (Lepage y Sims, 1968; Miskelly, 1984) y su degradación por enzimas oxidativas (amarronamiento), como lipoxigenasas (LOX), peroxidasas (POD) y polifenol oxidasas (PPO) (Laignelet et al., 1972). Los pigmentos carotenoides cumplen una función antioxidante reduciendo el daño oxidativo en membranas biológicas por sustracción de radicales peróxido.

Amilasas: La cantidad de amilasa también depende del estado fisiológico de la semilla, las semillas que están más próximas a la cosecha, tienen mayor proporción de amilasas ya que su función en el gránulo del almidón es degradar al almidón para que pueda ser usado durante la germinación, por lo tanto, mientras más maduro esté el grano,

mayor proporción de amilasas hay. La actividad amilásica depende de la variedad del grano y del ambiente. La α -amilasa acciona sobre los gránulos de almidón dañado o gelatinizado lo que hidrolizan uniones α -1-4 de la molécula del almidón al azar desde su extremo reductor, liberando maltosa y dextrinas. La β -amilasa, por el contrario, no es capaz de hidrolizar el gránulo de almidón sin la acción previa de la α -amilasa. Las amilasas se encuentran en el pericarpio y capa de aleuronas de los granos, la producción de hidratos de carbono solubles favorece la reacción de Maillard (Sequezzo, 2014).

Proteasas: su actividad consiste en la desagregación de las grandes moléculas de proteína lo que hace que aumente su solubilidad. Además modifican la viscosidad y elasticidad de las proteínas formadoras de gluten. En pastas ocurre una correlación negativa en cuanto a la actividad proteolítica y la calidad de cocción de las pastas debido a que si existen proteasas que proceden de un grano brotado, pueden interferir negativamente la red de gluten durante el amasado, pero si las proteasas proceden de un grano sano no tienen efecto (Sequezzo, 2014).

➤ **El agua:** El agua es el reactivo en la elaboración de las pastas alimenticias, se necesita para el amasado (disolución de ingredientes hidrosolubles) y para la formación del gluten a través del agregado de energía mecánica (Sequezzo, 2014), brinda un efecto significativo sobre la calidad del producto final. El agua debe ser de excelente potabilidad (temperatura adecuada para que la harina se hinche y forme una masa de buena consistencia y no así una masa dura, harinosa o pegajosa) de salinidad controlada (dureza baja a media). El nivel de absorción de agua para la elaboración de las pastas está alrededor del 30-38%, basado en el peso de la harina (Fu, 2008).

➤ **Otros ingredientes:** ingredientes opcionales a fin de enriquecer la pasta como: Huevo (aporta consistencia y mejora el valor nutricional), verduras (aportan color y enriquecen el producto), suplementos proteínicos (soja, leche en polvo, gluten de trigo), suplementos de vitaminas y minerales (Fe, vitaminas del grupo B), colorantes, estabilizantes, emulsionantes, anti fermentos, etc.

➤ **Sal:** Es considerada como el primer mejorador de la masa, siendo su principal característica potenciar el sabor. También tiene la característica de facilitar y aumentar la velocidad de gelatinización en los almidones, ya que este no tiene grupos ionizables como

otros polímeros, y por lo tanto es relativamente insensible a las sales y a cambios de pH (Badui, 1984). Actúa principalmente sobre la formación del gluten y mejorar las propiedades viscoelásticas (Dexter et al., 1979), ya que la gliadina tiene menor solubilidad en el agua con sal y además tiene un efecto inhibitorio sobre las enzimas proteolíticas y su interacción más directa de la sal con las proteínas de la harina dando lugar a la formación de una mayor cantidad de gluten (Fu, 2008). La sal influye también en la duración y estado de conservación del producto, debido a su capacidad para absorber agua.

1.6.5.- PROCESO DE ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE PASTA LARGA

La conversión de la sémola o harina de trigo durum en una pasta definida y textura requerida, se logra a través de los procesos de humectación, mezclado/amasado y extrusión formando una red proteica que encapsula los gránulos de almidón y esta estructura se moldea en una sola forma con un mínimo de grietas e imperfecciones (Kill y Turnbull, 2001).

En la Figura 5 se muestra el diagrama de proceso industrial de pastas larga.

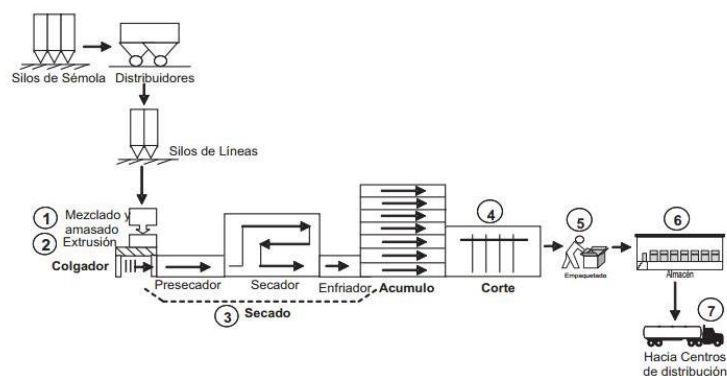


Figura 5. Diagrama de proceso de elaboración de pastas laminadas

Fuente: Meleán, (2004)

1.6.5.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACION DE PASTAS LAMINADAS

Aunque en muchos lugares de Italia la pasta se sigue elaborando en su forma artesanal (pastas frescas), el procedimiento habitual es el industrial (pastas secas).

La sémola o harina de trigo es transportada desde silos de almacenamientos hasta los silos de línea para luego ser transportada (sistemas neumáticos) por un tamiz de control a las líneas de producción donde se reciben, almacenan temporalmente y pesan las materias primas hasta su utilización. Según Meleán y Nava (2007); De Noni y Pagani (2010) las fases son:

➤ **Mezclado y Amasado de los Ingredientes:** en esta operación se realiza la mezcla de los ingredientes los cuales se adicionan poco a poco mientras se amasa y agita la masa (para procesos a pequeña escala), en el cual interviene un equipo con paletas rotando a alta velocidad y unas toberas de inyección de agua en forma de rocío, lo que da un área de contacto agua/harina bastante grande hasta que la masa llegue a una humedad de 30% aproximadamente, el amasado se realiza por corto tiempo por lo tanto, el desarrollo del gluten es solo parcial en esta fase. Cuando la sémola o harina se pone en contacto con el agua el almidón y la proteína se hidratan dando lugar a la formación de una red de gluten. El amasado de la pasta hace más íntima la unión entre los ingredientes de la masa, volviéndola más homogénea. El tiempo de proceso debe realizarse dentro de los 10 a 15 minutos, para que la masa se mantenga suave, elástica, lisa y sin asperezas, evitando de esta forma, que al ser moldeada presente estrías, quebraduras e irregularidades de mal efecto a la vista.

➤ **Descanso:** Este tiempo permite que se acelere la futura hidratación de las partículas de harina y que se redistribuya el agua en el sistema. El tiempo de descanso también favorece la relajación de la estructura del gluten facilitando su formación durante el laminado (Fu, 2008).

➤ **Extruido/Prensado, Laminado y corte:**

Es durante el proceso de laminado y extruido que la matriz del gluten se vuelve continua. El desarrollo de una matriz uniforme de gluten con un buen balance de elasticidad y tenacidad es muy crítico para asegurar buenas propiedades de procesamiento y la buena calidad del producto terminado (Calvelo, 2008). Para este proceso se deja caer la masa por la tolva y a la salida de los cilindros la masa estará refinada y se recoge para ser llevada a la moldeadora para que se lleve a cabo el laminado. En el caso del laminado un buen nivel de extensibilidad de la masa asegura que la lámina no va a encogerse durante las sucesivas pasadas por los rodillos de la laminadora (Fu, 2008).

La masa ya laminada o extruida con la forma requerida, se coloca sobre unas mesas de superficie plana, cortándose cada lámina con moldes. A continuación se cuelgan las pastas moldeadas en unos carros secadores. En general se acepta que la pasta cocida obtenida por laminado tiene una calidad mejor que los productos extruidos. La red de gluten alcanza mayor desarrollo por el laminado que por la extrusión (Matsuo et al., 1978; Dexter et al., 1979).

➤ **Pre secado/secado-enfriamiento:** las pastas ya formadas y cortadas, son sometidas a un pre secado con el fin de evitar que se deformen, peguen entre sí y poder reducir la humedad inicial de la pasta desde 32 - 38% p/p a menos de 28%. En esta etapa se fundamenta la estructura de la pasta y se la realiza con el fin de eliminar el exceso de humedad de la pasta y evitar que sufran un sobre estiramiento (Calvelo, 2008). Consiste en hacer pasar una o varias corrientes de aire caliente entre 45 y 75 °C (dependiendo del tiempo de secado y tipo de pasta), la duración del proceso se calcula por el contenido de lisina. Es necesario controlar el secado de la pasta para evitar micro fisuras, se presenta este fenómeno cuando hay un porcentaje de humedad en el centro y otro en la superficie de la pasta, dada la compleja dinámica de la transmisión de calor, la superficie tiende a secarse más rápido que la interna, por tal motivo es que se realiza un secado previo. Es común humidificar con inyección de vapor para eliminar tensiones en los fideos.

Se puede decir que la pasta puede encontrarse en dos estados: plástico o elástico. Se dice que está en estado plástico, cuando la pasta sale del extrusor o de la laminadora. La pasta en estado plástico se deforma por la acción del disco del extrusor o de la laminadora, manteniendo la forma adquirida aún después que ha cesado la fuerza a la que fue sometida. En este estado plástico, la pasta puede soportar un intenso secado sin sufrir tensiones internas que puedan ocasionarle daño, pudiendo aun mantener la deformación dada por el disco del extrusor o los rodillos cortantes, a pesar de la contracción que sufre debido a la extracción de agua (Professional Pasta, L1N11P058).

A la fase de pre-secado le sigue una primera fase de secado, a una humedad y temperatura relativamente alta (por ejemplo 75-85% HR, 30-40 °C) con períodos de mínima circulación de aire para darle tiempo a la difusión del agua desde el interior hacia la superficie de la pasta. En la segunda fase de secado, se aplica temperaturas más altas y aire seco (por ejemplo 40-50 °C, 55-60% HR) para completar la etapa de secado. La

velocidad de la etapa de secado es inevitablemente menor que la de pre-secado, debido a que la estructura del producto se ha vuelto más rígida, su capilaridad ha disminuido, y por ende la migración de las partículas remanentes de agua desde el interior hacia el exterior es más lenta. El secado toma aproximadamente 6-8 veces más que el tiempo requerido por el pre-secado (Professional Pasta, L1N11P058). En la etapa del segundo secado la pasta baja su humedad de 18-28% (obtenido en el pre-secado) a 12-12,5%. En la fase final, el producto es gradualmente enfriado, mientras que se continúa secando, el enfriamiento se realiza hasta temperatura ambiente en silos de reposo y se cortan al tamaño deseado. El principal problema aquí es bajar lentamente la temperatura para evitar tensiones internas de la pasta (Calvelo, 2008).

Un secado inadecuado puede dañar la estructura de la pasta, causando sobreelongación, grietas, deformación y división de las hebras, generando en consecuencia problemas en la manipulación y el envasado, así como las propiedades de cocción y de textura también pueden ser severamente afectadas. Si se seca demasiado rápido, se crea una gran diferencia de humedad entre la superficie y el núcleo de los fideos. Al perder la humedad, la pasta se encoge y la superficie seca tiende a contraerse sobre el núcleo húmedo, mientras que la superficie de la pasta se encuentra bajo tensión, el centro va a estar bajo compresión, pudiendo ocasionar una deformación permanente de la hebra de pasta al liberar esa tensión (Fu, 2008).

➤ **Envasado o Empaque:** se empaqueta el producto en bolsas de celofán o de plástico, se pesan y se sellan.

1.6.6.- COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS

Fundamentalmente las pastas alimenticias se componen de hidratos de carbono y de una pequeña cantidad de grasa y minerales, como: hierro, calcio, fósforo, magnesio, cinc, cobre, manganeso, potasio y sodio (Dendy y Dobraszczyk, 2004), además es un producto de consumo masivo, considerado un alimento funcional por su bajo aporte de grasa y sodio y baja respuesta glicémica (Jenkins et al., 1987, Araya et al., 2003). El consumo de pastas lleva a una moderada respuesta de glucosa e insulina, debido a una absorción intestinal incompleta del almidón (Jenkins et al., 1981; Granfeldt y Björck, 1991; Björck et al., 1994; Kim et al., 2008; Singh et al., 2010), razón por la cual la pasta

es clasificada como una fuente de carbohidratos de lenta liberación (Mourot et al., 1988; Colonna et al., 1990; Granfeldt y Björck, 1991; Björck et al., 1994). La pasta de trigo es un alimento nutricionalmente no balanceado, debido a su escaso contenido de grasa y fibra dietética, y al bajo valor biológico de su proteína, originado por las deficiencias de lisina (Antognelli, 1980) por lo que el valor nutricional de la pasta depende de la composición de la harina, de las materias primas empleadas y si son enriquecidas o fortificadas con alguna sustancia. En la Tabla 9 se observa el contenido de nutrientes de dos tipos de pastas (Kill, 2004).

Tabla 9. Composición química de pastas

Componente	Pastas sin huevo	Pastas al huevo
Calorías (Kcal)	342	362
Carbohidratos (g)	74	70
Proteína (g)	12	12,3
Grasa (g)	1,8	2,8
Fibra (g)	2,9	3,4
Fósforo (mg)	190	191
Potasio (mg)	250	164
Vitamina B1 (mg)	0,22	0,17
Vitamina B2 (mg)	0,03	0,07

Fuente: Kill (2004)

Se puede observar que la pasta al ser un alimento elaborado a base de harina de trigo, su contenido en carbohidratos es prominente. Ya que cada 100 g de pasta contiene aproximadamente entre 70 y 75 g de hidratos de carbono dependiendo si son o no enriquecidas o de sus componentes, que proporcionarían aproximadamente entre unos 340 y 365 Kcal, representando alrededor de un 15 % los requerimientos de una persona para desarrollar una actividad normal. Los hidratos de carbono que contiene la pasta se encuentran mayoritariamente en forma de carbohidratos complejos que permiten una digestión fácil y lenta. El de mayor importancia es el almidón, lo que le otorga a la pasta propiedades funcionales como es la de aportar unos niveles estables de glucosa en sangre, por lo que es importante para aquellas personas con deficiencia de insulina, una disminución de los niveles de colesterol en sangre y una estabilización del funcionamiento normal de la tiroides (Martínez y García, 2001).

En cuanto a las grasas su aporte es muy bajo, (100 gramos de pasta contienen entre

1,8 y 2,8 g de grasa) dependiendo si es una pasta con o sin huevo. La adición de huevo a las formulaciones de pasta fresca hace que el valor nutricional de la pasta aumente, gracias a las características composicionales que aporta. Además, en cuanto a las características visuales, le da un color más amarillento a las formulaciones de pasta fresca. Otra característica que le da el huevo es que le aporta una textura más fuerte (Hager et al., 2013).

En cuanto al contenido proteico, cada 100 g de pasta contiene aproximadamente 12 g de proteína, siendo las gluteninas y las gliadinas, las responsables de conferir viscoelasticidad a las masas que se forman durante el amasado (red de gluten), pero a la vez las pastas carecen de un aminoácido esencial llamado lisina. El contenido y la calidad de proteínas es un parámetro muy importante ya que dicha red rodea al almidón, formando una estructura fuerte resistente a la cocción de la pasta (Dendy y Dobraszczyk, 2004).

La contribución de las vitaminas (B1 y B2) y minerales (Fósforo y Potasio) es generalmente bajo, a no ser en el caso de que la pasta haya sido añadida. La pasta también aporta algún contenido de fibra vegetal, entre un 2,9 y 3,4 g (pastas integrales mayor contenido), ayudando a mejorar el funcionamiento gastrointestinal y a metabolizar el colesterol y los triglicéridos.

Por lo que en síntesis se puede decir que la pasta es un alimento básico pero no completo (bajo en proteínas y grasas), por lo que es necesario acompañarla con otros alimentos ricos en proteína y aceites esenciales. Como se puede ver en la Tabla 8, las formulaciones de pasta fresca con huevo hacen que el valor nutricional de la pasta aumente, además de aportarle color más amarillento y textura. Los procesos que afectan de manera significativa en el valor nutritivo de los productos son la molienda, la preparación de la masa y la cocción (Sequezzo, 2014).

1.6.7.- CAMBIOS ESTRUCTURALES DURANTE LA ELABORACIÓN DE PASTAS

El comportamiento reológico de las masas como la viscosidad, la elasticidad y la fuerza tensil son factores determinantes del comportamiento de las masas. Las propiedades reológicas de las masas son de particular importancia por muchas razones (Feldman et al., 2001). La fortaleza de los fideos es un criterio de calidad muy importante

que puede afectar el procesamiento, envasado, almacenamiento, manipulación y posiblemente la reacción del consumidor. Es importante desarrollar técnicas instrumentales, tales como aquellas basadas en pruebas de torsión y tensión. Estas técnicas son efectivas para determinar propiedades físicas fundamentales (De Hombre y Castro, 2003).

Es importante también estudiar las propiedades viscoelásticas y funcionales a través de procesos térmicos e identificar las proteínas. Las transiciones de fase provocan cambios en las propiedades físicas de los alimentos, el conocimiento de las temperaturas de transición vítrea relacionado con las propiedades mecánicas (resistencia, dureza, fragilidad, elongación dentro un rango de temperaturas en el cual puede trabajar) y otras propiedades viscoelásticas son importantes en el control de los procesos de elaboración, almacenamiento y manipulación de alimentos, y para predecir las propiedades del producto, la calidad resultante y la estabilidad del alimento (Henriquez y Castro, 2002).

1.6.7.1.- DESARROLLO DE VISCOELASTICIDAD DURANTE EL AMASADO

Las proteínas que integran el gluten se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endospermo del grano, que forman una estructura compacta y entrecruzada que se estabiliza mediante puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas, durante el amasado se produce una hidratación y ruptura o despolimerización de estos cuerpos proteicos formando así una red tridimensional continua en la cual se encuentra embebido el almidón. Las interacciones de tipo covalentes y no covalentes entre los polipéptidos más grandes que forman la masa para la elaboración de pastas producen una matriz poca elástica y tenaz (Dexter y Matsuo, 1977; 1979a). Luego del amasado, a pesar que las partículas de harina se encuentran suficientemente hidratadas, el desarrollo de la red de gluten no es completo y solo es localizado y discontinuo. La red de proteínas completa su formación durante el laminado, ya que sólo en esta etapa se aporta la cantidad de energía necesaria para el desarrollo de la masa (Abecassis et al., 1994).

1.6.7.2.- CONFORMACIÓN DE LA RED PROTEICA EN PASTAS

Las pastas alimenticias deben ser firmes, elásticas, sin superficie pegajosa y sin pérdidas en el agua de cocción. Sus materias primas principales son el gluten y el almidón, debido a que para la formación de la masa para elaborar pastas se utiliza menos agua, la

red de gluten no se alcanza a desarrollar completamente como en el caso de la masa de pan; la masa de las pastas tiene una baja cantidad de agua, ya que solo se quiere una masa cohesiva. La continuidad y fuerza de la red proteica, está relacionada a la textura del producto final, por lo tanto, es de suma importancia para la elaboración de las pastas tanto la cantidad como la calidad de proteínas formadoras de gluten identificadas según Osborne (1907), ya que harinas con altas concentraciones de proteínas, capaces de formar una red de gluten fuerte, producen pastas de buena calidad de textura chiclosa y elástica; en cambio harinas con baja concentración de proteínas, producen pastas con baja tolerancia a la cocción y son blandas y pegajosas (De Noni y Pagani, 2010).

Para la elaboración de pastas alimenticias, la masa requiere de cierta cantidad de agua (aprox. 30%) y energía necesaria para que se forme una estructura proteica la cual puede variar y transformarse las veces que se quiera, siempre y cuando la proteína no este coagulada por temperaturas más elevadas. Para evaluar la calidad del trigo destinado a la elaboración de las pastas, deben considerarse otros parámetros como la relación glutenina/gliadina, la presencia de fracciones proteicas específicas, la hidrofobicidad superficial y las propiedades funcionales del gluten y de la masa. El retículo proteico se lleva a cabo en el momento en el que se forma un mínimo de masa, dando lugar a una descomposición de las proteínas de la harina, en la etapa final del extrusado donde ya se encuentra constituida la red proteica, alrededor del almidón, existe una notable disminución de los grupos sulfhidrilo libres volviendo a polimerizar la red de gluten (Dexter y Matsuo 1977; 1979a). Una vez laminado o extrudado el fideo presenta una superficie de aspecto liso, los gránulos de almidón recubiertos por las proteínas forman una red continua con pocas aberturas la cual se reafirma durante el proceso de secado debido a la desnaturalización, polimerización y agregación de las proteínas (Feillet et al., 1989). Para obtener una pasta de buena calidad es preferible que la red proteica tenga una estructura compacta, para que el agua penetre primero a través de las proteínas y después llegar a los gránulos de almidón para que se produzca una gelatinización más controlada, caso contrario la amilopectina migrará a la superficie de la pasta produciendo pegajosidad y disminuyendo la calidad de la pasta. La red de gluten será más desarrollada o tendrá una mejor calidad de cocción por el método de laminación que por extrusión (Abecassis, 1994).

Lo que se quiere es un producto menos pegajoso, con mejores propiedades de

laminado y extrusión, con menores residuos en el agua de cocción y mejores propiedades de textura en el producto cocido (firmeza, masticabilidad, pegajosidad, resistencia a la sobre cocción).

1.6.7.3.- CAMBIOS QUE SE MANIFIESTAN EN EL PROCESO DE COCCIÓN DE PASTAS

Como la pasta tiene un sistema de humedad limitado, durante la cocción existe una competencia entre el almidón y las proteínas por el agua. Las proteínas necesitan agua para coagular para de este modo producir una red viscoelástica, al tiempo que el almidón, absorbe agua, se hincha, gelatiniza y tiende a solubilizarse. Existe una competencia física durante la cocción de las pastas debido a que las proteínas (unidas por puentes disulfuro) se desnaturalizan aproximadamente al mismo rango de temperaturas que cuando el almidón comienza a hincharse. Como se dijo anteriormente, cuando las interacciones entre las proteínas de la red continua prevalecen, el material almidonoso, al absorber agua lentamente, queda atrapado dentro de la red (resistencia a la tensión de las partículas) y la pasta cocida queda firme, evitando pegajosidad sobre la superficie y los consecuentes agrupamientos. Caso contrario, cuando la red de proteínas no es lo suficientemente fuerte ni elástica, el almidón se hincha y gelatiniza antes que las proteínas se coagulen, lo que provoca que la amilosa lixivie principalmente hacia el agua de cocción, dejando a la amilopectina sobre la superficie de la pasta, dando como resultado una pasta de mala calidad con una textura blanda y pegajosa (De Noni y Pagani, 2010).

Se han reconocido tres regiones concéntricas por causa de los sucesivos estados, durante el proceso de gelatinización, que atraviesan los gránulos de almidón en la estructura interna de una hebra de pasta cocida. La región externa forma una red abierta y filamentosa debido a que en esa área el almidón se encuentra totalmente gelatinizado, la región consecutiva a esta no se encuentra gelatinizada y finalmente se encuentra un núcleo íntegro debido a que el agua de cocción no accedió hasta esa zona (Dexter et al., 1979). Con esto se puede decir que mientras mejor es el retículo proteico, más controlada es la gelatinización del almidón, ya que al ser el retículo más cerrado, es más difícil la disociación del agua, entonces así se evita la pérdida de almidón (amilosa) durante la gelatinización, ya que una óptima polimerización de las proteínas durante el procesamiento y/o cocción de las pastas es fundamental para la obtención de pastas de calidad ya que las proteínas son más propensas a seguir el hinchamiento del almidón. Es

necesario saber a su vez que una polimerización desmesurada de las proteínas durante el procesamiento, especialmente durante estrictas condiciones de secado, es perjudicial para la calidad de la pasta cocida ya que las proteínas pierden elasticidad para poder limitar el hinchamiento del almidón durante la cocción, provocando mayores pérdidas en el agua de cocción y pastas más pegajosas (Brunnel et al., 2010). La gelatinización del almidón y la coagulación de las proteínas son los principales cambios estructurales que se manifiestan durante la cocción de las pastas (Petitot et al., 2009). Lo que se concluye que, la relación entre agua-pasta, el tiempo de cocción y la calidad de agua de cocción son factores claves durante la cocción de las pastas. El volumen recomendable del agua de cocción es 10 a 20 veces el peso de la pasta cruda húmeda, caso contrario ésta demorará más en volver a alcanzar el punto de ebullición, quedando las hebras demasiado juntas, por falta de movimiento relativo adecuado, obteniéndose pastas con superficie rugosa y uniformidad escasa en la cocción de las pastas. Por el contrario, un excesivo volumen o calentamiento del agua de cocción puede dañar la superficie de las pastas debido a una intensa fricción entre sus hebras. El agua debe estar en un estado de ebullición leve durante todo el tiempo de cocción; el cual va depender del tamaño y el tipo de pasta (Fu, 2008).

1.6.8.- PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS

Dentro de los parámetros considerados de mayor relevancia para determinar la calidad de la pasta se encuentran aquellos aspectos visuales tales como el color, aspecto, que engloba el agrietamiento y decoloración en el caso de la pasta deshidratada, y aspectos texturales, como la pegajosidad, la adhesividad, la firmeza, la cohesividad y la elasticidad de la pasta (Callejo, 2002).

- **Color:** es uno de los parámetros que los consumidores más consideran a la hora de comprar una pasta. El color depende en su mayoría de las características del trigo (pigmentos carotenoides-embrión) utilizado en la elaboración de la pasta. El más óptimo es el color amarillo y sus tonalidades. Una tonalidad marrón en el producto, es despreciado debido a su origen podría deberse a las reacciones enzimáticas (peroxidasa y polifenoloxidasas) producidas durante la molienda de la sémola. De estas dos reacciones se obtienen compuestos oxidados como las quinonas, que son responsables de la desvalorización de las pastas.

- **Aspecto global:** igualmente influye en gran medida en la aceptación del consumidor. El agrietamiento manchas o rayas, defectos que se dan en la pasta seca, pueden acabar rompiéndola. Esto se debe a unas condiciones inadecuadas de secado donde la humedad superficial se evapora rápidamente endureciendo la superficie de la pasta y cuando llega al centro la hebra es incapaz de ejercer resistencia a la tensión y emergen las grietas. También podrían aparecer debido a un mal almacenaje tras el empaquetado debido a la inestabilidad de la humedad ambiente. Otro defecto es la decoloración, debido a una hidratación no homogénea de la masa durante la etapa de amasado apareciendo consecuentemente manchas blancas.
- **Textura:** la calidad de cocción de la pasta incluye a la **firmeza:** que es el grado de resistencia a la primera mordida o la fuerza necesaria para penetrar la pasta con los dientes, la **cohesividad:** indica la fuerza de las uniones internas que mantiene la estructura de la pasta, tras la cocción es fácil detectar una pasta en mal estado o si se ha sido producido de manera incorrecta debido a la descomposición que presenta tras la cocción, la **elasticidad:** muestra la capacidad de la pasta deformada para recuperar su aspecto inicial, la **pegajosidad:** representa la fuerza con la que la superficie de la pasta, una vez cocinada, se adhiere a otros materiales.

Por lo que se espera tras estos conceptos que una pasta final cumpla con: Una textura de superficie lisa, ausencia de grietas y manchas, coloración y firmeza adecuada, ausencia de pegajosidad, escasa pérdida de materia durante la cocción, buen hinchamiento, aroma y gusto característicos.

1.6.9.- PASTAS Y ALIMENTOS FUNCIONALES

Como definición de trabajo, un alimento puede decirse que es funcional si contiene un componente (sea o no un nutriente) que beneficia una o más funciones específicas en el cuerpo en una manera objetiva tal que resulte relevante ya sea al estado de bienestar y salud o a la reducción del riesgo de alguna enfermedad (Bellisle et al., 1998), o si tiene algún efecto en la capacidad física y el estado mental de una persona, más allá del efecto nutricional tradicional que pueda brindar el alimento (Clydesdale, 1997). Los conceptos de "alimento funcional" y "alimento saludable" son términos relativamente nuevos para la cultura occidental. Sin embargo, desde 1000 a.C. se

reconoce el papel de los alimentos en la prevención y tratamiento de muchas dolencias. Este término fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos para uso específico de salud" ("Foods for specified health use" o FOSHU) (Saito, 2007). Se define que los alimentos deben tener tres funciones: la primera es "nutricional", esencial para la supervivencia del individuo. La segunda es una función "sensorial", esto es que su consumo produzca una sensación placentera a partir de su sabor, olor, textura, entre otras. La tercera es una función "fisiológica" con lo cual el alimento debe producir un efecto favorable en la nutrición, el biorritmo, el sistema nervioso, en la capacidad de defensa corporal, entre otras, de quien lo consume. En el concepto japonés, los alimentos funcionales deberían enmarcarse precisamente en esta última función (Yamada et al., 2008). Se trata de una nueva categorización de algunos alimentos que comprobadamente a través de estudios clínicos y epidemiológicos han demostrado un efecto positivo en la prevención de algunas enfermedades específicas. Estos productos deben pasar por una estricta selección y son sometidos constantemente a una evaluación de sus efectos (Durán y Valenzuela, 2010).

Los requerimientos de consumo dentro de la producción de alimentos durante la última década han cambiado considerablemente y se observa una clara preocupación en la sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Por lo que los alimentos no son más destinados sólo para satisfacer el hambre y proporcionar nutrientes, sino sobre todo para prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición y para mejorar el bienestar físico y mental. En este marco, los alimentos funcionales representan una de las zonas más interesantes de la investigación y la innovación en la industria alimentaria. Los cereales y otro tipos de semillas pueden ser considerados fuentes importantes de ingredientes funcionales ya que contienen, especialmente en las capas externas de granos, sustancias (es decir, polifenoles, antioxidantes) con actividades de protección relacionados con la reducción en la incidencia de enfermedades coronarias, diabetes y el cáncer (Hemery et al., 2007). La mayoría de compuestos bioactivos están vinculados a la fibra y están presentes en el salvado (Fares, et al., 2015). Lo que para la industria alimentaria resulta una gran oportunidad de abrir nuevas líneas de productos con un valor agregado de gran aceptación por consumidores meta (Hemery et al., 2007; Fares et al., 2010).

Las pastas están siendo atraídas por sus propiedades nutricionales debido a que es

un producto que tiene un índice glucémico bajo y un escaso aporte de grasa y sodio (Jenkins et al., 1987; Araya et al., 2003). La pasta al tener una lenta absorción el contenido de glucosa en la sangre no aumenta rápidamente por lo que los consumidores reciben los beneficios a través de una absorción gradual como ser: sana longevidad, buen desempeño físico y cognoscitivo, jugar un papel importante en la prevención de enfermedades tales como la obesidad, diabetes, patologías coronarias y ciertos tipos de cáncer. Además del beneficio de poseer un índice glucémico bajo, las pastas son reconocidas como un buen vehículo para incorporarles ingredientes beneficiosos para la salud, transformándose así en alimentos funcionales. La textura de la pasta es mucho menos sensible a la incorporación de ingredientes adicionales que el pan, donde complejos e interacciones que se desestabilizan con facilidad entre tensioactivos, proteínas y gases arrastrados dan lugar a texturas ligeras.

En un estudio realizado por Sissons (2014), al enriquecer una cantidad similar de fibra a pastas y a panes la evaluación sensorial de estos dos productos dio mejores resultados en pastas. Además que la pasta se conserva mejor y tiene mayor tiempo de vida útil que el pan. Pero desde un punto de vista tecnológico, la sustitución de la harina de trigo por otros ingredientes, representa una disminución en el contenido de gluten y por ende una pasta de calidad inferior. Sin embargo, realizando modificaciones en el esquema tradicional de elaboración de la pasta, (secado a altas y la utilización de aditivos como el estearoil-lactil-lactato de sodio a concentraciones de 0,3% del peso de la harina) se puede mejorar la calidad de cocción y las características organolépticas de las pastas (Abecassis et al., 1989; Mestres et al., 1990; Bergman, et al., 1994; Fang y Khalil, 1996; Vansteelandt y Delcour, 1998).

La Organización Mundial de la Salud y la Food and Drugs Administration de Los Estados Unidos (FDA), han valorado a la pasta como un alimento apropiado para el agregado de nutrientes, siendo uno de los primeros alimentos para el cual la FDA permitió el enriquecimiento con vitaminas y hierro. Mejorar la calidad nutricional de las pastas involucra principalmente aumentarles la cantidad de proteínas, de fibra dietética, y fortificarlas con vitaminas y minerales (Marconi y Carcea, 2001).

1.6.10.- POSIBILIDAD DE INCORPORACIÓN DE CHÍA A PASTAS ALIMENTICIAS

Tanto la semilla de chía entera como sus productos derivados de ella (aceites, harina y mucílagos) pueden ser considerados ingredientes funcionales, debido sus componentes beneficiosos que pueden aportar a la salud en las formulaciones que se las incorpore, como ser: altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados, como ácido linolénico omega-3 (aproximadamente 60%), antioxidantes (ácidos clorogénico y cafeico, miricetina, quercetina, kaempferol y flavonoles), vitaminas y minerales (riboflavina, niacina, tiamina, calcio, fósforo, potasio, cinc y cobre) y fibra dietética (alrededor de 50% de fibra dietética insoluble y 5% de fibra dietética soluble), proteínas que oscilan entre 19 y 23% (Capitani et al., 2012-2013).

Pese a que la pasta es un excelente medio para la incorporación de componentes saludables en su formulación, como la semilla de chía o sus derivados, hay que tomar en cuenta que la cantidad de material que sustituye parte de la harina de trigo o que es adicionado a ella, puede tanto mejorar la calidad nutricional de la pasta como obtener propiedades sensoriales y funcionales distintas en el producto final y que desde un punto de vista tecnológico ésta sustitución o incorporación de otros ingredientes, puede representar una disminución en el contenido de gluten y por ende puede disminuir la calidad de la pasta, sin embargo pueden ser añadidos otros aditivos que imiten las propiedades del gluten mejorando la calidad de cocción y las características organolépticas de las pastas y así obtener un producto de consumo masivo nutricionalmente mejorado y beneficioso. Por lo tanto la mejora en el contenido nutricional de las pastas mediante la adición de un residuo rico en fibra, proteína y polifenoles, convierte a este residuo en materia prima atractiva para la formulación de alimentos funcionales.

CAPITULO 2

2.1- MATERIALES

Las materias primas utilizadas para la elaboración de la pasta con semilla entera molida y con harina de chíá semidesgrasada fueron:

2.1.1.- Harina de Trigo

Se utilizó harina comercial de trigo pan (Figura 6) procedente de José Minetti y CIA Ltda. marca Graciela Real, (Córdoba-Argentina).

45



Figura 6. Harina de trigo pan

En la Tabla 10 se presenta la información nutricional de la harina de trigo reportada en el envase del producto:

Tabla 10. Información nutricional de la harina de trigo*

Parámetros	
Valor energético	360,0 Kcal = 1512 kJ
Carbohidratos	77,8 g
Proteínas	9,9 g
Grasas totales	1,0 g
Grasas saturadas	0,0 g
Grasas trans	0,0 g
Fibra alimentaria	3,4 g
Sodio	8,0 mg

*Valores expresados por cada 100 g de harina

2.1.2.- Semillas de chía (Salvia Hispánica)

Se trabajó con semillas de chía seleccionadas provistas por Industrias Suquía (Córdoba-Argentina), las cuales fueron acondicionadas para obtener la harina desgrasada de chía.

2.1.3.- Reactivos químicos

Todos los reactivos utilizados en este trabajo son de grado analítico, de marcas comerciales conocidas (Merck, Anhedra, Cicarelli) adquiridos en distribuidores especializados del ramo.

2.2.- MÉTODOS

2.2.1. Acondicionamiento de las semillas enteras de chía

Las semillas de chía fueron trituradas en un molino de cuchillas por 30 segundos para ser utilizadas como ingrediente en la elaboración de pastas (Figura 7).



Figura 7. Semillas de chía molidas

2.2.2.- Elaboración de harina desgrasada de chía (HDC)

Una harina desgrasada de chía (HDC) HDC fue elaborada según procedimiento descrito por Martínez et al. (2012). Se realizó una extracción en frío utilizando una prensa de tornillo Komet (Modelo CA 59 G, IBG Monforts, Alemania). Ensayos preliminares se usaron para determinar las condiciones óptimas de prensado (humedad 9,5%; temperatura de extracción 60 °C).



Figura 8. Proceso de extracción de aceite de la semilla de chía a escala piloto y obtención de la HDC

2.2.2.1.- Hidratación de las semillas de chía

Se calculó la cantidad de agua a ser agregada a las semillas de chía utilizando la fórmula determinada por Akinoso et al. (2006), tal cual se muestra en la ecuación 1:

$$Q = A * (b * a) / (100 - b)$$

Ecuación 1

Donde:

Q= masa de agua a agregar

A= masa de semilla a humectar

b= % de humedad a la cual quiero llegar (b.h.)

a= % de humedad inicial de las semillas (b.h.)

En un envase hermético se colocó 300 g de semillas y se agregó agua en cantidad suficiente para alcanzar 9,5% de humedad. El envase fue agitado periódicamente para asegurar una distribución uniforme de la humedad dentro del recipiente. Las semillas hidratadas fueron almacenadas por 48 h.

2.2.2.2.- Obtención de HDC por prensado en frío de las semillas de chía

Las semillas hidratadas fueron colocadas en una estufa a 60 °C por un periodo de 20 minutos previamente a la extracción. Posteriormente, las semillas fueron sometidas a prensado en frío bajo las siguientes condiciones: restricción mínima y máxima de la matriz 6 y 10 mm; velocidad del tornillo mínima a 20 rpm y máxima 40 rpm. El residuo obtenido (HDC) fue monitoreado constantemente con una termocupla para evitar que supere los 90°C.

2.2.3- Elaboración de las pastas secas

Se prepararon pastas según procedimiento descrito en Borneo y Aguirre (2008). Dos tipos de pastas fueron elaboradas: Pastas con harina de semillas de chía entera (0%, 2,5%, 5% y 10% p/p base harina) y pastas con HDC (0%, 2,5%, 5% y 10% p/p base harina).

En la Tabla 11 se muestra las formulaciones utilizadas en la preparación de las pastas.

Tabla 11. Formulación para la elaboración de las pastas con HDC Y chía

Tipo de pasta	Harina Trigo (g)	Agua destilada (g)	Sal (g)	HDC ó chía (g)
Control	50,00	22,50	1,00	0,00
2,5%	50,00	22,50	1,00	1,25
5%	50,00	22,50	1,00	2,50
10%	50,00	22,50	1,00	5,00

La elaboración de las pastas se realizó de acuerdo a las siguientes etapas.

2.2.3.1.- Mezclado

El mezclado fue el primer paso del proceso. Las materias primas secas se pesaron y se mezclaron manualmente para asegurar que éstas se integren de manera uniforme.

2.2.3.2.- Amasado

Las pastas fueron elaboradas según formulación mostrada en la Tabla 11. La sal se disolvió en el agua destilada y se incorporó a la mezcla de materias primas secas. El amasado se llevó a cabo con una batidora eléctrica marca RANSER, a una velocidad de 2, durante 1,5 minutos en tres intervalos de 30 segundos c/u. Posteriormente, la masa fue amasada manualmente, se armó un bollo y se dejó reposar por 5 min.

2.2.3.3.- Laminado

Para el proceso de laminado, se utilizó una laminadora de pastas (PASTALINDA, Argentina de acero inoxidable). El laminado se realizó haciendo pasar al bollo de masa (previamente aplanado manualmente) por la máxima apertura que tiene la laminadora. Una vez pasada la masa por los rodillos, la misma fue doblada por la mitad y sometida a laminado siete veces por los rodillos. Luego, la masa se sometió a laminados adicionales hasta reducir su espesor a 1,50 mm. Una vez finalizado el proceso de laminado, la lámina de pasta fue cortada con rodillos estriados para obtener un ancho de pasta de 2,00 mm,

1,5 mm de espesor y 20 cm de largo (Figura 9).

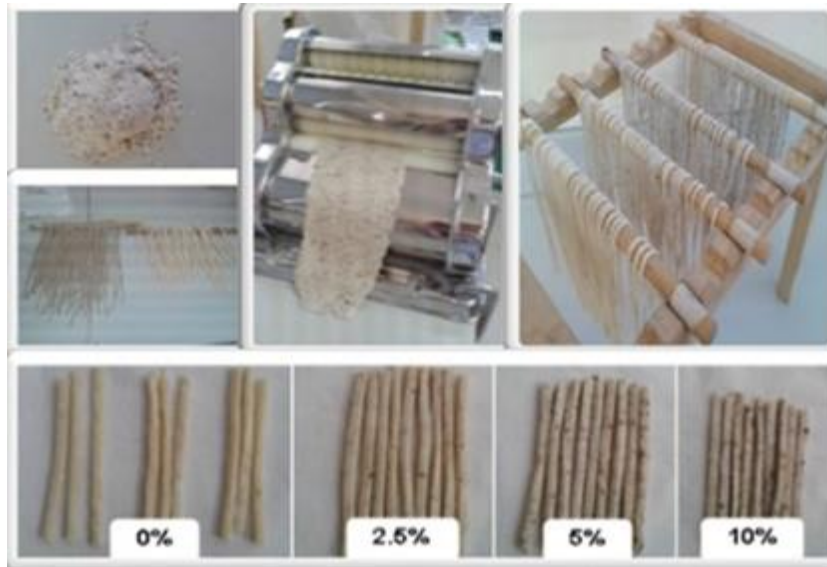


Figura 9. Amasado y laminado de la pasta

2.2.3.4.- Secado

El secado de la pasta (Figura 10) se realizó con aire caliente en dos etapas. La primera etapa, las pastas se llevaron a una estufa con circulación forzada de aire a 30°C durante 30 min. Posteriormente, se realizó una segunda etapa de secado en donde las pastas fueron llevadas a una segunda estufa, con control de humedad (Humedad Relativa de 70%,) a 30 °C por 24 h.

Por último, las pastas fueron retiradas de la estufa, dejadas en reposo hasta alcanzar la temperatura ambiente ($25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$), y colocadas en bolsas (ziploc) herméticas donde fueron conservadas a temperatura ambiente hasta su utilización para los diversos análisis.



Figura 10. Distribución de la pasta para su secado: A (distribución de las pastas antes del secado), B (Primer secado de las pastas), C (Segundo secado)

2.2.4.- Caracterización de la harina desgrasada de chía (HDC)

2.2.4.1.- Análisis Físicoquímicos

Se realizaron los siguientes análisis químicos a la HDC.

2.2.4.1.1.- Humedad (método 44-19, AACC, 2001)

Para determinar porcentaje de humedad de las pastas se calculó por pérdida de peso al someter la muestra a un calentamiento estándar. Para ello se prepararon 3 g de cada muestra por duplicado, las cuales fueron trituradas, colocadas en cápsulas y calentadas en estufa a 130 °C hasta peso constante, seguidamente las muestras fueron retiradas de la estufa, llevadas a un desecador por 20 min y finalmente pesadas. El resultado se expresó en porcentaje de humedad según la Ecuación 2.

$$\%H = [(P_C + M_H) - (P_C + M_S) / (P_C + M_H) - P_{CV}] * 100$$

Ecuación 2

Donde:

%H = Porcentaje de humedad

(P_C+M_H) = Peso de la capsula vacía + masa húmeda

(P_C+M_S) = Peso de la capsula vacía + masa seca

P_{CV} = Peso de la cápsula vacía

2.2.4.1.2.- Porcentaje de Proteínas (Método 46-13, AACC, 2001)

El contenido de nitrógeno se valoró utilizando el micro método de Kjeldahl modificado para ácido bórico. El método se basa en una mineralización de 200 mg de muestra con H₂SO₄ a 400 °C en un bloque de digestión MB-6, Raypa (R. Espinar SL, Terrassa, España). El producto de la digestión (Destilador UDK 126, Velp Scientifica SRL, Usmate Velate, Italia) fue destilado sobre ácido bórico. El destilado se tituló con HCl (0,0388 N). El porcentaje de proteína total se calculó utilizando como factor de conversión 6,25 para alimentos en general. Tal cual se muestra en la ecuación 3.

$$\% \text{ Proteínas} = N \text{ (g)} \times 6,25 \times 100 / \text{peso muestra}$$

Ecuación 3

2.2.4.1.3.- Cenizas (Método 08-03, AACC, 2001)

El contenido de cenizas se determinó por diferencia de peso (2 g de muestra), antes y después de incinerar la muestra en mufla a 600 °C hasta peso constante.

2.2.4.1.4.- Fibra dietaria total (FDT) (Método 32-05, AACC, 2001)

El contenido de FDT se determinó por duplicado a la pasta cruda y a la HDC según AACC modificado por Bustos, 2011. Se utilizó el kit de fibra alimentaria de Megazyme (Megazyme International, Irlanda) para lo cual se utilizaron Erlenmeyers de 500 mL en los cuales se pesó 0,2 g para HDC, 1 g para pasta control y 0,5 g para pastas con HDC, cada muestra con un porcentaje de grasa menor al 10% en base seca y un blanco por tanda. Seguidamente se adicionaron 50 mL de buffer fosfato - Na_2HPO_4 0,08 M (pH=6,0) y 50 μL de α -amilasa termoestable, se incubaron las muestras a baño maría (100°C) durante 30 min con agitación constante y fueron digeridas enzimáticamente con 100 μL de proteasa de *Bacillus licheniformis* a 60°C/30min (con corrección de pH a 7,5 con NaOH 0,275 M) para eliminar proteínas y 200 μL de amiloglucosidasa a 60°C/20min (ajuste de pH a 4,5 con HCl 0,325 N) para eliminar el almidón. Posteriormente se le agregó a cada recipiente un volumen de 280 mL de etanol al 95% de pureza a 60°C y se dejó reposar durante 1 h, con el fin de que la fibra soluble presente precipite, el cual fue filtrado (en crisoles de placa porosa con una cama de celite previamente pesados) y lavado sucesivamente con etanol al 95% y acetona. El residuo de cada muestra fue secado a 105 °C y pesado, uno de los duplicados se utilizó para la determinar proteínas por el método de Kjeldahl y el otro duplicado para determinar cenizas por incineración a 525 °C con el fin de restar al peso seco del precipitado filtrado, los valores de proteína, cenizas y blanco para calcular el contenido de fibra dietaria total – FDT. Las muestras fueron analizadas por duplicado en dos días distintos y los resultados se expresaron como porcentaje en base seca.

2.2.4.1.5.- Cuantificación de ácidos grasos

La cuantificación de ácidos grasos omega-3 y omega-6 fue realizada tanto para la harina desgrasada de chía como para las cuatro pastas con chía entera/HDC, para tal motivo se utilizó el método oficial de AOCS Ce1b-89 (AOCS, 1991) para aceites y ésteres metílicos de aceites marinos. Se utilizó como estándar interno (EI) el éster de metilo C25:0 (Ácido pentacosanoico). Se pipeteó un mililitro del (EI) (1 mg / mL) en un tubo,

el disolvente se evaporó utilizando nitrógeno. Se pesó 85 mg de las pastas trituradas en el tubo que contenía el (EI), se añadió 1,5 ml de NaOH 0,5 N, la mezcla se calentó durante 5 min en un baño de agua hirviendo. Después de la saponificación, se añadió 2 ml de reactivo de BF₃ (12% en metanol), se calentó durante 1 hora en un baño de agua hirviendo con agitación constante. Una vez que la mezcla se enfrió a temperatura ambiente, se añadió al mismo 1 mL de hexano y la mezcla resultante se agitó con un vórtex. Inmediatamente se añadieron cinco mL de una solución saturada de NaCl con agitación continua. Después de 5 minutos de descanso, la capa de hexano que se separó de la capa acuosa fue transferida a un tubo de vidrio limpio con tapa. La fase metanol/agua fue extraída dos veces agregando alícuotas adicionales de hexano de 1 mL, los extractos resultantes se combinaron. Seguidamente, el extracto combinado se concentró hasta 1 mL bajo una corriente de nitrógeno seco.

Se utilizó un cromatógrafo de gases (GC) (modelo Agilent 6850, Agilent Technologies, Palo Alto, California, U.S.A.) equipado con un Supelco SP-2330 (Supelco Inc., Bellefonte, Pa., EE.UU.) con columna de sílice fundida (longitud 30 m, ID 0,25 mm, 0,2 mm de espesor de la película). Se utilizó helio como gas portador para el análisis de los ésteres metílicos de ácidos grasos. El programa de temperaturas utilizado fue:

- (1) la temperatura del horno de columna fue programado para una temperatura inicial de 50°C.
- (2) la temperatura se aumentó a un ritmo de 40 °C / min hasta alcanzar 170°C.
- (3) a continuación, se aumentó a un ritmo de 1 °C / min hasta que alcanzó 200°C.
- (4) seguidamente, se llevó a cabo a 200 °C para un tiempo de retención de 10 min.
- (5) entonces se incrementó a una velocidad de 40 °C / min hasta que alcanzó 240 °C.
- (6) Por último, se llevó a cabo a 240 °C durante 1 min.

El tiempo total de ejecución fue de 45 min. Las temperaturas del inyector y del detector fueron de 250 °C y 300 °C, respectivamente. Las velocidades de flujo de gas de helio, gas de hidrógeno y aire fueron de: 24, 30, y 300 mL / min, respectivamente, con una relación de división de 50:1.

Se utilizó un detector de ionización de llama para detectar los picos de omega-3 y

de omega-6, se identificaron comparando los tiempos de retención con la del (EI) C23: 0 (ácido tricosanoico). Se determinaron los contenidos de omega-3 y omega-6 utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{omega-3 u omega-6 (mg / g)} = (A_X) (W_{EI}) (CF_X) / (A_{EI}) (W_S) (1,04) \times 1000$$

Ecuación 5

Donde:

A_X =cuantificación de área para omega-3 u omega-6.

A_{EI} =es el recuento de área para el EI.

CF_X es factor de corrección teórico para omega-3 u omega-6.

W_{EI} =es el peso del EI en (mg) que se añadió a la muestra.

W_S =es el peso de la muestra (mg).

2.2.4.1.6.- Capacidad antioxidante y determinación de compuestos fenólicos

Para la determinación de compuestos fenólicos se utilizó el método espectrofotométrico de FOLIN Ciocalteu para determinar el contenido de polifenoles totales (PT) libres tanto de la harina desgrasada de chía como de las cuatro pastas con distintos niveles de HDC. Este ensayo consiste en que los compuestos fenólicos presentes en la muestra reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu (RFC) a pH básico, dando lugar a una coloración azul cuya intensidad es la que se determina (con un máximo de absorción de 750 nm) para evaluar el contenido en polifenoles la cual se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de ácido gálico (GAE) (solución madre 246 ug/mL, 0,0123 g de ac. Gálico en 50 mL de metanol).

La capacidad antioxidante (CA) se midió a través del método TEAC, y se utilizó ABTS (sal diamónica del ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)), TROLOX (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcroman-2-carboxílico) y persulfato de potasio y cloruro férrico hexahidratado. Se utilizó este ensayo para estudiar las propiedades antioxidantes de las muestras utilizadas ya que es un parámetro que presenta una estrecha relación con los distintos métodos de medición de actividad antioxidante. Para tal efecto se realizaron los siguientes pasos propuestos por Podio, 2015:

2.2.4.1.6.1.- Preparación del extracto (fracción libre-FL) de las muestras

Para la extracción de los polifenoles libres (PL) se pesaron en un Erlenmeyer 5 gramos de cada muestra molida, se agregaron 20 ml de una solución fría de Acetona-agua (4:1) y se agitó en un agitador KLINE (VICKING) a 130-150 rpm por 1h/25°C en oscuridad. Después, se filtró el sobrenadante (con papel de filtro de celulosa), se evaporó hasta sequedad y se reconstituyó con 5 mL de metanol grado HPLC, la extracción se repitió dos veces y los extractos fueron almacenados en ependorfs a -80°C hasta su medición. La representación gráfica de la extracción se muestra e la Figura 11.



Figura 11. Extracción de polifenoles libres

2.2.4.1.6.2.- Determinación de compuestos polifenólicos

En un tubo de Khan se agregaron 1,680 mL de agua ultrapura y 100 uL de metanol en el cual se añadieron 10 µL del extracto (FL) y 100 µL del reactivo de Folin Ciocalteu. La mezcla fue agitada por un min (vortex) y seguidamente se agregó 300 µL de Na₂CO₃ al 20% p/v se agitó nuevamente por 30 segundos y se dejó reposar en oscuridad por 2 h. Por último, la absorbancia de la solución y de un blanco fue medida en un espectrofotómetro a 750 nm por triplicado. Para el cálculo de los PT se realizó una curva de calibración tomando como estándar al ácido gálico, con un rango de linealidad de 0 a 5 mg de ac. gálico/L por triplicado expresando los resultados como mg de EGA/100 g de muestra.

2.2.4.1.6.3.- Determinación de la capacidad antioxidante en equivalente TROLOX - (TEAC)

La mayoría de los métodos para determinar capacidad antioxidante consisten en acelerar la oxidación en un sistema biológico. Este método mide la actividad antioxidante de los compuestos hidrofílicos y lipofílicos (Mercado et al., 2013). TEAC mide la capacidad de un compuesto para captar el radical coloreado ABTS•+, convirtiendo el mismo en un producto decolorado (Arts et al., 2003). Este radical tiene un espectro de absorción característico, con máximos a 414, 645, 734 y 815 nm y posee una coloración verde-azulada. Químicamente es muy estable y es muy soluble en medio acuoso y etanólico. La reacción no es afectada por el pH y la disminución de la concentración de ABTS•+ es dependiente de la concentración de antioxidantes presentes en la muestra (Prior et al., 2005).

La metodología fue realizada según lo expuesto por (Podio, 2015). Para la determinación se preparó el reactivo ABTS 7mM en 10 mL de Agua ultra pura y 6,7 mg de $K_2S_2O_8$ para generar el radical e inmediatamente se protegió de la luz y se la dejó estabilizar 12 hs overnight. Seguidamente se preparó el reactivo de trabajo a través de la dilución de 1/80 del radical ABTS con metanol hasta una absorbancia = $0,7 \pm 0,02$ a una longitud de onda de 734 nm. Para la determinación se agregaron 3 mL de reactivo de trabajo y 95 μ L de metanol en un tubo de Kahn y se añadieron 5 μ L del extracto-FL de las pastas y de la HDC. El tubo Kahn con la mezcla se agitó en vortex y se dejó reaccionar por 30 min y se midió la absorbancia 734 nm. Además se preparó un blanco de absorbancia 0 con 3 mL de reactivo y 100 μ L de metanol. Cada muestra se ensayó por triplicado. Para los cálculos y resultados se realizó una curva de calibración de TROLOX, para extrapolar con la absorbancia final de cada muestra restándoles el blanco y así determinar la capacidad antioxidante de los extractos los cuales fueron expresados como mili moles equivalente Trolox en 100 g de muestra.

2.2.5.- Análisis de las pastas elaboradas

2.2.5.1.- Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos que se realizaron a las pastas elaboradas fueron los mismos descritos en el punto 2.2.4.1 para la HDC: humedad, porcentaje de proteínas, cenizas, fibra dietaria total (FDT), cuantificación de ácidos grasos, capacidad

antioxidante y determinación de compuestos fenólicos.

2.2.5.2.- Perfil viscoamilógrafo de pastas secas con HDC (RVA- Rapid Visco Analyzer)

Las propiedades de pasting de las pastas con harina de trigo (0% HDC) y pastas con (2,5; 5 y 10) % HDC, fueron evaluadas por medio de un Rapid Visco Analyser (RVA 4500, Perten Instrument, Suecia) (Figura 12) de acuerdo al método estándar Newport Scientific. Este equipo tiene la finalidad de ensayar las propiedades de viscosidad de las pastas, sometiéndolas a un ciclo de cocción (calentamiento-enfriamiento) registrando un perfil de viscosidad.

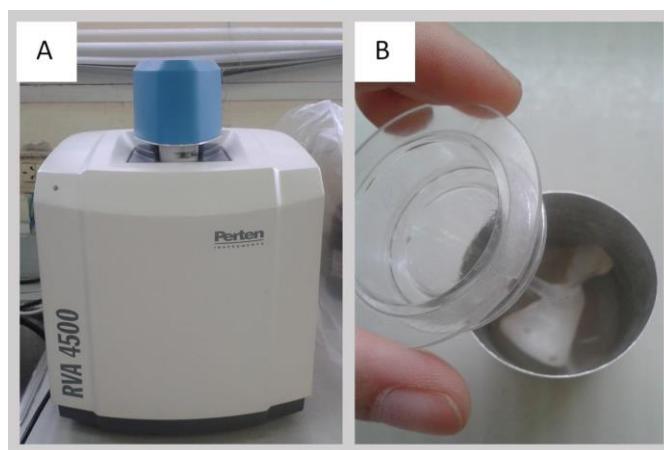


Figura 12. (A) Rapid Visco Analyser, (B) Suspensión obtenida después del análisis

Este equipo mide la resistencia al flujo de una suspensión agua-almidón cuando es sometida a una tensión de desplazamiento constante, incorporando a su vez condiciones de tiempo y temperaturas específicas de acuerdo a la muestra, los cambios de viscosidad producidos por efecto del calentamiento y enfriamiento de una suspensión o dispersión de almidón en agua, generalmente proveen una curva de pasting característica. Este instrumento sustituye al amilógrafo de Brabender, el cual es un método que requiere mucho tiempo y una gran cantidad de muestra (Ávila, 2002).

➤ **Ejecución de la prueba**

Este análisis de perfil de viscosidad aparente fue evaluado por duplicado. A cada muestra de pasta molida seca (3 g) se le añadió 25 mL de agua destilada. La dispersión fue agitada manualmente con la misma paleta que usa el equipo para la agitación y por

último fue ubicada en la torre (Figura 13).

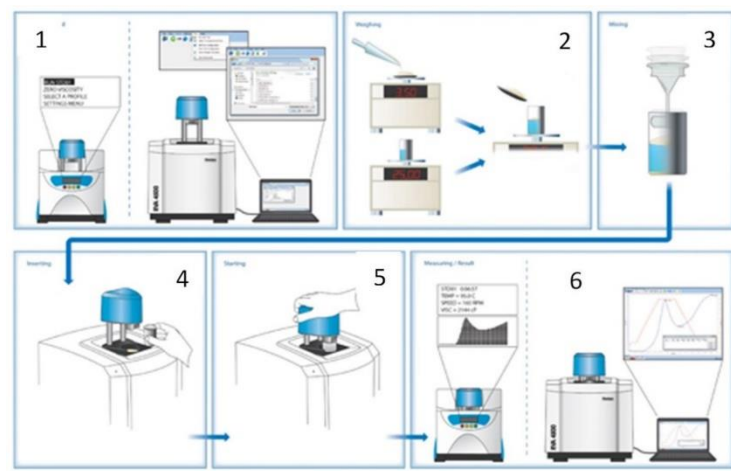


Figura 13. Operación del Viscoanalyzer (RVA) 1) selección del método, 2) pesado 3) mezclado 4) inserción 5) arranque 6) medida-gráfico

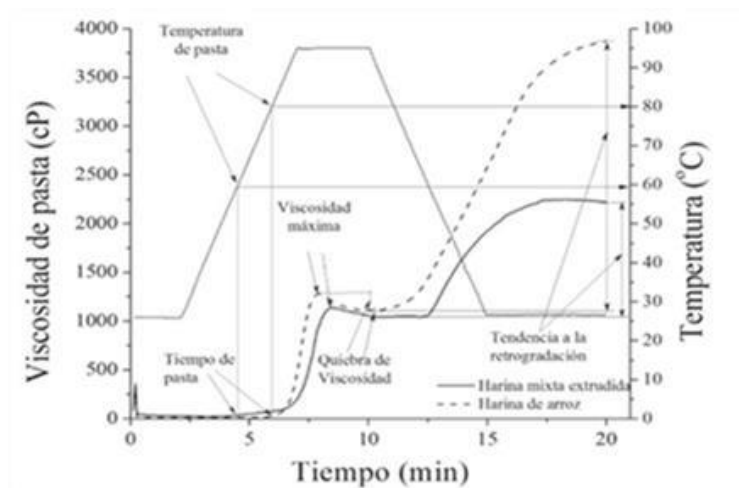


Figura 14. Perfil de viscosidad de una corrida en el RVA (Cardoso, Palmiro, Ascheri, Wanderlei, & Carvalho, 2014)

Las dispersiones fueron mezcladas a 960 rpm por 10 s y posteriormente a 160 rpm. El periodo de calentamiento fue desde 50 °C hasta 95 °C en 4,7 min y se mantuvo a una temperatura de 95 °C durante 2,5 min con agitación constante y luego se enfrió nuevamente hasta 50 °C. A través del software TCW3,11,298, se obtuvo una curva de pasting (Figura 14).

2.2.5.3.- Análisis Físicos

2.2.5.3.1.- Determinación de color y textura

2.2.5.3.1.1.- Evaluación de la calidad de las pastas secas

En la pasta cruda se evaluaron las variables de color, las propiedades mecánicas de dureza/fracturabilidad, su microestructura y se realizó un análisis de viscosidad de las distintas pastas secas cuando son sometidas a hidratación y calentamiento.

2.2.5.3.1.1.1- Determinación de color de la pasta seca

Esta determinación se realizó a las pastas secas (con semillas de chía y con HDC) con el fin de evaluar el efecto de la incorporación de las mismas en el color de la pasta. Para tal fin se empleó un colorímetro (Espectrofotómetro CM-600d Marca KONICA MINOLTA Sensing, INC) (Figura 15-B) calibrado para medir el color de las distintas muestras de pasta (cruda y cocida) en el espacio de color CIE ($L^* a^* b^*$) del sistema (L: luminosidad, a^* : rojo-verde y b^* : amarillo- azul). Para tal determinación, se ubicaron 5 hebras de pastas de 4 cm de largo una al lado de la otra (Figura 15-A) sobre un fondo blanco y se anotaron los datos manejando la escala CIE-Lab.

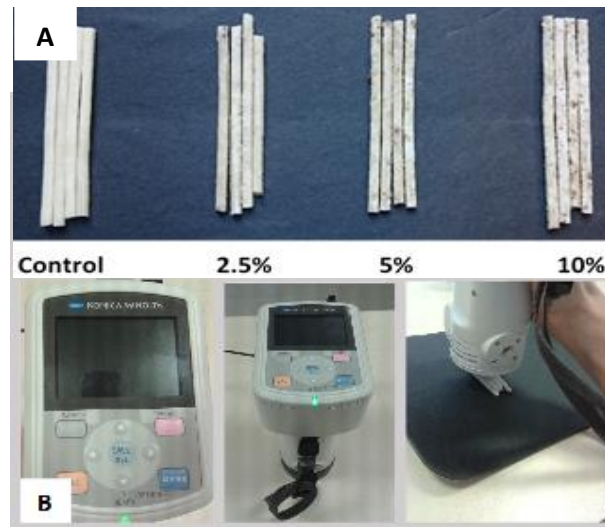


Figura 15. (A) Representación de las pastas secas elaboradas con 0%, 2,5%, 5% y 10% chía/HDC previo a la determinación del color. (B) Espectrofotómetro CM-600d Marca KONICA MINOLTA Sensing, INC, pasta cocida.

2.2.5.3.1.1.2.- Textura de la pasta cruda

La textura de la pasta cruda seca se evaluó en términos de dureza y fracturabilidad según

método descrito en Aguirre y Borneo (2010).

2.2.5.3.1.1.2.1.- Dureza y Fracturabilidad

Para determinar la dureza y fracturabilidad de las pastas crudas se realizó una prueba de compresión a una hebra de pasta, a temperatura ambiente, empleando un texturómetro INSTRON (modelo 3342, Norwood, MA, EEUU) con una capacidad de 500 N (Figura 16-A).

La evaluación de la dureza y fracturabilidad de las muestras de pasta cruda por compresión se realizó ubicando una hebra de pasta en forma paralela en la placa de aluminio del texturómetro, una vez instalada la muestra se inició el ensayo, donde la sonda oprimió la pieza (hebra de pasta) a una velocidad de 2 mm/s hasta quebrarla. Una vez concluido el ensayo, se obtuvo una gráfica que explica el perfil de textura de la muestra como la que se presenta en la (Figura 16-B). De esta manera se determina la fracturabilidad como el pico de fuerza máxima hasta que la hebra de pasta se quiebre. En este caso se expresa como el número de rupturas o quiebres al comprimir la pasta cruda/seca, representado en el número de picos de la curva obtenida Fuerza vs. Tiempo.

La utilización de este método no ha sido reportada para pastas en la literatura, se realizaron 3 réplicas para cada tratamiento.

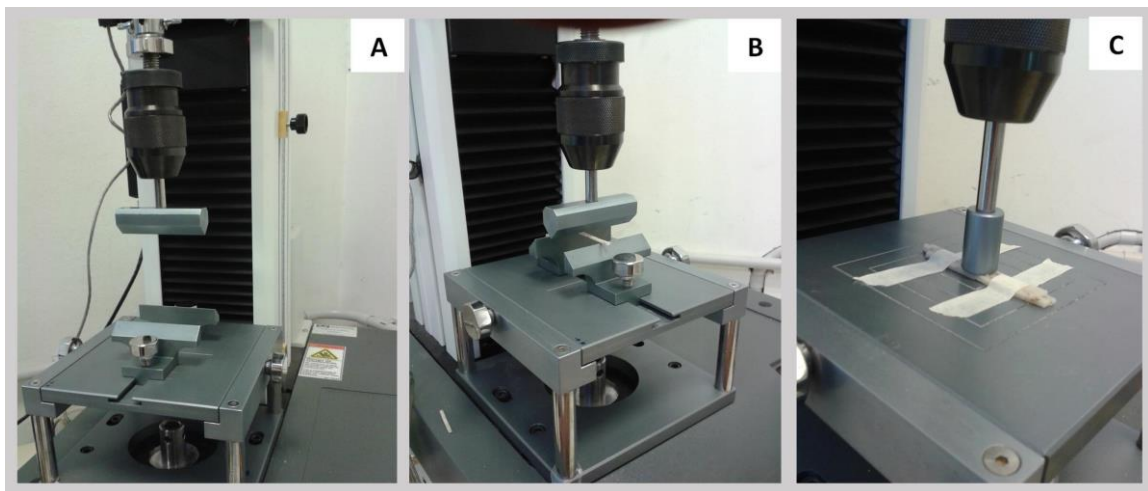


Figura 16. (A)Texturómetro, (B) Fracturabilidad de pasta seca y cruda, (C) TPA pasta cocida

2.2.5.3.1.2.- Evaluación de la calidad de las pastas cocidas

Para las pastas cocidas, al igual que para las pastas secas se realizaron la determinación de color y el análisis de textura TPA.

2.2.5.3.1.2.1.- Determinación de color de las pastas cocidas

Las pastas secas y crudas (con semillas de chía y con HDC) fueron cocinadas (Figura 17) hasta su tiempo óptimo de cocción y se evaluaron según los parámetros explicados en el punto 2.2.5.2.1.1.1, para la determinación de color de la pasta seca.

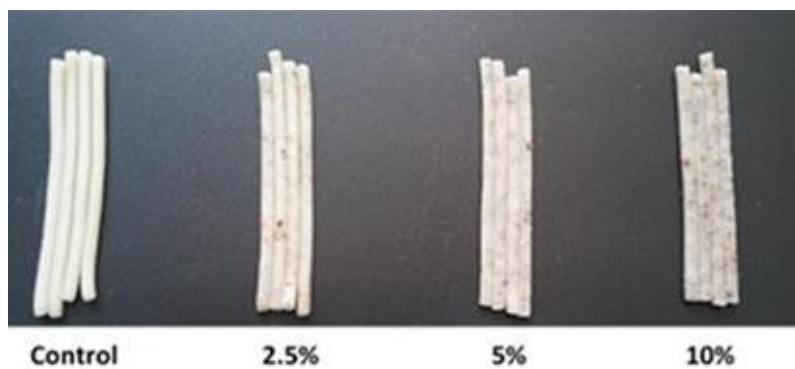


Figura 17. Pastas cocidas con HDC

2.2.5.3.1.2.2.- Textura de la pasta cocida (TPA)

El análisis de los parámetros de textura de la pasta cocida, se realizó utilizando el texturómetro INSTRON (modelo 3342, Norwood, MA, EEUU) (el ensayo se realizó por triplicado). Hebras de pasta cocida de 4 cm de longitud fueron reservadas en agua fría para su posterior análisis de textura, tres de ellas fueron colocadas de forma perpendicular a la sonda (de acero inoxidable) y fueron ordenadas una al lado de la otra en forma paralela sobre la placa de acero. Una vez instaladas las muestras, se inició el ensayo, la sonda (cilíndrica de 15 mm de diámetro) comprimió las piezas uniaxialmente en dos ciclos de 5 s, a una velocidad de 5 mm/s y hasta un 60% de deformación (Figura 16-C). Una vez concluido el ensayo, se obtuvo una gráfica (fuerza vs distancia) que explicó el perfil instrumental de textura (TPA) de la muestra tal cual se muestra en la Figura 18, que permitió obtener los parámetros de firmeza, adhesividad, elasticidad y gomosidad.

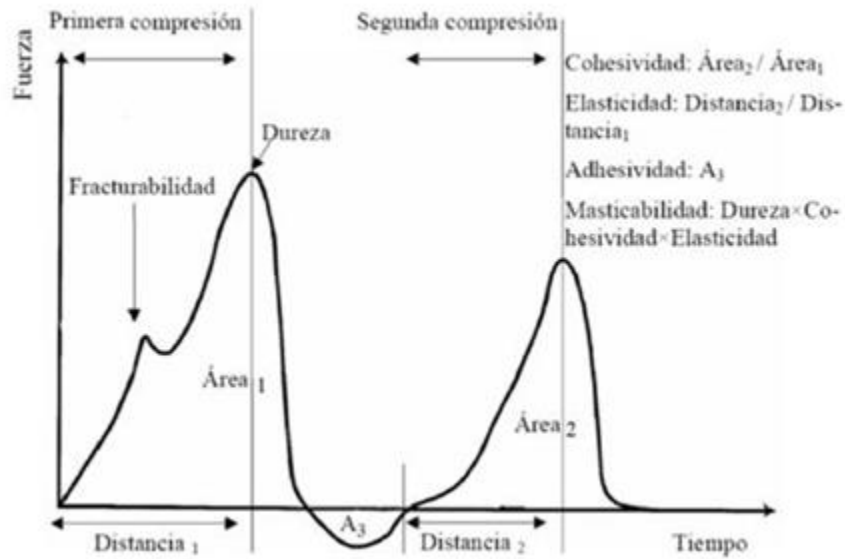


Figura 18. Gráfica general de análisis de perfil de textura (TPA) (Hleap & Velasco, 2010)

2.2.5.3.2.- Calidad de cocción de pastas cocidas

2.2.5.3.2.1.- Evaluación de calidad en la cocción

Las variables que se analizaron a las pastas cocidas (con chía y HDC) para la evaluación de la calidad en la cocción fueron: tiempo óptimo de cocción (TOC), ganancia de peso durante la cocción, pérdida de sólidos por cocción según explicado en Aguirre y Borneo (2010).

Las pastas se cortaron en piezas de aproximadamente 4 cm de largo, se pesó 3 g y se cocinó en 50 ml de agua destilada a ebullición. A éstas muestras acondicionadas se realizaron las siguientes pruebas de cocción:

a. Tiempo Óptimo de Cocción (TOC) (AACC 16-50, 2001)

Se determinó el punto óptimo de cocción de las pastas elaboradas (Figura 19), para tal efecto, 3 gr de pasta fueron sumergidas en agua a ebullición, donde en intervalos de 30 segundos se extrajo una pieza para ser comprimida entre dos portaobjetos limpios. Este paso se repitió hasta observar que la pasta estuviese blanca translúcida y hasta desapareció la línea blanca en el centro de la pasta. A ese tiempo transcurrido es llamado TOC. Posteriormente, se retiraron las pastas del agua de cocción, se transportaron a un

colador y se enjuagó con 10 mL de agua fría destilada durante un minuto para evitar que la pasta siga cocinándose, el agua de cocción fue conservada para el análisis de pérdidas por cocción, luego se escurrieron las pastas durante 30 segundos y finalmente las muestras fueron llevadas a un recipiente con 200 mL de agua destilada a temperatura ambiente para su siguiente análisis.

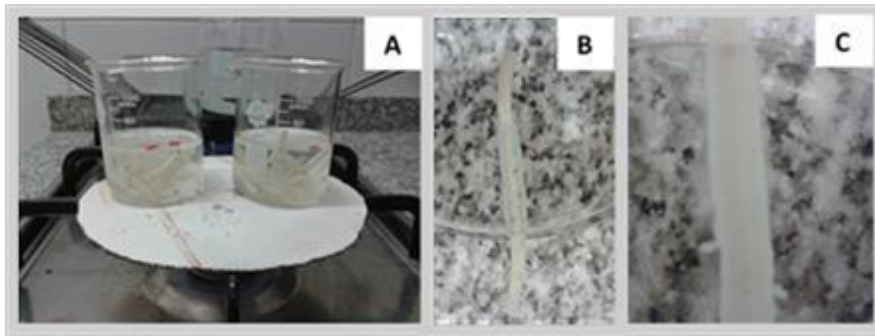


Figura 19. Determinación del TOC. A (Hebras de pastas durante la cocción), B (línea blanca en el centro todavía presente a los 5 min), C (Desaparición de la línea blanca en el centro de la pasta al cumplir el TOC)

b. Pruebas de cocción: se determinó las pérdidas de sólidos durante la cocción (Método AACC 16-50, 2001), ganancia de peso durante la cocción y absorción de agua (Tudoricâ et al., 2002). Para ello se pesaron 3 gr de pasta.

b1. Pérdidas de sólidos por cocción-liberación del almidón: para la determinación de las pérdidas por cocción se colocaron 5 ml del agua de cocción de cada una de las muestras en cápsulas de aluminio previamente pesadas. Las cápsulas fueron llevadas a una estufa a 130 °C hasta su total evaporación y peso constante donde finalmente el residuo conseguido fue pesado y calculado por diferencia de peso expresando los sólidos como % p/p de muestra.

b2. Absorción de agua (AA): está relacionado con el aumento de peso de la pasta durante la cocción. Se analizó pesando a la pasta antes P_s y después de la cocción P_c según Tudoricâ et al. (2002) (Ecuación 6), se expresó en porcentaje.

$$[AA = (PC - PS) / PS] \times 100$$

Ecuación 6

Donde:

PC= peso de la pasta cocida (g)

PS= peso de la pasta seca (g)

2.2.5.3.3.- Evaluación Microscópica

La introducción de la microscopía de barrido láser confocal (MBLC) significó un gran avance en la microscopía y tiene la capacidad de obtener imágenes con una buena resolución, contraste y nitidez que las que se pueden lograr con la microscopía óptica convencional de niveles seleccionados dentro de objetivos gruesos y tridimensionales (Shotton, 1989; Hepler y Gunning, 1998). Su principio se basa en que un láser de una determinada longitud de onda aplicado en forma de barrido en una pequeña parte de la muestra, hace que moléculas excitadas emitan fluorescencia una longitud de onda superior a la aplicada, eliminando además la luz reflejada o fluorescente procedente de los planos fuera de foco, obteniendo así imágenes de diferentes planos focales que permiten el análisis tridimensional de las estructuras analizadas. La preparación de las muestras no es invasiva lo que permite la observación de estructuras fisiológicamente activas. La MBLC puede utilizarse en modos de transmisión y reflexión, pero se ha demostrado que la imagenología de fluorescencia ha sido probada como la técnica microscópica más potente en aplicaciones biológicas y en la microscopía de alimentos.

Con este fin se realizó la caracterización microestructural y superficial a las pastas elaboradas con HDC.

2.2.5.3.3.1.- Evaluación microestructural de pastas secas

Las características microestructurales de la pasta seca fueron determinadas por microscopía confocal de barrido láser (Figura 20) en el laboratorio #26 de la Facultad de Matemáticas, Astronomía, Física y Computación de la Universidad Nacional de Córdoba. El microscopio confocal permitió observar a las muestras en tres dimensiones para la detección de marcas y grietas. En las imágenes se utilizó una magnificación de 100x y 1000x. Las microfotografías fueron tomadas tanto de la superficie como del interior de la pasta (corte transversal).



Figura 20. Microscopio confocal de barrido láser

2.2.5.3.3.2.- Evaluación microestructural de pastas cocidas

Las características microestructurales de las pastas (con HDC) cocinadas a su TOC establecido fueron determinadas por microscopía confocal de barrido láser de igual manera en la que se describe en el punto 2.2.5.3.3.1. Microestructura de las pastas secas.

2.2.5.4.- Evaluación Sensorial de las pastas con semillas de chía y HDC

Para evaluar la calidad organoléptica y determinar la aceptación de las pastas, se realizó un test de evaluación sensorial de los atributos color, apariencia general, aroma, sabor, textura y aceptabilidad con 25 jueces no entrenados (parte de su dieta basada en pastas) de acuerdo a su agrado o desagrado. La evaluación se llevó a cabo a la luz del día en una mesada apropiada (Figura 21), las muestras (control, 2,5%, 5%, 10% /g semilla entera o HDC) se cocinaron según el TOC determinado y fueron presentadas a los panelistas en vasos individuales con uno de agua adicional para la limpieza bucal entre cada prueba y muestra, a la vez se les entrego una planilla con una escala hedónica de nueve puntos (1 me gusta muchísimo, 2 me gusta mucho, 3 me gusta moderadamente, 4 me gusta ligeramente, 5 ni me gusta ni me disgusta, 6 me disgusta ligeramente, 7 me disgusta moderadamente, 8 me disgusta mucho, 9 me disgusta muchísimo) y se les dio las instrucciones correspondientes para la evaluación independiente de las cuatro muestras, las cuales fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos (117, 581, 185, 803) para evitar sesgo. Al final de la evaluación, se les preguntó a los jueces si estarían dispuestos a comprar/consumir o no este tipo de pasta.

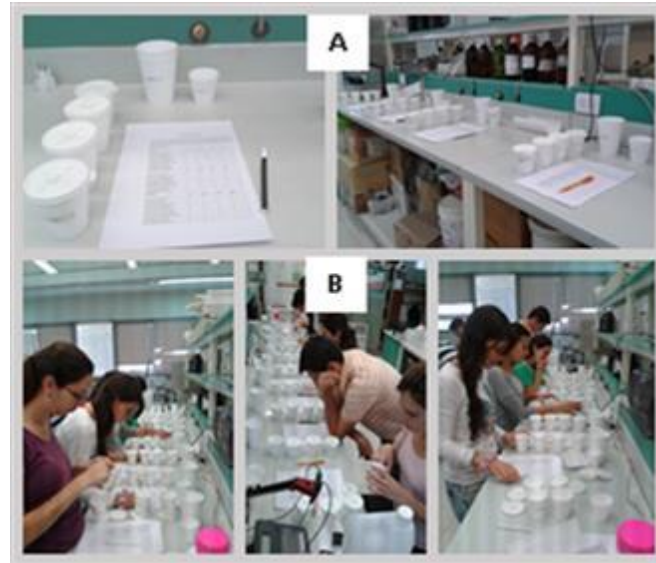


Figura 21. (A) Distribución de las muestras y elementos entregados a los panelistas para efectuar la evaluación sensorial. (B) Evaluación de las pastas por los panelistas

Para la evaluación los panelistas utilizaron los sentidos de la vista, gusto, olfato y tacto. Primeramente se les pidió que evaluaran el color) y la apariencia general (aspecto superficial) de las pastas a través de una observación visual; el sabor y la textura fueron evaluados simultáneamente al introducir las muestras a la boca (firmeza, fuerza de los molares necesaria para desintegrar la muestra y masticabilidad, tiempo necesario de masticación para ser deglutido) y finalmente con el sentido del tacto (dedos) se les pidió a los panelistas que evalúen la pegajosidad de la superficie de la pasta y su elasticidad, los cuales son parámetros muy importantes dentro de la calidad de las pastas, adicionalmente los jueces llenaron otra planilla con la intención de compra del producto con una escala hedónica de 5 puntos (5 Estoy seguro que lo compraría, 4 Quizás lo compraría, 3 No sé si lo compraría o no, 2 Quizás no lo compraría y 1 Definitivamente no lo compraría)

En la Figura 22 se muestra la planilla que fue usada para la evaluación sensorial de las pastas.

Ud. recibirá cuatro muestras para ser evaluadas de acuerdo a su agrado/desagrado. Evalúe primero el color y apariencia visualmente. Luego evalúe el aroma, el sabor y por último la textura. También puede evaluar sabor olor y textura simultáneamente al masticar la muestra. Por favor marque con una X el término que mejor describa su sensación de agrado/desagrado de la muestra. Evalúe cada muestra de manera independencia. Evite hacer comparaciones.

COLOR

	117	581	185	803
ME GUSTA MUCHISIMO				
ME GUSTA MUCHO				
ME GUSTA MODERADAMENTE				
ME GUSTA LIGERAMENTE				
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA				
ME DISGUSTA LIGERAMENTE				
ME DISGUSTA MODERADAMENTE				
ME DISGUSTA MUCHO				
ME DISGUSTA MUCHISIMO				

INTENCION DE COMPRA: Si el precio de los productos por Ud. evaluados es apropiado, compraría Ud. los productos?

	117	581	185	803
ESTOY SEGURO QUE LO COMPRARIA				
QUIZAS LO COMPRARIA				
NO SE SI LO COMPRARIA O NO				
QUIZAS NO LO COMPRARIA				
DEFINITIVAMENTE NO LO COMPRARIA				

AGRADECEREMOS CUALQUIER COMENTARIO RESPECTO A CUALQUIERA DE LAS MUESTRAS EVALUADAS

Figura 22. Prototipo de planillas evaluadas por los panelistas

2.2.5.5.- Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en los ensayos se llevó a cabo utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2008). Las diferencias estadísticas en las características de las pastas y la comparación entre las distintas muestras fueron evaluadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) (en caso de presentar diferencias) utilizando el test de comparación múltiple DGC (Prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves), para un nivel de significancia de 0,05 ($p \leq 0,05$) y finalmente se realizó un ACM (Análisis de correspondencias múltiples) en la evaluación sensorial de las pastas para poder identificar la asociación y relación con los resultados del ANOVA.

CAPÍTULO 3

3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1.1. Análisis de la harina de chía parcialmente desgrasada (HDC)

A fin de obtener el máximo rendimiento de la extracción de aceite y obtener un residuo (HDC) seco y compacto, se siguió a (Martínez et al., 2012) con modificaciones en las variables de proceso (contenido de humedad de la semilla y la temperatura).

Para poder evaluar y ver la calidad de la harina semi desgrasada de chía se la caracterizó según el porcentaje de humedad, proteínas, cenizas, polifenoles totales, actividad antioxidante (AA) y fibra dietaria total (FDT). En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos de la composición nutricional para la HDC donde se observó una humedad del 11,8%, un porcentaje de proteínas igual a 27,7% (rica en proteína en comparación con otros granos tales como el arroz, la cebada, el maíz, trigo y amaranto), 41,3% de carbohidratos, 13,6% de lípidos, fibra dietaria total de 59,73 % (Reyes y Caudillo, 2008; obtuvieron una proporción menor de FDT), 5,62% de cenizas (es alto comparado a otros cereales como trigo, sorgo y arroz (Oliveira et al., 2015)), un total de compuestos fenólicos de 221,2 mgGAE/100g HDC, una actividad antioxidante de 0,71 mmoles eq TROLOX/100 g HDC, la actividad antioxidante concuerda con los resultados obtenidos por Alfredo et al. (2009) y por último un contenido de ácidos grasos omega-3 igual a 6,85 g/100 g de muestra y de omega-6 igual a 2,16 g/100 g de muestra y finalmente se observó una relación omega-3/omega-6 igual a 3,17. Con estos resultados se corrobora que la HDC posee un alto contenido en proteínas, fibra dietaria total, polifenoles totales, actividad antioxidante y ácidos grasos omega-3 y que comparado a los resultados de las semillas de chía informados en (Cohelo y Salas, 2014; Oliveira et al., 2015) la HDC al poseer menor contenido de lípidos, el contenido de fibra, proteína y cenizas es mayor, además concuerdan con lo informado en (Verdú et al., 2015). Los resultados de proteína en chía son comparables a resultados obtenidos en semillas como el lino. Un estudio realizado por Muñoz et al. (2012) y Sargi et al. (2013) en semillas de chía y lino (*Linum usitatissimum*) mostraron valores de proteína superiores al 20%.

Tabla 12. Información nutricional de la HDC

% Humedad (b.h.)	11,80 ± 0,08
% Proteína (b.s.)	27,70 ± 0,18
% Lípidos (b.s.)	7,06 ± 0,28
% Cenizas (b.s.)	5,62 ± 0,15
% Carbohidratos (b.s.)	41,30 ± 0,54
% Fibra dietaria total (b.s.)	59,73 ± 7,75
Polifenoles totales (mg GAE/100 g HDC) (b.h.)	221,20 ± 2,25
TEAC (mmoles eq TROLOX/100 g HDC) (b.h.)	0,71 ± 2,10
Ac. Grasos omega-3 (18:3) (g/100 g de muestra)	6,85
Ac. Grasos omega-6 (18:2) (g/100 g de muestra)	2,16
Relación omega-3/omega-6	3,17

*Valores expresados por cada 100 g de harina

3.1.2.- Análisis de pastas elaboradas

Se realizaron análisis químicos, nutricionales y físicos a las pastas elaboradas (con semillas de chía y HDC).

3.1.2.1.- Análisis químicos y nutricionales de pastas elaboradas con semillas de chía molidas y HDC

En las Tablas 13 y 14 se muestran los resultados de la caracterización nutricional de las pastas control y pastas con 2,5%, 5% y el 10% de chía/HDC. Los resultados de las pastas con semillas de chía fueron obtenidos a través del programa self nutrition data (<http://nutritiondata.self.com/>).

Tabla 13. Caracterización de pastas secas con 0%, 2,5%, 5% y 10% de semillas de chía

Contenido de nutrientes (100 g)	Agregado de semillas de chía molidas / 100 g de harina			
	0%chía	2,5%chía	5%chía	10%chía
Energía (cal)	249,0	253,0	257,0	264,0
% de energía por grasa	8,0	13,0	17,0	24,0
Grasa total (g)	1,0	1,5	2,0	2,9
Grasa saturada (g)	0,2	0,3	0,3	0,4
Total de Ac. Grasos omega-3 (g)	0,1	3,0	5,9	11,29
Total de Ac. Grasos omega-6 (g)	5,6	6,5	7,4	8,9
Relación omega-3/omega-6	0,02	0,5	0,8	1,3
Carbohidratos (g)	51,8	51,7	51,6	51,3
Proteínas (%)	6,6	6,8	6,9	7,2
Fibra dietaria (g)	1,6	2,2	2,8	3,9
Humedad (%)	8,0	8,2	8,2	8,2

*Valores expresados por cada 100 g de pasta

Los resultados de las pastas secas con semillas de chía enteras molidas (Tabla 13) mostraron un ligero incremento en el contenido calórico de las mismas (máximo 264 para 10%chía vs 249 Kcal/100g para pasta control 0%chía). De igual manera las pastas con

semillas de chía presentaron valores superiores en el contenido de proteínas, grasa total, ácidos grasos omega-3/omega-6 y fibra dietética que la pasta control (0%chía), sin embargo éstas últimas presentaron mayores valores de carbohidratos. Menga et al. (2017) estudiaron el potencial de la semillas chía y su mucílago como ingrediente funcional en la realización de pastas libres de gluten frescas y cocidas para mejorar el perfil nutricional de las mismas, donde observaron que pastas con chía y mucílago presentaban valores más altos de proteína, fibra soluble/insoluble y en el contenido de ácidos fenólicos totales; además ese incremento fué proporcional al agregado de chía y mucílago en una proporción levemente mayor que las obtenidas en este estudio, debido a que la composición de las semillas de chía varían según su origen y las condiciones de crecimiento (humedad, suelo, clima).

En la Tabla 14 se detallan los resultados de los análisis realizados a las pastas secas con HDC. El contenido de proteínas estuvo entre 11,04% para pasta control (0%HDC) a un 12,66% para pasta con (10%HDC) de las cuales las pastas con 5%HDC y 10%HDC mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación a la pasta control (0%HDC) y pasta con (2,5%HDC). Las proteínas son de gran importancia porque se relacionan tanto con la calidad como con la cantidad de proteínas (poder estructural – formación de red) en conjunto con la calidad del almidón (gránulos inmersos en la red proteica) que colaboran en gran medida a la calidad del producto final.

Tabla 14. Caracterización de pastas con 2,5%, 5% y 10% de HDC

Contenido de nutrientes (100 g)	Agregado de HDC / 100 g de harina de trigo			
	0%HDC	2,5%HDC	5%HDC	10%HDC
Ac. Grasos omega-3 (18:3) (g/100 g de muestra)	0,00	0,06	0,11	0,30
Ac. Grasos omega-6 (18:2) (g/100 g de muestra)	0,02	0,05	0,07	0,14
Relación omega-6/omega-3	0,00	1,20	1,57	2,14
Carbohidratos (g)	---	---	---	---
Proteínas (%)	11,04 ^a	11,28 ^a	11,72 ^b	12,66 ^c
Fibra dietaria total FDT (%) (b.s.)	2,86 ^a	4,53 ^b	4,89 ^b	9,08 ^c
Humedad (%)	10,45 ^a	10,74 ^b	10,65 ^b	10,42 ^a
Cenizas (%)	2,18 ^a	2,25 ^a	2,37 ^b	2,48 ^b
Polifenoles Totales (mg/100g)	9,34 ^a	20,21 ^b	29,58 ^c	36,95 ^d
TEAC (mmoles eq TROLOX/100 g pasta)	0,04 ^a	0,06 ^b	0,08 ^c	0,11 ^d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según test DGC

Se cuantificaron valores en cuanto al contenido de fibra dietaria total (FDT) de 2,86% para pasta control (0%HDC), 4,53% para pasta con (2,5% HDC), 4,89% para (5%

HDC) y 10,04% para pasta con (10% HDC), siendo significativamente diferentes las pastas control y 10% HDC de las pastas con 2,5% HDC y 5% HDC, el contenido de fibra incrementó proporcionalmente al contenido de HDC; el alto contenido de fibra podría influir negativamente en el color de las mismas e incrementar el contenido de humedad debido a su cualidad de absorber agua (presencia de hidratos de carbono con grupos polares libres con enlaces hidrófilos que retienen agua). De igual manera la adición del 2,5% (HDC) incrementó el contenido de polifenoles a 20,21 mgGAE/100g, la adición del 5% (HDC) incrementó a 29,58 mgGAE/100g y la adición de un 10% de HDC llevó a 36,95 mgGAE/100g, respecto a la muestra control (930 mgGAE/100g) mostrando valores estadísticamente diferentes entre las muestras ($p \leq 0,05$) estos resultados del contenido de polifenoles totales son superiores a los resultados obtenidos por Gallegos et al. (2010) donde caracterizaron a pastas con harina de poroto; éste se caracteriza por su bajo contenido en grasa, su alto contenido en proteínas, vitaminas-minerales, carbohidratos complejos y son fuente de polifenoles con actividad antioxidante, además se determinó una actividad antioxidante de 0,04 (mmoles eq. TROLOX/100 g pasta) para pasta control (0%HDC), 0,06 (mmoles eq TROLOX/100 g pasta) para (2,5% HDC), 0,08 para (5% HDC) y 0,11 (mmoles eq TROLOX/100 g pasta) para pasta con 10% HDC, demostrando que la HDC incrementó su actividad antioxidante y la concentración de omega-3 y omega-6 al igual que demostraron Coorey et al. (2012) al incorporar distintos porcentajes de chía en chips, sin embargo la mayor concentración de omega 6 obtenida por la pasta con 10% HDC no corresponde a una concentración significativa como informaron Coorey et al. (2012), en chips con 15% de chía con un valor significativo de 19,38 g/100 g de muestra.

En el contenido de cenizas también se observó un leve aumento a medida que la cantidad de HDC se incrementa, desde un 2,18% (pasta control) a un 2,48% (pasta con 10% HDC) esta última siendo estadísticamente diferente a pasta control y pasta con 2,5% HDC, estos resultados son mayores a lo informado por Oliveira et al. (2015) y acorde a lo que obtuvieron Cohelo y Salas (2015). De la misma manera se observó un incremento en el contenido de omega-3 con una relación omega-3/omega-6 de 0,00 para pasta control a 2,14 para pasta con 10% HDC.

El contenido de humedad de las pastas secas se encuentra vinculado con la conservación del producto en góndola por lo que debería ser por lo menos menor al 14%.

Se observó que los valores obtenidos de humedad de las cuatro pastas con HDC se encontraron por debajo del 12%, valor que garantiza una estabilidad del producto en términos de inocuidad.

Los resultados de los análisis químicos y nutricionales de las pastas adicionadas con HDC y con semillas de chía revelaron que la calidad nutricional de las mismas incrementa a medida que se incorpora mayor contenido de HDC y/o semillas de chía. Varios estudios realizados donde utilizaron semillas de chía como ingrediente en la formulación de nuevos productos alimenticios como Cohelo y Salas (2015), Iglesias (2011), Coorey et al. (2012), Menga et al. (2017), entre otros, demostraron un incremento en el contenido nutricional de los productos con semillas de chía.

3.1.2.2.- Análisis físicos

3.1.2.2.1.- Evaluación del color y textura de pastas elaboradas

Las pastas elaboradas tanto crudas como cocidas fueron evaluadas en cuanto al color y textura del producto.

3.1.2.2.1.1.- Calidad de las pastas secas (crudas)

Las pastas secas y crudas se caracterizan por su color amarillo brillante y traslúcido, además una pasta de buena calidad debe ser fuerte mecánicamente y no presentar quebraduras (parámetro importante en el envasado y transporte del producto a góndola). En tal sentido, los resultados evaluados a las pastas crudas en cuanto a color, sus propiedades mecánicas de dureza/fracturabilidad y su perfil viscoamilógrafo se detallan a continuación.

3.1.2.2.1.1.1- Determinación de color de las pastas secas crudas (con chía y HDC)

El color es uno de los factores más importantes para determinar la aceptación de la calidad para los consumidores cuando se agregan otros componentes a la harina de trigo para la elaboración de pastas alimenticias. El parámetro de color depende de la materia prima y formulación utilizada ya que se determina por la presencia de los pigmentos carotenoides, por lo que para productos elaborados a partir de trigo, en especial candeal, los valores de L* y b* son considerados como los atributos de color más

importantes (Kill, 2006; Wandee et al., 2015). Según Chang y Flores (2004), una mayor intensidad del color amarillo es una característica altamente deseable en pastas porque este es uno de los parámetros visuales más influyentes en la aceptación de las mismas. La escala utilizada CIE ($L^*a^*b^*$) va desde el amarillo (deseable) al marrón (no deseable). Como se mencionó en el Capítulo 2, el valor L^* registró el brillo de la muestra, el b^* la tonalidad amarillo-azul y el a^* rojo/marrón al verde. El valor a^* se correlaciona bien con el agregado de fibra, mientras que el L^* y el b^* reflejan lo brillante y amarilla que será la pasta tras su cocción. En la Tabla 15, se presentan los resultados de la determinación de color y el grado de color ($(L^* + (b^* \times 2)) / 20$ en una escala de 1-10 siendo 10 la mejor puntuación) de las pastas crudas con chía y HDC.

Tabla 15. Determinación de color de la pasta cruda

contenido/ chía	L^*	a^*	b^*	Grado de color
0%	73,96 ± 4,40 ^c	1,88 ± 0,22 ^a	16,19 ± 0,55 ^a	5,32
2,5%	68,06 ± 1,79 ^b	2,35 ± 0,44 ^b	17,03 ± 1,67 ^a	5,11
5%	64,70 ± 2,97 ^b	2,74 ± 0,42 ^b	16,22 ± 0,47 ^a	4,86
10%	56,72 ± 2,72 ^a	3,34 ± 0,23 ^c	15,83 ± 0,62 ^a	4,42
contenido/ HDC	L^*	a^*	b^*	Grado de color
0%	68,84 ± 3,01 ^b	1,04 ± 0,14 ^a	16,08 ± 0,15 ^a	5,05
2,5%	66,09 ± 0,78 ^b	1,35 ± 0,29 ^b	14,43 ± 1,42 ^b	4,75
5%	63,50 ± 2,34 ^a	1,38 ± 0,08 ^b	12,99 ± 0,54 ^c	4,47
10%	61,81 ± 5,07 ^a	1,52 ± 0,09 ^b	11,07 ± 0,88 ^d	4,20

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) test DGC, Grado de Color: $(L^* + (b^* \times 2)) / 20$, escala: 1-10, siendo 10 la mejor calificación.

El color de las muestras se vio afectado por el contenido de chía/HDC como se lo esperaba (Tabla 15), observando que a mayor contenido tanto de chía como HDC el color rojo/marrón (a^*) en las muestras se incrementa claramente por el color amarronado y el alto contenido de fibra de la chía de un 1,88 para pasta control (0%chía) a un 3,34 para pasta con (10%chía) y de un 1,04 para pasta con (0%HDC) a un 1,52 para pasta con (10%HDC), igualmente se observó una disminución en el índice de luminosidad (L^*) de 73,96 para pasta con (0%chía) a 56,72 para pasta con (10%chía) y de 68,84 (0%HDC) a un 61,81 (10%HDC) mostrando diferencias significativas entre las muestras para un $p \leq 0,05$ e indicando que las pastas con chía/HDC son menos amarillas y luminosas que la pasta control lo que se corrobora con la puntuación obtenida en el grado de color, las

pastas con chía y HDC obtuvieron una puntuación menor que las pastas control. Estos resultados mostraron la misma tendencia a los valores publicados por Oliveira et al. (2015), quienes resaltaron la reducción significativa de brillo en las pastas con mayor contenido de chía. Bordin y Roque (2012); analizaron a pastas con el agregado de fibra de soja y de la misma manera tanto los valores de L^* y como a^* disminuyeron a medida que incrementaba el contenido de fibra de soja en las pastas.

3.1.2.2.1.1.2.- Determinación de textura de las pastas secas crudas (con semillas de chía y HDC)

La textura de la pasta seca en términos de dureza y fracturabilidad es otro parámetro de calidad de gran importancia. En la Tabla 16 se muestran los valores obtenidos de la prueba de máxima fuerza de ruptura (Bending Strenght test) de la pasta seca cruda. Los resultados fueron expresados en Newtons.

Tabla 16. Fuerza de ruptura de pastas secas con semillas de chía y HDC

contenido/chía	Fuerza de ruptura (N)
0%	2,13 ± 0,25 ^c
2,5%	1,77 ± 0,32 ^b
5%	1,49 ± 0,22 ^b
10%	0,56 ± 0,13 ^a
contenido/HDC	
0%	3,87 ± 0,07 ^b
2,5%	2,86 ± 0,62 ^a
5%	2,25 ± 0,11 ^a
10%	2,25 ± 0,53 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$), test DGC

Los valores obtenidos para pastas con semillas de chía variaron entre 2,13 a 0,56 (N), en comparación a las pastas con HDC que estuvieron entre 3,87 a 2,25 (N), sin embargo en los dos tipos de pastas se observaron que las pastas control mostraron los valores más altos de fuerza de rotura y son significativamente diferentes al resto de las pastas. En cuanto a las pastas con el contenido más alto (10%) en ambos tipos de pastas (chía/HDC) se obtuvieron los valores más bajos, concluyendo que a medida que aumenta tanto el contenido de chía como HDC existe un debilitamiento de la estructura de la pasta y la chía/HDC interrumpió de alguna manera la matriz proteica de la pasta, ya que se necesita menos fuerza para fracturar a la hebra de pasta seca cruda con chía/HDC.

3.1.2.2.1.1.3.- Perfil viscoamilógrafo de pastas secas (crudas)

Los cambios en el comportamiento reológico de una suspensión de almidón calentada como resultado del hinchamiento del gránulo y solubilización (lixiviación) de macromoléculas sobre la gelatinización, pueden ser monitoreados por medidas de viscosidad. Para tal sentido se evaluaron las propiedades de pasting por RVA (Análisis rápido de viscosidad) a pastas secas y crudas con (0%, 2,5%, 5% y 10%) HDC con el fin de relacionar la influencia de la HDC a las características estructurales/funcionales y determinar la viscosidad (consistencia) de las pastas durante el calentamiento.

Costas (2009), señaló que los almidones de tubérculos presentan un aumento intenso de la viscosidad durante el calentamiento (debido a su menor contenido de amilosa) y también presentan una mayor viscosidad de pico que los cereales comunes. Las masas con almidones provenientes de tubérculos y granos aceitosos tienen un breakdown más elevado en relación a los cereales normales y debido al mayor contenido de amilosa los almidones de cereales tienen un mayor setback. La amilopectina es la responsable del hinchamiento granular y la amilosa del aumento de la viscosidad durante el enfriamiento.

Las propiedades de pasting se evaluaron por duplicado utilizando 3,45 g de cada una de las muestras (13% de sólidos, humedad corregida) en un analizador rápido de viscosidad (RVA).

Tabla 17. Valores de viscosidad obtenidos para las pastas elaboradas con (0%, 2,5%, 5% y 10%) HDC

Contenido HDC	(PV) cP	(MV) cP	(BD) cP	(FV) cP	(SB) cP	(PT) (min)	(TMG) (°C)
BCo	836,5±0,1 ^a	547,5±1,7 ^a	289,0±2,9 ^a	1187,0±0,5 ^a	639,5±0,5 ^a	5,7±0,1 ^c	87,6±0,7 ^a
B2,5%	1134,5±2,7 ^b	668,5±2,2 ^b	466,0±3,3 ^b	1409,0±2,1 ^b	740,5±2,0 ^b	5,3±0,9 ^b	85,5±0,0 ^a
B5%	1297,5±1,1 ^c	722,0±1,6 ^c	575,5±0,6 ^c	1488,0±0,7 ^c	766,0±0,2 ^b	5,1±0,1 ^a	76,3±0,2 ^a
B10%	1449,5±2,6 ^d	826,0±1,7 ^d	623,5±3,7 ^d	1602,0±2,3 ^d	776,0±2,9 ^b	5,0±0,9 ^a	66,5±0,9 ^a

Los resultados de la tabla representan la media de los resultados por triplicado de las muestras. Los valores con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de comparación DGC.

Donde: (PV) Viscosidad de pico, (MV) Viscosidad media, (BD) Breakdown-fragilidad, (FV) Viscosidad final, (SB) Setback-retrogradación, (PT) Tiempo de pasting-facilidad de cocción de la pasta, (TMG) Temperatura de pasting/gelatinización.

En la Tabla 17 se muestran las propiedades de viscosidad frente al calentamiento deducidas a partir del análisis del RVA de las pastas con HDC. Los parámetros evaluados en cuanto a la temperatura de pasting (TMG) no mostraron diferencias significativas entre las muestras, sin embargo se observó que a medida que se incrementa el contenido de HDC la TMG es menor, que va desde 87,6 °C para la pasta control a una temperatura de 66,5°C para pasta con 10% de HDC, para pastas con HDC el inicio del cambio de viscosidad se realiza a una menor temperatura, lo que podría deberse al menor contenido de amilosa en las diferentes mezclas y debido a las características de la fibra soluble presente en la HDC (mucílago) que al momento de hidratarse aumenta su viscosidad a menores temperaturas comparadas al almidón.

El máximo valor de viscosidad (PV) o el mejor poder de espesamiento alcanzado (1449,5 cP) lo obtuvo la muestra con 10% HDC y el mínimo alcanzado (836,5 cP) lo obtuvo la muestra control (0% HDC) presentando diferencias significativas entre las mismas, lo que quiere decir que el agregado de HDC hace que exista una mayor hidratación y una leve competencia por el agua entre la fibra soluble y el almidón produciendo un mayor poder de hinchamiento con un consecuente incremento de la viscosidad. Este comportamiento se correlacionó positivamente con los resultados obtenidos por Verdú et al. (2015), donde evaluaron las propiedades de viscosidad de mezclas de harina de trigo/harina de chía en distintas concentraciones (5, 10 y 15% harina de chía) para la elaboración de panes y concluyeron que esas modificaciones pueden estar asociadas con el efecto de los compuestos hidrofílicos de la chía, debido a su buena capacidad de retención de agua y desarrollar hidrocoloides estables y mejorando la red de gluten.

El agregado de harina de chía a las pastas, también provocó un aumento de la viscosidad media (MV), del breakdown (BD), de la viscosidad final (FV) y del setback (SB). La muestra con mayor valor de breakdown corresponde a la muestra con mayor contenido de HDC (B10%) lo que muestra una menor estabilidad frente a la cocción porque presentó la mayor diferencia entre la viscosidad de pico alcanzada y la viscosidad media 623,5 cP frente a 547,5 cP para pasta control (0%HDC) con diferencias significativas entre todas las muestras $p \leq 0,05$. Con respecto a los valores de setback entre muestras con HDC no existieron diferencias significativas pero si existieron diferencias significativas en comparación con la muestra control, demostrando que pastas con HDC

tienden a retrogradar (reasociación de las moléculas del almidón) con mayor facilidad durante el enfriamiento formando geles más firmes. Bustos (2011) estudió las propiedades de viscosidad de mezclas de harina de trigo y harina de cañahua, cuyas viscosidades disminuyeron con el nivel de harina de cañahua en las mezclas debido a los bajos valores de viscosidad de las harinas de cañahua; comportamiento inverso al que tiene la chía.

En la Figura 23 se plasman de mejor manera los perfiles alcanzados para cada una de las muestras (pastas con HDC) con el RVA y se pudo observar claramente el aumento de los valores de viscosidad de las pastas a medida que se incrementa el contenido de HDC.

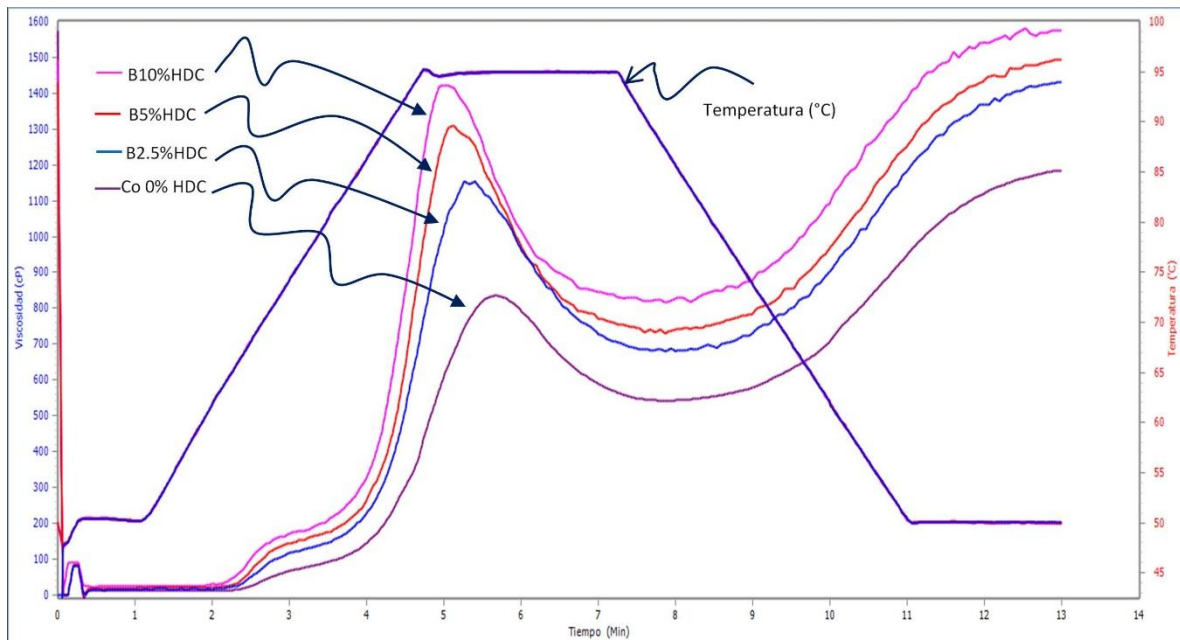


Figura 23. Propiedades de pasting de pastas secas y crudas con HDC

3.1.2.2.1.2.- Evaluación de la calidad de las pastas cocidas

Los resultados evaluados a las pastas cocidas en cuanto a color y textura TPA, se detallan a continuación.

3.1.2.2.1.2.1.- Determinación de color de las pastas cocidas con chía/HDC

En la Tabla 18, se presentan los resultados de la determinación y el grado de color de las pastas cocidas (con chía/HDC), al igual que se observó en las pastas crudas (Tabla

15) este parámetro se vio afectado, observando que a mayor contenido de chíá/HDC el color rojo/marrón (a^*) en las muestras se incrementa de un 0,56 para pasta control (0% chíá) a un 2,04 para pasta con (10% chíá) y de un 0,57 para pasta con (0%HDC) a un 2,70 para pasta con (10%HDC), igualmente se observó una disminución significativa en el índice de luminosidad (L^*) de 76,20 para pasta control (0% chíá) a 65,54 para pasta con (10% chíá) y de 74,45 para pasta con (0%HDC) a un 60,24 para pasta con (10%HDC), indicando que las pastas tanto con chíá como con HDC son menos brillantes que las pastas control concordando con los resultados obtenidos en las pastas crudas (Tabla 15).

Tabla 18. Determinación de color de la pasta cocida con (chía/HDC)

Contenido/ chía	L^*	a^*	b^*	Grado de color
0%	76,20 ± 0,20 ^c	0,56 ± 0,08 ^a	12,07 ± 0,13 ^b	5,02
2,5	68,35 ± 1,00 ^b	1,62 ± 0,16 ^b	10,02 ± 0,42 ^a	4,42
5	67,51 ± 1,57 ^b	1,53 ± 0,17 ^b	10,12 ± 0,47 ^a	4,40
10	65,54 ± 1,29 ^a	2,04 ± 0,13 ^c	10,19 ± 0,16 ^a	4,30
Contenido/ HDC				
0%	74,45 ± 1,64 ^a	0,57 ± 4,96 ^a	13,03 ± 3,15 ^c	5,03
2,5%	68,01 ± 1,05 ^b	1,76 ± 1,21 ^b	12,87 ± 4,83 ^c	4,69
5%	64,48 ± 3,56 ^c	1,68 ± 2,62 ^c	11,84 ± 4,12 ^b	4,41
10%	60,24 ± 0,31 ^d	2,70 ± 3,80 ^d	9,70 ± 0,00 ^a	3,98

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

3.1.2.2.1.2.2.- Análisis de textura de las pastas cocidas (TPA) con chíá/HDC:

El objetivo final es producir pastas con las mejores propiedades de textura posibles. Sin embargo, lo que define la mejor calidad de cocción puede ser subjetivo en relación a la preferencia del consumidor y puede variar de un país a otro, pero la calidad de cocción está a menudo vinculada con una alta firmeza a la mordida, baja pegajosidad, aspecto uniforme e integridad estructural así como una buena resistencia a la sobre cocción donde el agua de cocción debería estar libre o con un mínimo contenido de almidón (bajas pérdidas por cocción) (Marti et al., 2014). La calidad y cantidad de las proteínas formadoras de gluten, la continuidad y fortaleza de la red proteica (gliadinas y gluteninas que interaccionan fuertemente) están muy relacionadas a la textura del producto final ya que el contenido de proteínas justifica el 30-40% de la variabilidad en la calidad de cocción. Las propiedades de textura se relacionan con cambios microestructurales durante la cocción, que a su vez están afectados por el agua y la

temperatura.

La fibra puede inducir fuertes aromas (debido a los ácidos fenólicos) y cambios en la textura con una mayor pérdida de amilosa en la cocción (interacción física y química con el gluten) y consecuente disminución de la firmeza en las pastas (obstaculizan la agregación del gluten) (West, 2012). En la pasta fresca las fibras solubles se incluyen dentro de la red proteica de la pasta, mientras que las fibras insolubles, como el salvado, estarían perturbando la red (Tudoricâ et al., 2002). Algunos mencionan que podría depender de la cantidad, el tipo de fibra (Las partículas de germen afectan la red de proteínas en mayor medida que las partículas de salvado, Aravind et al., 2012) y de las condiciones de proceso (Villeneuve y Gelinas, 2007).

En tal sentido se realizaron pruebas de textura también a las pastas cocidas (TPA - firmeza, elasticidad, gomosidad y adhesividad). Para esto se analizó la firmeza de las pastas cocidas con chía/HDC (Tabla 19) donde se observó que el mayor valor de firmeza tanto para las pastas con chía como para las pastas con HDC la obtuvo la muestra que contiene 2,5%chía con 20,00 N y la muestra que contiene 2,5%HDC con 8,40 N, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las demás muestras. Todos los resultados fueron evaluados por triplicado. Menga et al. (2017) igualmente obtuvieron valores similares de firmeza en pastas con mucílago de chía en comparación a pastas elaboradas con trigo duro. Como se sabe, la firmeza en pastas elaboradas con trigo duro o pan, está determinada por las proteínas de gluten que forman una red a través de mecanismos de entrecruzamiento los cuales incrementan la agregación de proteínas y la formación de enlaces disulfuros intercatenarios (Wagner, et al., 2011).

En el caso de la chía, ésta podría ser utilizada en productos libres de gluten y aprovechar su alto contenido proteico para colaborar en la construcción de una red que imite las propiedades del gluten (Capriles et al., 2016).

Tabla 19. Análisis de textura pastas cocidas con semilla entera y HDC

Contenido/ chía	Adhesividad (J)	Elasticidad (Ad)	Firmeza (N)	Gomosidad (N)
0%	0,00036±0,50 ^a	1,0004±0,30 ^b	17,50±1,45 ^a	14,84±2,16 ^a
2,5%	0,00037±0,50 ^a	0,9996±0,23 ^a	20,00±0,02 ^a	20,05±0,20 ^a
5%	0,00037±0,20 ^a	0,9992±0,01 ^a	17,00±2,30 ^a	13,47±5,30 ^a
10%	0,00043±0,80 ^a	0,9991±0,02 ^b	19,00±4,00 ^a	12,75±0,41 ^a
Contenido/ HDC				
0%	0,00029±0,45 ^a	1,0055±0,33 ^a	7,42±1,06 ^a	9,26±0,66 ^a
2,5%	0,00025±0,15 ^a	0,9995±0,18 ^a	8,40±0,12 ^a	10,22±0,05 ^b
5%	0,00024±0,20 ^a	0,9990±0,45 ^a	6,73±0,59 ^a	8,58±0,47 ^a
10%	0,00027±0,25 ^a	0,9989±0,50 ^a	7,42±0,64 ^a	8,79±0,53 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tanto la calidad de cocción como las características texturales de las pastas y la firmeza, se determinan por la competencia física entre la coagulación de proteínas en una red continua y por el hinchamiento del almidón con consecuentes pérdidas durante la cocción. Si prevalece el primero, las partículas de almidón se encontrarán atrapadas en la red de los alvéolos promoviendo la firmeza de la pasta cocida; mientras que si el último prevalece, la proteína se coagula en masas discretas que carecen de un marco continuo, y por lo tanto la pasta será suave y por lo general pegajosa (El exudado forma un almidón superficial) (Feillet, 1988; Resmini y Pagani, 1983).

3.1.3.- Evaluación de la calidad tecnológica de las pastas cocidas con semillas de chía y HDC

Para una buena calidad tecnológica de las pastas es necesario que la harina de trigo sea de buena calidad, en el sentido de la estructura molecular de las proteínas (calidad y cantidad) presentes, debido a que las interacciones que se establecen durante el amasado dependen de las proteínas y del agua para formar la red de gluten, además de las interacciones con otros componentes presentes en la harina: como almidón, polisacáridos no almidonosos (arabinosilanos, arabinogalactanos) y lípidos (neutros y polares: fosfo y glicolípidos). Además la pasta cocida deberá ser resistente a la sobre cocción, aumentar su volumen original y el agua de cocción libre de almidón. Debido a este concepto se realizó la evaluación de la calidad tecnológica de las pastas para observar si el agregado tanto de semillas de chía como HDC disminuye la calidad de las mismas.

3.1.3.1.- Pruebas de cocción de las pastas con semillas de chía y HDC

En la Tabla 20 se detallan los parámetros de cocción de las distintas muestras de pasta con semillas de chía entera y HDC con el fin de determinar la calidad de cocción de las pastas elaboradas: Tiempo óptimo de cocción (TOC), pérdidas por cocción y absorción de agua.

Tiempo óptimo de cocción (TOC): El tiempo óptimo de cocción influye directamente sobre la textura y sobre el sabor de las pastas, por lo cual, si las pastas se cocinan menos del tiempo recomendado, adquirirá una textura dura y un sabor a harina; pero si por el contrario las pastas se sobre-cocinan, éstas se tornarán blanquecinas-traslucidas, tenderán a romperse y presentarán una textura suave, elástica y pegajosa, cualidades que son desagradables para el consumidor (Khouryieh et al., 2006). Por tal motivo se realizaron distintas pruebas de cocción para ver si el agregado tanto de semillas de chía como HDC a las pastas, modifica la estructura de la misma.

Tabla 20. Propiedades de cocción de la pasta con semilla de chía entera molida y HDC

Contenido/ chía	TOC (min)	Pérdidas por cocción (%)	Absorción de Agua (g)
0%	13,10 ± 0,20 ^d	10,81 ± 1,50 ^b	160,00 ± 18,06 ^a
2,5%	12,10 ± 0,20 ^c	10,21 ± 0,41 ^b	151,00 ± 19,48 ^a
5%	11,10 ± 0,20 ^b	8,95 ± 0,87 ^a	140,17 ± 18,80 ^a
10%	10,10 ± 0,20 ^a	8,19 ± 0,95 ^a	133,67 ± 21,63 ^a
Contenido/ HDC			
0%	14,15 ± 0,20 ^b	13,61 ± 1,27 ^b	162,23 ± 3,90 ^a
2,5%	13,15 ± 0,20 ^a	11,77 ± 1,26 ^a	159,35 ± 5,86 ^a
5%	13,00 ± 0,20 ^a	10,22 ± 1,42 ^a	156,76 ± 8,56 ^a
10%	12,00 ± 0,20 ^a	10,43 ± 0,50 ^a	161,73 ± 6,88 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) test DGC.

Los resultados revelaron que a medida que aumenta la concentración de semilla de chía entera molida en la pasta, el TOC disminuye, encontrándose diferencias significativas entre las muestras. Los 13,10 min cuantificados para la pasta control (0%chía) disminuyeron a 12,00 min para la pasta con mayor porcentaje de semilla de chía (10%chía). Un sistema parecido se informó en los estudios por Chillo et al. (2008), la pasta llamada control elaborada a base de harina de trigo obtuvo el tiempo óptimo más

alto de cocción en comparación a tres pastas elaboradas a base de harina integral de amaranto con quínoa, garbanzo y haba.

En cuanto a las pastas con HDC igualmente se observó una disminución en el TOC de las muestras, los valores de la pasta control (0%HDC) mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con las muestras 2,5%HDC; 5%HDC y 10%HDC, por lo que demuestra que la presencia tanto de la semilla entera como de la HDC modifican la estructura de la pasta ayudando a que el agua de cocción migre más rápido al interior de la pasta facilitando la difusión del agua y disminuyendo por lo tanto el tiempo de cocción, estos resultados se correlacionan con los valores de TMG mostrados en la Tabla 16, ya que la TMG se refiere a la mínima temperatura necesaria para cocinar la muestra.

De igual manera en el porcentaje de pérdidas por cocción se reportó que las pastas con chíá/HDC generaron una disminución significativa de sólidos durante la cocción y que es proporcional al contenido de chíá/HDC incorporado en relación a las pastas control, disminuyendo de un 10,81% para (0%chía) a un 8,19% para (10%chía) y de un 13,61% para pasta (0%HDC) a un 10,43% para (10%HDC), estos resultados concuerdan con lo publicado por Oliveira et al. (2015) y Gallegos et al. (2010), por lo que se pudo observar que la chíá/HDC mejoraron la calidad de las pastas, volviéndolas más resistentes a la cocción mostrando resultados significativamente diferentes en relación a las pastas control. Esto pudo deberse al contenido de lípidos que aportaron las semillas de chíá, éstos formaron un complejo amilosa-lípido dificultando la salida de amilosa hacia el agua de cocción durante la gelatinización del almidón (Dexter et al., 1985), disminuyendo las pérdidas por cocción y evitando disrupción en la matriz proteica del gluten contribuyendo a la disminución de la pegajosidad. Sin embargo, las muestras con HDC tanto en los resultados del TOC como de las pérdidas por cocción mostraron valores más altos que las muestras con semillas de chíá, debido a que la HDC fue desgrasada previamente.

En cuanto a la absorción de agua (proporcional a la gelatinización del almidón), los resultados de la Tabla 20, mostraron que tanto las semillas de chíá como la HDC son una fuente rica en fibra dietaria total por lo cual debería tener una buena capacidad para absorber agua, si se sustituye parcialmente a la harina de trigo por chíá/HDC podría ocurrir que compitan por el agua con el almidón y con las proteínas presentes en la harina de trigo, dificultando la gelatinización del almidón y la dilución de la matriz de gluten en

las pastas. Pero generalmente en las pastas al momento de absorber agua el almidón gelatiniza y se forman geles de proteína produciendo un aumento en el volumen y peso de la pasta (Ferreira et al., 2004), sin embargo los resultados de absorción de agua no muestran diferencias significativas entre las muestras tanto con semillas de chía como con HDC en comparación a las muestras control, lo que se contrapone a lo que reportaron Ferreira et al. (2004), Oliveira et al. (2015), Bordin y Roca (2012), quienes encontraron que el agregado de soja, fibra de soja y harina de semillas de chía a pastas, favorece aún más la absorción de agua y el consiguiente aumento de peso de las mismas.

Lo que se busca para mejorar la calidad de cocción de las pastas, es un proceso de gelatinización del almidón controlado, la presencia de gluten controla la gelatinización del almidón al competir por el agua disponible, por lo que un retículo proteico bien estructurado alrededor de los gránulos de almidón, controla y limita el acceso de agua.

3.1.3.2.- Microestructura de las pastas elaboradas

Conociendo que el agregado de cualquier tipo de harina que no sea de trigo modifica la matriz y la estructura de los productos elaborados con ellas, en este caso de las pastas y que los parámetros de textura obtenidos fueron poco afectados, se realizó una microscopía confocal de barrido láser a una hebra de pasta cruda y cocida para poder corroborar si la incorporación de HDC afectó la microestructura de las muestras.

3.1.3.2.1.- Microscopia de la pasta seca

En la Figura 24 se muestran las imágenes tomadas con el microscopio confocal de barrido láser superficialmente y transversalmente a dos tipos de pasta seca, a la pasta control con 0% HDC y a la pasta con el agregado del 5% de HDC.

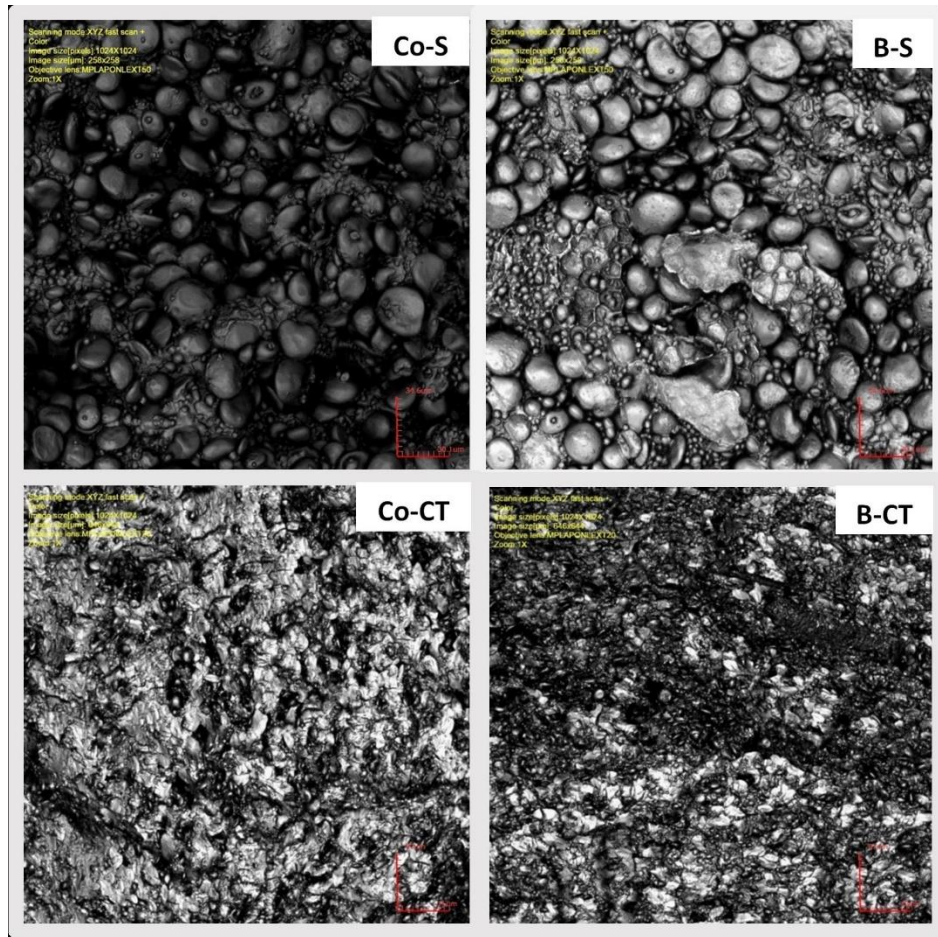


Figura 24. Microscopia confocal de barrido láser de la pasta seca y cruda, Co-S) Superficie pasta control, B-S) Superficie pasta con 5% de HDC, Co-CT) Corte transversal pasta control, B-CT) Corte transversal pasta con 5% HDC

A nivel molecular, en pastas secas y crudas no se observó gelatinización alguna del almidón sino se observó desnaturalización de las proteínas (consolidación del retículo proteico) los gránulos de almidón son también visibles, pero aquí la distribución de la proteína es tanto en forma de cuerpos proteicos como una pasta distribuida entre los gránulos del almidón.

En cuanto a la estructura superficial de las pastas secas numerosos gránulos de almidón de diferente tamaño mantuvieron su forma y se encontraron dentro de una matriz de proteínas que levemente puede ser apreciada en las microfotografías. Además se pudo observar que la pasta control (Figura 24-Co-S) muestra una distribución homogénea de los gránulos de almidón sin casi interrupción por lo que hay una mayor interrelación entre la proteína y el almidón que concuerda con lo descrito por Dexter et al. (1978), sin

embargo, la pasta con 5% HDC muestra una estructura un poco más abierta la cual se ve levemente afectada por las partículas de la HDC (Figura 24-B-S) posiblemente interrumpiendo la formación de la red de gluten, se observa una estructura ligeramente abierta y fácil de ser hidratada, su microestructura se ve levemente más heterogénea que la de la pasta control, lo que corrobora con los datos obtenidos de TOC y TMG.

Analizando la estructura interna de las pastas (Figura 24-Co-CT y B-CT) se observó que la pasta en su interior muestra un sistema poroso donde los gránulos de almidón se ven profundamente incrustados en una red de proteína que levemente puede apreciarse debido a que al haber utilizado poca cantidad de agua en el amasado y el haber recibido poca energía para su formado, no permitió el desarrollo completo de la red de gluten y que durante el proceso de cocción se espera que ocurran posibles interacciones entre las proteínas que coagularon y los componentes del almidón gelatinizados.

3.1.3.2.2.- Microscopia de la pasta cocida

En la Figura 25, (Co-S) (Co-CT) de las pastas cocidas, se pudo observar, a nivel molecular, gelatinización del almidón lo que corrobora que durante el proceso de cocción hubo una hidratación por difusión del agua de afuera hacia el centro de la pasta (aumento de la viscosidad de la suspensión-gránulos hinchados adheridos unos a otros) provocando un cambio continuo de la estructura desde la superficie al centro del mismo.

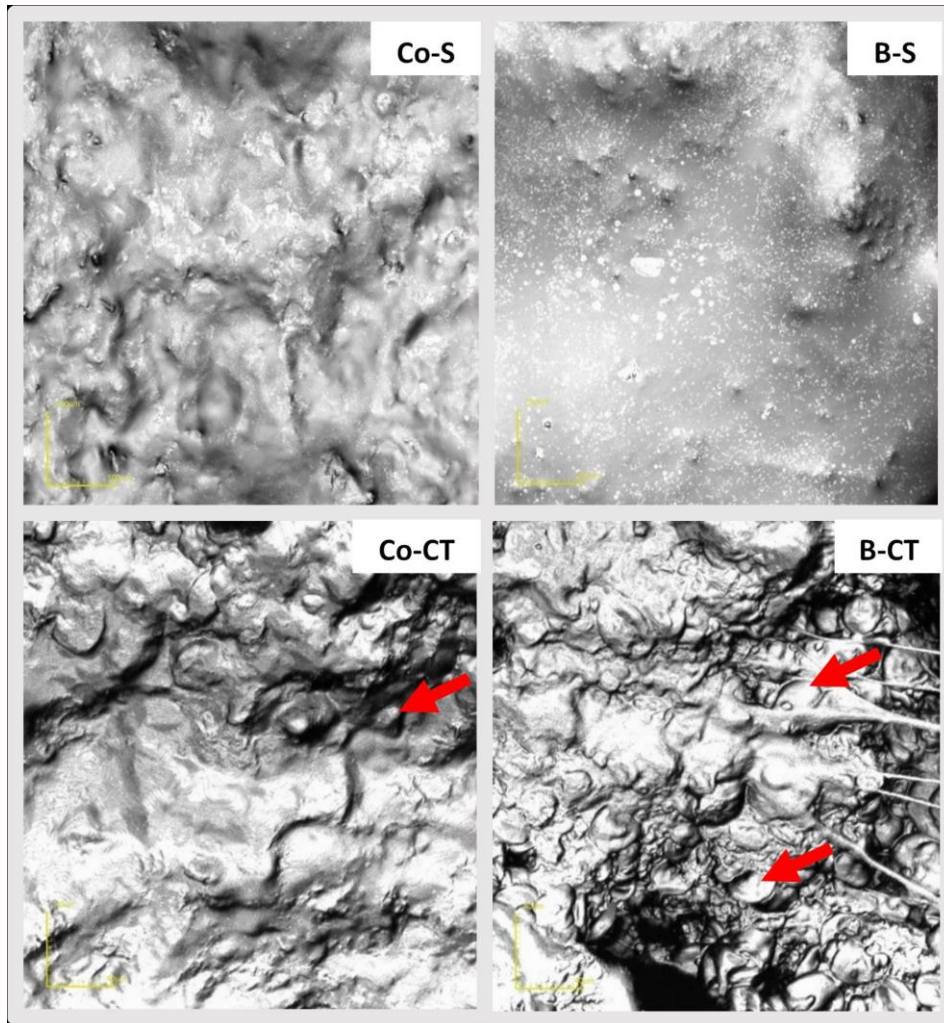


Figura 25. Microscopia confocal de barrido láser de la pasta cocida, Co-S) Superficie pasta control, B-S) Superficie pasta con 5% de HDC, Co-CT) Corte transversal pasta control, B-CT) Corte transversal pasta con 5% HDC

Las flechas de color amarillo indican pequeñas aberturas sobre la superficie de la hebra de pasta control cocida. Las Flechas de color rojo indican gránulos de almidón hinchados y gelatinizados en la estructura interna de las hebras de pasta control y 5%HDC

También se observó en la superficie de la pasta cocida desaparición de los cuerpos proteicos como esferas diferenciadas, los cuerpos proteicos no aparecen como partículas separadas (como se observaba en la Figura 24-pasta cruda), sino como una pasta que se extiende entre los gránulos de almidón, revistiéndolos completamente formando una estructura compacta con ausencia de huecos entre los gránulos de almidón. En la superficie la proteína y el almidón no llegan a distinguirse, forman un film con pequeñas aberturas interconectadas por la red de proteínas y parte de la amilosa lixiviada.

En la microfotografía de la superficie de la pasta con 5%HDC (Figura 25-B-S), se logró observar que durante la cocción, las partículas de harina de chía absorbieron agua a

una menor medida que la matriz de almidón de gluten circundante y que a la vez producen un film homogéneo sobre la superficie de la pasta como si fuera una capa de gel sin ninguna fisura o área abierta como se observó en la imagen de la pasta control (Figura 25-Co-S), además se percibió que las partículas de mayor tamaño de la HDC manifestaron una leve competencia por el agua con el almidón y las proteínas, pero la mayor cantidad de grietas que se formaron durante el secado de la pasta cruda facilitó la migración del agua a nivel local disminuyendo el TOC. En la estructura interna de ambas pastas (Figura 25, Co-CT y B-CT) se distinguen gránulos de almidón que conservan su forma debido a la difusión limitada de agua, con una red de proteína que envuelve al almidón gelatinizado que se mantuvo compacto, sin embargo cerca de la superficie de las pastas se observa una estructura más abierta debido a que al gelatinizar el almidón que se encuentra más cerca de la superficie, parte de la amilosa lixivia hacia el agua de cocción.

3.1.3.3.- Evaluación sensorial de las pastas elaboradas

3.1.3.3.1.- Evaluación sensorial de las pastas con semilla entera molida

En la Tabla 21 se muestran los resultados obtenidos del test de evaluación sensorial realizado por jueces no entrenados para los atributos sensoriales de color, sabor y aceptabilidad general, para poder determinar el grado de aceptación de las pastas cocidas con semillas de chía elaboradas a nivel experimental.

Tabla 21. Evaluación Sensorial de pastas con semillas de chía molidas

Contenido/chía	Aceptabilidad	Color	Sabor
0%	7,99	6,56	6,22
2,5%	6,90	6,25	7,22
5%	6,00	7,00	7,11
10%	5,85	6,57	6,11

Se pudo observar que la aceptabilidad de las pastas se vio influenciada por el agregado de semillas de chía, obteniendo la pasta control un valor de 7,99 en comparación con las pastas con 2,5; 5 y 10% chía que obtuvieron índices de aceptabilidad menores (6,90; 6,00 y 5,85 respectivamente) lo que implica una menor aceptación por parte de los panelistas. Sin embargo se pudo observar que las pastas con 5% de chía son las que mejor fueron evaluadas en cuanto al color (7,00) y las pastas con 2,5% fueron las mejor

evaluadas en cuanto al sabor (7,22). Todas las muestras fueron calificadas por encima de la escala de 5 (ni me gusta ni me disgusta), demostrando que pastas con el agregado hasta un 5% de semillas de chía serían aceptadas por el consumidor.

3.1.3.3.2.- Evaluación sensorial de las pastas con HDC

En la Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos del test de evaluación sensorial realizado a 25 jueces no entrenados para los atributos sensoriales de aroma, color, sabor y textura, para poder determinar el grado de aceptabilidad de las pastas con HDC (cocidas) elaboradas a nivel experimental y si estarían dispuestos a comprar/consumir este tipo de producto.

Tabla 22. Evaluación sensorial y aceptabilidad general de la pasta cocida con HDC

Contenido/ HDC	Color	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura
0%	6,95 ± 1,14 ^b	6,85 ± 1,21 ^b	5,55 ± 1,05 ^a	6,50 ± 1,10 ^b	7,30 ± 1,87 ^b
2,5%	5,35 ± 0,93 ^a	5,40 ± 1,35 ^a	5,65 ± 0,75 ^a	6,50 ± 1,10 ^b	6,60 ± 1,63 ^b
5%	5,10 ± 0,97 ^a	5,35 ± 1,18 ^a	5,75 ± 0,91 ^a	6,50 ± 1,19 ^b	6,60 ± 1,70 ^b
10%	4,65 ± 1,39 ^a	4,70 ± 1,56 ^a	5,20 ± 1,04 ^a	5,40 ± 1,66 ^a	5,80 ± 2,33 ^a

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según el test DGC.

Los valores de color y apariencia general obtuvieron una calificación entre 6,85 a 4,70. La calificación más baja tanto para el atributo color como el atributo apariencia la obtuvo la muestra elaborada con el mayor contenido de HDC (10%) con un puntaje de 4,65 en el atributo color y de 4,70 para el atributo apariencia general. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre la muestra control comparado a las pastas con distintos porcentajes de HDC. En cuanto al atributo sabor las muestras control (0%HDC), 2,5%HDC y 5%HDC obtuvieron valores de 6,5 (me gusta moderadamente), sin embargo la muestra con 10%HDC obtuvo el menor puntaje dentro de la escala hedónica de nueve puntos siendo la única muestra en tener diferencias significativas en comparación a las demás muestras y además de mostrar los valores más bajos en todos los atributos.

La textura del producto mostro valores de 5,80 para pastas con 10%HDC y 7,30 para la muestra control (0%HDC). En cuanto al aroma no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras obteniendo valores alrededor de 5,00 puntos (ni me gusta ni me disgusta).

La aceptabilidad global mostró la puntuación más alta para la muestra control y la puntuación más baja para muestra con 10%HDC, sin embargo, todas las muestras fueron calificadas por encima de la escala 5 (ni me gusta ni me disgusta), demostrando que pastas con el agregado de hasta un 5% de HDC no son rechazadas por el consumidor y concordando con los resultados en la evaluación sensorial de las pastas con semillas de chía Tabla 21 y con lo informado por Oliveira et al. (2015) las pastas mejor calificadas además del control fueron las pastas con menor contenido de chía y la peor calificada fueron las pastas con mayor contenido de chía.

Los atributos de apariencia general y color de las pastas fueron los que mayor influyeron en estos resultados ya que personas que no están acostumbradas a consumir productos con fibra, semillas, legumbres, no les parece familiar. Bordin y Roque (2015); Zhao et al. (2005); también experimentaron resultados similares por jueces no entrenados, las pastas control fueron las más aceptadas. Sin embargo los estudios realizados de evaluación sensorial de pastas libres de gluten a base de amaranto y garbanzo, obtuvieron buenos resultados en cuanto a las propiedades de cocción y sensoriales; cabe resaltar que estos autores utilizaron agentes espesantes como sustituto de gluten en la elaboración de las pastas y a jueces entrenados (Chillo et al., 2008); (Coorey et al., 2012).

En la Tabla 23 se muestran los valores obtenidos de la intención de compra del producto (pastas con HDC) por los jueces.

Tabla 23. Intención de compra

Contenido de HDC	Opción de Compra
0%	5,40 ± 0,88a
2,5%	4,00 ± 0,92b
5%	4,20 ± 0,83b
10%	3,20 ± 1,24a

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según el test DGC

Se observó que las muestras 2,5%HDC y 5%HDC obtuvieron valores similares con las puntuaciones 4,00 y 4,20 que corresponden a (Quizás lo compraría) y como se fue viendo hasta el momento la muestra con 10%HDC también recibió el menor puntaje con 3,20 correspondiente a (No lo compraría). Lo que queda claro que el agregado de HDC en un 10% afectó negativamente la preferencia del consumidor tanto en los atributos color, apariencia general, sabor y textura, como a la compra del producto.

En la Figura 26 se muestra el análisis de correspondencias múltiples (ACM) de la evaluación sensorial realizada a los 25 jueces no entrenados y de la opción de compra que tuvieron cada uno de ellos. Este análisis se realizó con el fin de representar gráficamente la relación entre la aceptabilidad global de los consumidores, según los distintos atributos evaluados a las cuatro tipos de pastas en relación de cercanía/lejanía y relaciones de dependencia y semejanzas existentes entre las variables de naturaleza cualitativa.

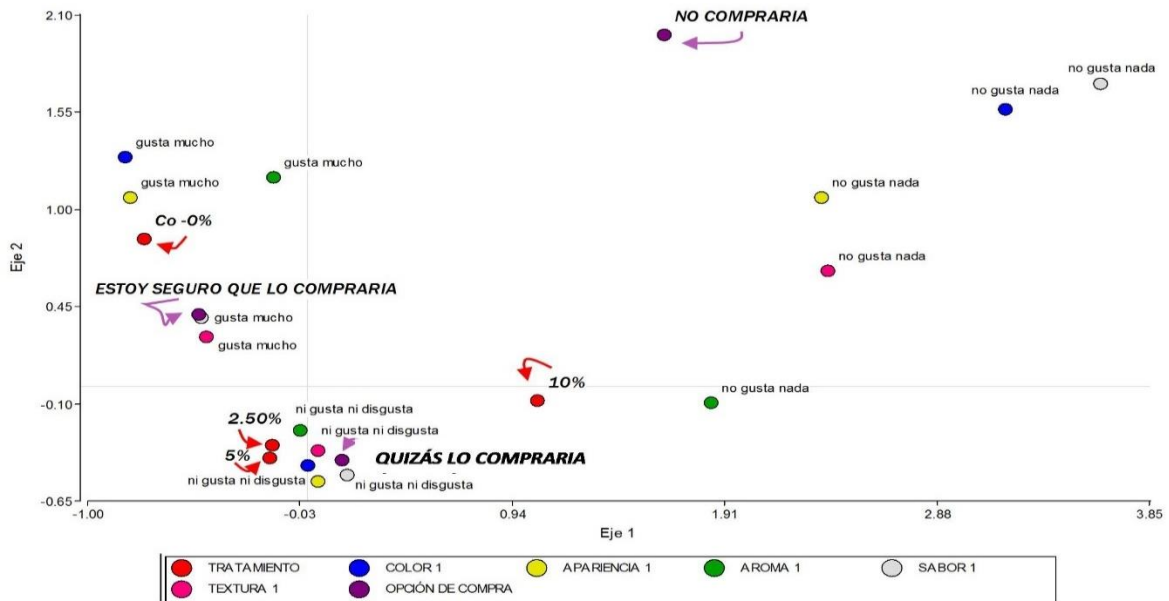


Figura 26. Análisis de correspondencias múltiples de la evaluación sensorial y la opción de compra de las pastas cocidas con HDC

Este análisis mostró una asociación con los resultados del ANOVA en las Tablas 21, 22 y 23, esta figura plasma mejor la asociación de los resultados tanto de la evaluación sensorial como de la opción de compra. Según el eje 1 de la Figura 26, se pudo observar que las pastas control son las más elegidas por los jueces y son las que podrían comprar, también se pudo contemplar que las pastas con el mayor contenido (10%) de HDC fue la muestra menos aceptada por los consumidores y la que no comprarían. Sin embargo las muestras con 2,5% y 5% de HDC no gustan ni disgustan a los jueces y quizás comprarían al producto.

CAPÍTULO 4

4.1.- CONCLUSIONES

En el presente estudio se elaboraron pastas con la adición de semillas de chía y harina desgrasada de chía (HDC). El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de esta materia prima sobre la calidad nutricional, sensorial y tecnológica de las pastas elaboradas y estudiar si la adición de estas materias primas mejora la capacidad antioxidante de las mismas.

De acuerdo a los objetivos propuestos se puede concluir que: La composición química de la HDC demostró un alto contenido en proteínas, fibra dietaria total, ácidos grasos poliinsaturados del tipo omega-3 y compuestos polifenólicos además de poseer una buena actividad antioxidante. Por lo que el agregado de chía y HDC a la harina de trigo en la elaboración de pastas alimenticias es una buena opción para incrementar su contenido nutricional y mejorar las propiedades saludables de pastas tradicionales. El agregado de semillas de chía y HDC a las pastas proporcionó un aumento en las propiedades nutricionales de las mismas y una buena actividad antioxidante.

Por otra parte, la presencia de las semillas de chía y HDC modificó la estructura de la pasta a medida que se incrementó el contenido de las mismas en el producto provocando una disminución en el TOC, de modo que pastas con chía/HDC se cocinaron más rápidamente que las pastas control. Además fueron más resistentes a la cocción ya que a medida que se incorporó mayor cantidad de chía/HDC disminuyó el porcentaje de pérdidas (contenido de almidón) en el agua de cocción tornándose más oscuras y marrones en comparación a las pastas control que fueron más amarillas, luminosas y traslúcidas.

En cuanto a la absorción de agua AA de las pastas se observó que la adición de chía y HDC no afectaron la gelatinización del almidón en comparación a las pastas control. Sin embargo según el análisis de textura de las pastas crudas y secas con chía/HDC mostró mayor fragilidad que las pastas control, aunque la firmeza de las pastas cocidas con chía/HDC no se vio afectada y fueron igualmente firmes que las pastas control.

Según lo observado en las microfotografías obtenidas por microscopía confocal de barrido láser, las pastas crudas con 5% de HDC presentaron una estructura más abierta que facilitó la difusión del agua hacia el interior de las mismas disminuyendo por lo tanto el TOC, interrumpiendo el retículo proteico y perjudicando en alguna medida la calidad de las pastas. La microestructura superficial de la pasta cocida con 5% de HDC fue más homogénea sin distinción de proteína ni almidón, en cambio la superficie de la pasta control fué heterogénea con pequeñas áreas abiertas.

Aunque la red de gluten, que resulta de la harina de trigo, se vio ligeramente afectada, las proteínas y el mucílago de la chía presumiblemente participaron brindando cierta firmeza; que podría deberse a su capacidad de formar geles, disminuyendo el daño en la calidad final de la pasta y por lo tanto obteniendo valores significativamente similares a los de la pasta control en cuanto a la firmeza de las pastas cocidas. Lo que se concluye con el resultado de estas variables que la calidad tecnológica de las pastas se vio levemente afectada en algunos parámetros por el agregado de distintos niveles de chía/HDC, lo que se corrobora que la existencia de algunos componentes en la harina de trigo perjudica en alguna medida el buen comportamiento de las mismas.

El análisis de las propiedades de pasting que determinan la calidad funcional de las pastas reveló que el agregado de HDC a la harina de trigo en la elaboración de las mismas provocó una masa con mayor viscosidad (PV, MV, FV), más frágil (mayor BD) y con mayor tendencia a retrogradar (SB).

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que pese a que las pastas con chía/HDC fueron de diferente calidad a las pastas control, un contenido de hasta un 5% de chía/HDC sería aceptable para mantener una buena calidad tecnológica, incrementar el contenido nutricional y ser aceptadas sensorialmente por el consumidor. Sin embargo es notable consensuar un equilibrio para que la calidad tanto tecnológica como sensorial no se vean afectadas negativamente ya que cualquier otro tipo de harina distinta a la del trigo que se incorpore en la formulación de pastas carece de proteínas formadoras de gluten que coadyuvan a una buena calidad del producto final. Pero la chía al poseer propiedades funcionales muy interesantes, un 5% de chía o HDC se considera viable y aceptable para el consumidor en cuanto a la calidad nutricional, funcional, tecnológica y sensorial de las pastas. Ya que valores mayores no contribuirían a una adecuada

elasticidad sino disminuirían la cohesividad de las pastas elaboradas y la calidad de las mismas en general. Las mediciones instrumentales que se realizaron a las pastas crudas y cocidas como el análisis de textura, color y la evaluación sensorial de las muestras, mostraron una buena sensibilidad y correlación para ser utilizadas como parámetros de calidad de pastas alimenticias.

Con esto se afirma que es factible la utilización tanto de chía como HDC en el desarrollo y formulación de pastas alimenticias a base de harina de trigo, además ésta incorporación permite mejorar la capacidad antioxidante y el perfil nutricional de las mismas modificando en una manera aceptable su calidad tecnológica y sensorial.

4.2.- RECOMENDACIONES

Para enriquecer esta investigación se sugiere realizar en estudios posteriores un perfil de compuestos fenólicos presentes en pastas crudas y cocidas para determinar si hay pérdidas de estos compuestos durante la cocción. También se podría evaluar la absorción de estos mediante pruebas in vitro simulando la digestión gastrointestinal humana para predecir posibles respuestas en personas que consuman alimentos con semillas de chía, su harina desgrasada o alimentos procesados como pastas alimenticias que las contengan.

Igualmente se aconseja investigar nuevas formulaciones y técnicas como la extrusión o el proceso de secado para la elaboración de pastas con el fin de mejorar la respuesta sensorial y la calidad tecnológica del producto llevando el proceso a una escala más industrial.

Estudiar el comportamiento de pastas alimenticias o distintos productos con chía y/o derivados bajo distintas condiciones de almacenamiento, además evaluar si existen cambios en la calidad tecnológica y nutricional.

Proseguir indagando en las propiedades funcionales que tiene el mucílago que se forma al hidratar la semilla de chía en las posibilidades de su utilización en la elaboración de productos alimenticios que requieran de propiedades gelificantes. Y por último se recomienda estudiar el efecto que el agregado de semillas de chía o HDC pudieran tener sobre el índice glucémico de las pastas

BIBLIOGRAFIA

- Ahmed M., Ting I. P., Scora R. W., (1994). Leaf oil composition of *Salvia Hispanica L.*, from three geographical areas. *J. Essentials Oil Res.* 6:223-228.
- AACC, (2001). American Association of Cereal Chemists. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 46 (3), 112-126.
- AACC International, (2001). Methods 08-01, 16-50, 32-05, 32-10, 32-26, 32-40, 44-15, 44-19, 46-30 y 56-11. *Aproved Methods of the American Association of Cereal Chemists.* 10th Edition. The Association. St. Paul, Minnesota, USA.
- Abecassis J., Faure J., Feillet P., (1989). Improvement of cooking quality of maize pasta products by heat treatment. *Food Sci. Food Agric.* 47: 475-485.
- Abecassis J., Abbou R., Chaurand M., Morel M. H., Vernoux P., (1994). Influence of Extrusion Conditions on Extrusion Speed, Temperature, and Pressure in the Extruder and on Pasta Quality, *American Association of Cereal Chemists*, Vol. 71, N°3, Pág 247. Disponible en: http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1994/documents/71_247.pdf
- American Oil Chemists' Society. 1991. *Official Methods and Recommended Practices*, 5th ed. Methods Ce 1-62 and Ce 2-66
- Borneo R., Aguirre, A. (2010). Effect of Wheat Varieties on Pasta Quality. *Food Quality: Control, Analysis and Consumer Concerns.* (Medina, D. Laine, A. M. Eds.) Nova Science Publishers (ISBN: 978-1-61122-917-2), Cordoba-Argentina.
- Álvarez Chávez L. M., Valdivia López M. A., Aburto Juárez M. L. y Tecante A., (2008). Chemical characterization of the lipid fraction of Mexican chia seed (*Salvia Hispanica L.*). *International Journal of Food Properties*, 11, 687-697.
- Antognelli C., (1980). The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient: a review. *J. Food Technol.* 15: 121-145.
- Akinoso R., Olayanju T.M.A., and Oresanya M.O., (2006). Effect of Wormshaft Speed, Moisture Content and Variety on Oil Recovery from Expelled Beniseed, *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal.* Manuscript FP06 008. Vol. VIII.
- AOCS, (1991). American Oil Chemical Society. Fatty acid composition by GLC. *Official methods Ce 1b-89.*
- Aravind, N., Sissons, M.J., Egan, N.E., Fellows, C.M., (2012). Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chem.* 130, 299–309.

- Araya H., Pak N., Vera G., Alviña M., (2003). Digestion rate of legume carbohydrates and glycemic index of legume-based meals. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 54: 119-126.
- Arts, M. J. T. J.; Sebastiaan Dallinga, J.; Voss, H.-P.; Haenen, G. R. M. M.; y Bast A., (2003). A critical appraisal of the use of the antioxidant capacity (TEAC) assay in defining optimal antioxidant structures. *Food Chemistry*, 80, 409–414.
- Avignon A., Hokayem M., Bisbal C., y Lambert K., (2012). Dietary antioxidants: Do they have a role to play in the ongoing fight against abnormal glucose metabolism? *Nutrition*, 28, 715-721.
- Ávila M., (2002). Incorporación del Rapid Visco Analyzer (RVA) para la determinación de la calidad culinaria de arroz. Fundación para la Investigación Agrícola, Boletín Informativo, Enero/Marzo: Año VII, N° 3.
- Ayerza R. (Jr), (1995). Oil Content and Fatty Acid Composition of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Five Northwestern Locations in Argentina. *J Am Oil Chem Soc* 72, 1079-1081
- Ayerza R. y Coates W., (2000). Dietary levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition, for two strains of hens. *Poultry Science*, 78:724-739p.
- Ayerza R. y Coates W., (2001). Chia seeds: natural source of Ω -3 fatty acids. The Annual Meeting of The Association for the Advancement of Industrial Crops, Atlanta, Georgia, USA, p.17.
- Ayerza R., y Coates W., (2004). Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America, *Tropical Science*, vol. 44, pp. 131–135.
- Ayerza R., y Coates W., (2005). Chía. Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs (1st ed.). The University of Arizona Press, Tucson, USA, 197 p.
- Ayerza R, Coates W. (2006). Chía. Redescubriendo un Olvidado Alimento de los Aztecas. Bs. As., Argentina: Editorial del nuevo extremo.
- Ayerza R., y Coates W., (2007). Seed yield, oil content, and fatty acid composition of three botanical sources of w-3 fatty acid planted in the Yungas ecosystem of tropical Argentina, *Tropical Science*, 47: 183–187.
- Ayerza R., y Coates W., (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Ind Crops Prod* 34, 1366-1371.
- Badui Salvador D., (1984), *Química de los Alimentos*. México. Editorial Alhambra.

- Baquero C. y Bermúdez S.A. (1998). Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. En: Temas de Tecnología de alimentos, Vol. 2 Fibra Dietética; Editado por Lajolo, M. y E. Wenzel, CYTED Instituto Politécnico Nacional, México. pp 207-214.
- Barba de la Rosa A. P., Herrera A., Utsumi S., y Paredes-López O., (1996). Molecular characterization, cloning and structural analysis of a cDNA encoding an amaranth globulin. *Journal Plant Physiology*, 149(5), 527–532.
- Bellisle R., Diplock A.T., Hornstra G. et al., (1998). Functional food science in Europe. *Br J Nutr*; 80(suppl):S3–193.
- Bergman C., Gualberto D., Weber C., (1994). Development of high-temperature-dried soft wheat supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Cooking quality, color and sensory evaluation. *Cereal Chem.* 71: 523-527.
- Betancur-Ancona D., Peraza-Mercado G., Moguel-Ordoñez Y., y Fuertes-Blanco S. (2004). Physicochemical characterization of Lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Jack bean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues. *Food Chemistry*, 84, 287–295.
- Biglari F., Alkarkhi A. F. M., y Easa A. M., (2008). “Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran”, *Food Chemistry*, 107(4), 1636–1641.
- Björck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J y Asp N., (1994). Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59: 699S-705S.
- Bordin, A. B.; Roque-Specht, B., (2012). The effects of adding soy fiber to wheat spaghetti. *Boletim do CEPPA, Curitiba*, v. 30, n. 2, p. 177-184.
- Borneo, R., Aguirre A., (2008). Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. *LWT-Food Science and Technology* 41:1748-1751.
- Brunnel C., Pareyt B., Brijs K., Delcour J.A., (2010). The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products, *Food Chemistry*, 120: 371–378.
- Bueno Mirian, Di Sapio Osvaldo, Barolo Melisa, Busilacchi Héctor, Quiroga Mirta, Severin Cecilia, (2010). Quality tests of *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) fruits marketed in the city of Rosario (Santa Fe province, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe Plant Med Aromat* 9(3): 221-227, Epub May 25, 2010.
- Bushuk W., (1998). Wheat breeding for end-product use. *Euphytica* 100: 137-145

- Bushway A.A., Belyea PR., Bushway RJ. (1981). Chia seed as a source of oil, polysaccharide, and protein. *J Food Sci* 46, 1349-1350.
- Bustos Mariela C., (2011). Utilización de la harina integral de cañahua en la elaboración de pastas, Maestría en Tecnología de Alimentos, Univ. Católica de Córdoba, Argentina.
- CAA. Alimentos farináceos, cereales, harinas y productos derivados. Capítulo IX, Productos de fideería.
- Cahill Joseph., (2003). Ethnobotany of Chía, *Salvia hispánica* L. (Lamiaceae), en *Economic Botany*, vol. 57, nº4. pp. 604-618.
- Caicedo L., Carpio C., Demera F., Santana E., (2012). Implementación de una máquina para elaborar fideos en los paralelos charapotó de la carrera de industrias agropecuarias facultad de ciencias zootécnicas de la universidad técnica de manabí, Chone, 2012. Disponible en: <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/9440/1/TESIS.pdf>
- Calvelo A., (2008). Material del curso Tecnología de elaboración de pastas secas. Universidad Nacional de La Plata. Maestría en tecnología de los alimentos.
- Canella C., Pinto A., (2006). The nutritional value of pasta. *Tecn. Mol. Int.*, 57:93-94
- Capitani M. L., Sportono V., Nolasco S. M., Tomás M. C., (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chía (*Salvia Hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT- Food Science and Technology*, 45, 94-102.
- Capitani M. I., Ixtaina V. Y., Nolasco S. M., Tomás M. C., (2013). Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. *J Sci Food Agric*, 93(25): 3856-3862.
- Capriles Vanessa D., dos Santos Fernanda G., Alfredo G. Jose, Areas, (2016). Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds, *Journal of Cereal Science* 67 (2016) 83-91, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2015.08.005>.
- CBI-MFA (CBI Ministry Foreign Affairs), (2015). CBI Tailored Intelligence: Chia from Bolivia. A modern super seed in a classic pork cycle? CBI Market Intelligence. The Hague, Netherlands. Disponible en: https://www.cbi.eu/sites/default/files/market_information/researches/tailored-information-chia-bolivia-europe-grains-pulses-2015_0.pdf.
- Chang Yoon Kil,*, Martínez Flores Héctor Eduardo, (2004). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla *Ciênc. Tecnol. Aliment, Campinas*, 24(4): 487-493, out.-dez.

- Chen C.H., Bushuk W., (1970). Nature of proteins in Triticale and its parental species I. Solubility characteristics and amino-acid composition of endosperm proteins. Canadian Journal of Plant Science, 50: 9-14.
- Chillo, S.; Laverse, J.; Falcone, P.; Del Nobile, M., (2008). Quality spaghetti in base amaranthus whole meal flour added with quinoa broad bean and chickpea. Journal of Food Engineering, Westport, v. 84, n. 1 p. 101-107.
- Clydesdale F., (1997). A proposal for the establishment of scientific criteria for health claims for functional foods. Nutr Rev; Vol 55 p. 413–22.
- Coates W., (2011). Whole and ground chia (*Salvia hispanica L.*) seeds, chia oil - effects on plasma lipids and fatty acids. Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, DOI: 10.1016/B978-0-12-375688-6.10037- 4.
- Coelho, M. S., y Salas-Mellado, M. M., (2015). Effects of substituting chia (*Salvia hispanica L.*) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. LWT - Food Science and Technology, 60, 729–736.
- Colonna P., Barry J.L., Cloarec D., Bornet F., Gouiloud S. y Galmiche J.P., (1990). Enzymic susceptibility of starch from pasta. Journal of cereal science, 11: 59-70.
- Costantini L., Lukšić L., Molinari R., Kreft I., Bonafaccia G., Manzi L., y Merendino N. (2014). Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. Food Chemistry, 165, 232–240.
- Coorey, R. A.; Grant, A.; Jayasena, V., (2012). Effect of chia flour incorporation on the nutritive quality and consumer acceptance of chips. Journal of Food Research, New York, v. 1, n. 4, p. 85-95.
- Coorey R., Tjoe A., y Jayasena V., (2014). Gelling properties of chia seed and flour. Journal of Food Science, 79, E859–E866.
- Costas G., (2009). Starch: Chemistry and Technology Structural Transitions and Related Physical Properties of Starch, 3^{ra} Edición, Capítulo 8, Grecia, Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-746275-2.
- Cruz M., (2002). Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cascara de maracuyá (*Pasiflora edulis*) Tesis. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Decker E.A., (1997). Phenolics: prooxidants or antioxidants. Nutritional Reviews.55 (1): 396-398.
- De Hombre R., Castro E., (2003). Análisis de la textura de Spaghetti de diferentes marcas

- comerciales en Chile. Santiago, Chile.
- Dendy, D. A. V. y B. J. Dobraszczyk, (2001). *Cereals and Cereal Products, Chemistry and Technology*. Aspen Publishers Inc., Gaitsburg, Maryland, USA.
- De Noni I., Pagani M.A., (2010). Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50: 465–472.
- Dexter J.E., Dronzek B.L., Matsuo R.R. (1978). Scanning electron microscopy of cooked spaghetti. *Cereal Chemistry*, vol. 55, no 1, p. 23-30.
- Dexter J.E. y Matsuo R.R., (1979a). Changes in spaghetti protein solubility during cooking. *Cereal Chemistry*, 56: 394-398.
- Dexter J.E., Matsuo R.R., Dronzek B.L., (1979b). A scanning electron microscopy study of Japanese noodles I. *Cereal Chemistry*, 56: 202-208.
- Dexter J.E., Matsuo R.R. y Macgregor A.W., (1985). Relationship of instrumental assessment of spaghetti cooking quality to the type and the amount of material rinsed from cooked spaghetti. *Journal of Cereal Science*, 3: 39-53.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; y Robledo, C. W., (2008). *InfoStat*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Di Sapio Osvaldo, Bueno Mirian, Busilacchi Héctor, Severin Cecilia, (2008). Chía: Importante Antioxidante Vegetal, *Revista Agro mensajes Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR Distribución gratuita ISSN: 16698584*, Rosario Argentina. Disponible en: http://www.rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/1249/Chia_AM24.pdf?sequence=1
- Durán L. y Valenzuela A., (2010). La Experiencia Japonesa Con Los Alimentos FOSHU ¿Los Verdaderos Alimentos Funcionales?, *Rev Chil Nutr Vol. 37, N°2, versión Online ISSN 0717-7518*, Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v37n2/art12.pdf>
- Escudero Álvarez E., González Sánchez P., (2006). La fibra dietética. *Nutr Hosp* 21 (Supl. 2), 61-72. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>.
- Ezhilarasi P.N., Indrani D., Jena B.S., y Anandharamakrishnan C., (2014). Microencapsulation of Garcinia fruit extract by spray drying and its effect on bread quality. *J. Sci. Food Agric.* 94:1116-1123.

- Fang K., Khalil K., (1996). Pasta containing regrinds: effect of high temperature drying on product quality. *Cereal Chem.* 73: 317322.
- Fares, C., Platani, C., Baiano, A., Menga, V., (2010). Effect of processing and cooking on phenolic acid profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta enriched with debranning fractions of wheat. *Food Chem.* 119, 1023e1029.
- Feillet P., (1998). Protein and enzyme composition of durum wheat. Fabriani G., Lintas C. (Eds.) *Durum wheat: chemistry and technology*, AACCC Inc., St. Paul., MN., USA, P. 93–119.
- Feillet P., Ait-Mouh O., Kobrehel K. y Autran J.C., (1989). The role of low molecular weight glutenin proteins in the determination of cooking quality of pasta products: An overview. *Cereal Chemistry*, 66: 26-30.
- Feldman P., Santín C., Etcheverry S., (2001). Eje. Centro de Información sobre alimentos. Año 1, Número 2, Febrero, Chile.
- Ferreira M., Wang S., Souza P., Ramírez J., (2004). Qualidade de cozimento de massas de trigo e soja pré-cozidas por extrasão. *Pesq Agropec Brás*; 39(5):501-507.
- Figuerola F., Hurtado M.L., Estevez A. Chiffelle I. y Asenjo F., (2005). Fiber concentrates from Apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91:395-401.
- Fu B.X., (2008), Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing, *Food Research International*, 41: 888-902.
- Gallegos-Infantea J.A., Rocha-Guzmana N.E., Gonzalez-Laredoa R.F., Ochoa-Martínez L.A., Corzob N., Bello-Perez L.A., Medina-Torres L., Peralta-Alvarez L.E., (2010). Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.), *Food Chemistry* 119 1544–1549.
- Gálvez M., Flores A., y González A., (2006). Proteínas. En: *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Education, México. pp 119-235.
- Goff A., Renard C., Bonnin E., y Thibault J., (2001). Extraction, purification and chemical characterization of xylogalacturonans from pea hulls. *Carbohydrate Polymers*, 45, 325–334.
- Granfeldt Y. y Björck I., (1991). Glycemic response to starch in pasta: a study of mechanisms of limited enzyme availability. *Journal of Cereal Science*, 14: 47-61.
- Granito Marisela, Ascanio Vanesa, (2009). Desarrollo y Transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas, *Archivos latinoamericanos de nutrición*, Venezuela. Disponible en:

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Gómez Pallarés M., León A.E., Rosell C.M., (2007). Trigo; en León A.E., Rosell C.M., editores, De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. 1ra Edición. Hugo Baéz editor. Córdoba, Argentina. Pág. 19-33.
- Guiotto E. N., Ixtaina V. Y., Tomas M. C. M., and Nolasco S. M., (2013). Moisture-dependent engineering properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, in Food Industry, pp. 381–397, INTECH.
- Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C., Abecassis J., (2007). Dry process to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *J. Cereal Sci.* 46, 327e347.
- Henriquez P., Castro E., (2002). Propiedades Viscoelásticas de pastas de harina de trigo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Hepler P.K., y Gunning B.E.S., (1998). Confocal fluorescence microscopy of plant cells. *Protoplasma* 201: 121-157.
- Hernández - Gómez J.A., Miranda Colin S., y Peña Lomeli A., (2008). Cruzamiento natural de chía (*Salvia Hispanica* L.), *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(3): 331-337.
- Hooper L., Thompson R., Harrison R., Summerbell C., Ness A., Moore H., Worthington H. (2006). Risks and Benefits of omega-3 Fats for Mortality, Cardiovascular Disease, and Cancer: systematic Review. *British Medical Journal*, 332(7544): 752-755.
- Hoseney RC., (1994a). Gluten proteins. En: *Principles of Cereal Science and Technology*. Ed. R.C. Hoseney. American Association of Cereal Chemists. 2nd Edition. Pp 197-211.
- Hoseney R.C., (1994b). Pasta and noodles; en Hoseney C. editor, *Principles of Cereal Science and Technology*, Second Edition. American Association of Cereal Chemists, USA. Pág. 321-334.
- Howell R.W., y Collins F.I., (1957). Factors affecting linolenic and linoleic acid content of soybean. *Agron J* 49: 593-597
- Iglesias-Puig E., y Haros M., (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *European Food Research and Technology*, 237, 865–874.

- Inglett G. E., Chen D., y Liu S., (2014). Physical properties of sugar cookies containing chia–oat composites. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 3226–3233.
- Instituto Nacional de Alimentos, (2003). *Análisis fisicoquímico de semillas de chía*. Buenos Aires, pp. 1
- IPO (International Pasta Organisation), (2012). *The world pasta industry*, Roma. Disponible en: <http://www.internationalpasta.org/resources/extra/file/IPO%20AGM%202012/IPOreport2012fin2stat.pdf>
- Ixtaina V.Y., Nolasco S.M., Tomás M. C., (2008). Physical properties of Chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 28, (3): 286-293.
- Ixtania V. Y., Martínez M. L., Spotorno V., Mateo C. M., Maestri D. M., Diehl B. W.K., et al., (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 166-174.
- Jenkins D.J., Wolever T.M., Taylor R.H., Barker H., Fielden H., Baldwin J.M., Bowling A.C., Newman H.C., Jenkins A.L. y Goff D.V., (1981). Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34: 362-366.
- Jenkins D.J.A., Jenkins A.L., Wolever T.M.S., Collier G.R., Rao A.V., Thompson L.U., (1987). Starchy foods and fiber: reduced rate of digestion and improved carbohydrate metabolism. *Scand. J. Gastroenterol.* 22: 131-141.
- Kasarda D.D., Bernardin J. y Nimmo C., (1976). Wheat proteins. En: *Advances in Cereal Science and Technology*. Ed. Y. Pomeranz. American Association of Cereal Chemists, 1: 158-236.
- Khouryieh H., Herald T., Aramouni F., (2006). Quality and sensory properties of fresh egg noodles formulated with either total or partial replacement of egg substitutes. *J Food Sci*; 71(6):S433-S437.
- Kill R.C., Turnbull K., (2001). *Pasta and Semolina Technology*. Blackwell Science. Oxford. England. ISBN 0-632-05349-6.
- Kill R.C., (2004). *Tecnología de la Elaboración de pasta y sémola*. España. Acribia S.A.
- Kill. R.C., Turnbull K., (2006). *Tecnología de la elaboración de pasta y sémola*. Zaragoza: Acribia. Pág 201 y 202.
- Kim E.H., Petrie J.R., Motoi L., Morgenstern M.P., Sutton K.H., Mishra S. y Simmons L.D., (2008). Effect of structural and physicochemical characteristics of the protein matrix in pasta on in vitro starch digestibility. *Food Biophysics*, 3: 229-234.

- Kinsella J.E., (1984). Milk protein: physicochemical and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 21: 197-262.
- Laignelet B., Kobrehel K., y Feillet P., (1972). Le probleme dela coloration des pates alimentaires. *Industries Agricoles et Alimentaires* 89: 413–427.
- Landete J.M., (2012). Updated knowledge about polyphenols: Functions, bioavailability, metabolism, and health. *Critical Reviews in Food Science and nutrition*, 52, 936-948.
- Lauritzen L., Hansen H.S., Jorgensen M.H., Michaelson K.F., (2001). The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Progress in Lipid Research*.40; 1-94.
- León Alberto, Rosell Cristina M., (2007). De Tales Harinas, Tales Panes, Granos, Harinas y Productos de Panificación en Iberoamérica, 1ra Edición, Argentina.
- Lepage M., y Sims R.P.A., (1968). Carotenoid of wheat flour: Their identification and composition. *Cereal Chemistry* 45:600-604.
- Lindsay M.P., Skerritt J.H., (1999). The glutenin macropolymer of wheat flour dough: structure - function perspectives. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 247-253.
- Lucisano, M., Cappa, C., Fongaro, L., Mariotti, M. (2012). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behavior. *Journal of Cereal Science*, 56 (3): 667–675.
- Marconi E., Carcea M., (2001). Pasta from non-traditional raw materials, *Cereal Foods World*, 46: 522-530.
- Marineli R. S., Moraes E. A., Lenquiste S. A., Godoy A. T., Eberlin M. N., y Maróstica M. R., (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). *LWT — Food Science and Technology*, 59, 1304–1310.
- Marti A., Pagani M.A., Seetharaman K., (2014). Textural attributes of wheat and gluten free pasta. In: Dar, Y.L., Light, J.M. (Eds.), *Food Texture Design and Optimization*. pp. 222–244.
- Martínez Monzó J., García Segovia P., (2001). *Nutrición humana*. Ed. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia: 384.
- Martínez M. L., Marín M. a., Salgado Faller C. M., Revol J., Penci M. C., y Ribotta P.D. (2012). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction: Study of processing parameters.

LWT - Food Science and Technology, 47(1), 78–82.
<http://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.12.032>.

- Martínez M. L., Mattea M. A., Maestri D. M., (2008). Pressing and supercritical carbon dioxide extraction of walnut oil. *Journal of Food Engineering*, 88, 399-404.
- Martínez Cruz O., y Paredes López O., (2014). Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds (*Salvia Hispanica L.*) by ultra high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 1346, 43-48.
- Matsuo R.R., Dexter J.E., Boudreau A., Daun J.E., (1986). The role of lipids in determining spaghetti cooking quality. *Cereal Chemistry*, 63: 484–489.
- Matsuo R.R., Dexter J.E., Dronzek B.L. (1978). Scanning electron microscopy study of spaghetti processing. *Cereal Chemistry*, 55: 744-753.
- Mazza G., Oomah B., (1995). Flaxseed, Dietary Fiber, and Cyanogens. *Flaxseed in Human Nutrition*. Ed Cunnane y Thompson, AOCS Press, Champaign, IL. pp.56-81.
- Meleán Romero, Rosana A., (2004). Estrategias para gerenciar costos de producción en industrias de pastas alimenticias. Trabajo Especial de Grado. División de Estudios para Graduados. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela.
- Meleán L. Rosana, Nava V. Yuneska, (2007). Estrategias empresariales aplicadas en el proceso productivo de las industrias de pastas alimenticias de estado de Zulia, *Revista Venezolana de Gerencia*, N° 39, Venezuela. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842007000300007.
- Menga V., Amato M., Phillips T., Angelino D., Morreale F., Fares C., (2016). Gluten free pasta incorporating chia (*Salvia Hispanica*) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility, *Food Chemistry*, www.elsevier.com/locate/foodchem.
- Mercado Gilberto, De la Rosa Carrillo Laura, Wall-Medrano Abraham, López Díaz José Alberto y Álvarez Emilio, (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México, Departamento en Ciencias Químico Biológicas, Departamento en Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Chihuahua. México, *Nutr Hosp.* 2013;28(1):36-46.
- Mestres C., Matencio F., Faure J., (1990). Optimizing process for making pasta from maize in admixture with durum wheat. *Food Sci. Food Agric.* 51: 355-368.

- Miskelly D.M., (1984). Flour components affecting paste and noodle colour. *Journal of Science Food Agriculture* 35: 463–471.
- Mohd Ali N., Yeap S. K., Ho W. Y., Beh B. K., Tan S. W., y Tan S. G., (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 171956.
- Morrison W.R., Law R.V., Snape C.E., (1993). Evidence for inclusion complexes of lipids with V-amylose in maize, rice and oat starches. *Journal of Cereal Science*, 18: 107–109.
- Mourot J., Thuvenot P., Couet C., Antoine J.M., Krobicka A. y Debry G. (1988). Relationship between the rate of gastric emptying and glucose and insulin responses to starchy foods in young healthy adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 48: 1035-1040.
- Muñoz L.A., Cobosa A., Diaza O., Aguilera J.M., (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration, *Journal of Food Engineering* 108 216–224
- Muñoz L.A., Aguilera J.M., Rodriguez-Turienzo L., Cobos A., y Diaz, O., (2012). Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 111, 511–518.
- Nutrition Data, (2008). Seeds, chia seeds, dried. Disponible en: <http://www.nutrition-data.com> Consultado: 3 de junio.
- Oliveira S., Reyes F., Sgarbieri V., Areas M., y Ramalho A., (1991). Nutritional attributes of a sweet corn fibrous residue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(4), 740–743.
- Oliveira Matheus Rodrigues; Ercolani Novack Mariana; Pires Santos Carina; Kubota Ernesto; Severo da Rosa Claudia, (2015). Evaluation of replacing wheat flour with chia flour (*Salvia hispanica* L.) in pasta, *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 36, n. 4, p. 2545-2554, DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n4p254.
- Olivos-Lugo B. L., Valdivia-López M.Á., y Tecante A., (2010). Thermal and physico-chemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Food Science and Technology International*, 16, 89–96.
- Osborne T.B., (1907). Proteins of the wheat kernel. Publication of the Carnegie Institution Washington, vol. 84, p. 1-119
- Parker R., y Ring S. G., (2001). Aspects of the physical chemistry of Starch. *Journal of Cereal Science*, ISSN 0733–5210, 34(1), 1–17. Referenciado en 132

- Peiretti P.G., Meineri G., (2008). Effects on growth performance, characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with Chía (*Salvia hispanica* L.) seed supplements. *Meat Science*, 80, (Issue 4): 1116-1121.
- Peiretti P.G., Gai F., (2009). Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *Animal Feed Science and Technology*, 148, (Issues 2-4): 267-275.
- Peraza G., (2000). Caracterización de los residuos fibrosos de *Canavalia ensiformis* L. y *Phaseolus lunatus* L. y su incorporación a un producto alimenticio. Tesis. Universidad Autónoma de Yucatán- Facultad de Ingeniería Química. México.
- Petitot M., Abecassis J., y Micard V., (2009). Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Trends in Food Science and Technology*, 20: 521-532.
- Pizarro P. L., Almeida E. L., Sammán N. C., y Chang Y. K., (2013). Evaluation of whole chia (*Salvia hispanica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. *LWT - Food Science and Technology*, 54, 73–79.
- Plietz P., Damaschun G., Zirwer D., Gast K., Schwenke K.D., y Prakash V., (1986). Shape and quaternary structure of α -globulin from sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds as revealed by small angle X-ray scattering and quasi-elastic light scattering. *The Journal of Biological Chemistry*, 261(27), 12686–12691.
- Podio Natalia S., (2015). Huella dactilar de trigo argentino: evaluación de la trazabilidad química y las características antioxidantes de trigo, harina y derivados, Tesis doctoral, Departamento de Química Orgánica, Instituto en Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Prior R. L., Wu X., y Schaich K., (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4290–302.
- Professional Pasta L1N11P058 Mondelli, Gianni. Drying pasta technology in a simple format. *Professional Pasta*, 11: 10-23.
- Rendón Villalobos R. y Flores Huicochea E., (2016). Chia as a food ingredient, Nova Science Publishers, Capítulo 7, Plant Science Research and Practice-Properties, applications and health, México.
- Resmini P., Pagani M. A., (1983). Ultrastructure studies of pasta: a review // *Food Microstructure*. Vol. 2. P. 1–12.

- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., y Valdivia-López, M. A., (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, 107, 656–663.
- Rodríguez M., (2003). Las pastas alimenticias, *Trends in Food Science and Technology*.
- Rodríguez Vallejo J., (1992). Historia de la agricultura y de la fitopatología, con referencia especial a México. Colegio de Post-graduados en Ciencias Agrícolas, Ciudad de México, México.
- Sabanis D., Dokastakis G., (2004). New formulations for the production of pasta (lasagna) products enriched with chickpea flour. *J. Sci Food Agric.* 63:66-73
- Saito M., (2007). Role of FOSHU (Food for Specified Health Uses) for healthier life. *Pharmac Soc Japan*; 127: 407-416.
- Seguezzo M.L., (2014). Calidad en Trigo Candeal, Laboratorio de calidad industrial de granos, Chacra Experimental integrada Barrow, Argentina- Buenos Aires. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_calidad_en_trigo_candeal.pdf.
- Shewry P.R., Halfors N.G., Y Tatham A.S., (1992). High molecular weight subunits of wheat glutenin. *Journal of Cereal Science*, 15: 105-120.
- Shotton D.M., (1989). Confocal scanning optical microscopy and its applications for biological specimens. *Journal of Cell Science* 94: 175-206.
- Simopoulos P.A., (2004). omega-6/omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. *Food Reviews International*, 20 (1): 77-90p.
- Singh J., Dartois A., y Kaur L., (2010). Starch digestibility in food matrix: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 21: 168-180.
- Sargi, S.; Silva, B.; Santos, H. M.; Montanher, P.; Boeing, J.; Santos Junior, O.; Souza, N.; Visentainer, J. (2013). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in Omega 3: chia, flax, and perilla. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 33, n. 3, p. 541-548.
- Sissons Mike J., Fellows Christopher M., (2014). Sensory, Technological, and Health Aspects of Adding Fiber to Wheat-Based Pasta, ELSEVIER, *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*, Australia. Disponible en: http://ac.els-cdn.com/B9780124017160000179/3-s2.0-B9780124017160000179-main.pdf?_tid=849f8da4-e23a-11e5-907e-00000aab0f02&acdnat=1457117846_80664f521aba0b173c53f36c94525937

- Sissons M.J., Abecassis J., Marchylo B., Carcea M., (2012). Durum Wheat, Chemistry and Technology, 2nd edition, AACC, ISBN 978-1-891127-65-6.
- Sreedhar, R. V., Kumari, P., Rupwate, D. S., Rajasekharan R., y Srinivasan M., (2015). Exploring triacylglycerol biosynthetic Pathway in developing seeds of chia (*Salvia hispanica* L.): A transcriptomic approach. Plos One, 10(4): 1-18. doi:10.1371/journal.pone.0123580.
- Steffolani E., Martinez M.M., León A.E., y Gómez M., (2015). Effect of pre-hydration of chia (*Salvia hispanica* L.), seeds and flour on the quality of wheat flour breads. LWT - Food Science and Technology, 61, 401–406.
- Taga M.S., Miller E.E., Pratt D.E., (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. Journal of the American Oil Chemist's Society, 61, 928–931.
- Tamayo Y., y Bermudez S.A., (1998). Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. En: Temas de Tecnología de alimentos, Vol. 2 Fibra Dietética; Editado por Lajolo, M. y E. Wenzel, CYTED Instituto Politécnico Nacional, México. pp. 181-189.
- Tiwary C.M., Ward J.A., Jackson B.A., (1997). Effect of pectin on satiety in healthy US Army adults. J Am Coll Nutr 116, 423-428
- Torres A., Rodríguez M., Guerra M., Granito M., (2009). Factibilidad tecnológica de incorporar germen desgrasado de maíz en la elaboración de pasta corta, Volumen 22, No. 1, Venezuela, <http://www.scielo.org.ve/pdf/avn/v22n1/art05.pdf>
- Tosco G., (2004). Los beneficios de la chía en humanos y animales. Nutrientes de la semilla de chía y su relación con los requerimientos humanos diarios, Actua.lidades Ornitológicas No. 119.
- Troccoli A., Borrelli G.M., DeVita P., Fares C., Di Fonzo N., (2000), Durum wheat quality: a multidisciplinary concept. J Cereal Sci 32: 99-113.
- Tuberoso C., Kowalczyk A., Sarritzu, E., y Cabras P., (2007). Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. Food Chemistry, 103, 1494–1501.
- Tudoricâ C.M., Kuri V., Brennan C.S., (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 347-356.
- UIFRA Unión de los Industriales Fideeros de la República de Argentina, (2014). La Industria Argentina de Pastas Secas-Guía práctica, Argentina. Disponible en: http://copal.org.ar/wp-content/uploads/2015/06/pastas_secas_argentinas.pdf

- Urbina M., (1983). La chía y sus aplicaciones, *Revista de Geografía agrícola. Análisis Regional de la agricultura*, Universidad Autónoma de Chapingo, México.4: 123-133
- United States Department of Agriculture - USDA, (2002). *Nutrient Database for Standard Reference*. Release 15, Nutrient. Data Laboratory, Beltsville Research Center, US Department of Agriculture, Pennsylvania, USA.
- Vansteelandt J., Delcour JA., (1998). Physical behavior of durum wheat starch (*Triticum durum*) during industrial pasta processing. *J. Agric. Food Chem.* 46: 2499-2503.
- Vázquez-Ovando A., Rosado-Rubio G., Chel-Guerrero L., Betancur-Ancona D., (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.), *LWT - Food Science and Technology* 42 168–173.
- Verdú Samuel, Vasquez Francisco, Ivorra Eugenio., Sanchez Antonio J., Barat Jose M., Grau Raúl, (2015). Physicochemical effects of chia (*Salvia hispanica*) seed flour on each wheat bread-making process phase and product storage, *Journal of Cereal Science* 65 (2015) 67e73.
- Vernière C.I., y Feillet P., (1999). Effects of mixing conditions on pasta dough development and biochemical changes. *Cereal Chemistry*, 76: 558-565.
- Villeneuve S., Gelinat P., (2007). Drying kinetics of whole durum wheat pasta according to temperature and relative humidity. *LWT - Food Sci. Technol.* 40, 465–471.
- Vitaglione P., Napolitano A., Fogliano V., (2008). Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Food Sci Tech* 19, 451-463
- Vuksan V., (2007). *Salvia hispanica* L. (chia) in the management and treatment of cardiovascular diseases, diabetes and associated risk factors. United States patent application publication. Pub No US 2004/0185129 A1.
- Wagner M., Morel Marie-Helene, Bonicel Joelle y Cuq Bernard, (2011). Mechanisms of Heat-Mediated Aggregation of Wheat Gluten Protein upon Pasta Processing, [dx.doi.org/10.1021/jf104341w](https://doi.org/10.1021/jf104341w) | *J. Agric. Food Chem.* 59, 3146–3154
- Wandee Y., Uttapap D., Pancha-Arnon S., Puttanlek C., Rungsardthong V.; Wetprasit N., (2015). Quality assessment of noodles made from blends of rice flour and canna starch. *Food Chemistry* 179: 85-93.
- Wang H., Cao G., y Prior R.L., (1996). Total Antioxidant Capacity of Fruits. *Journal Agricultural Food Chemists.* 44 (3): 701-705.
- West R., (2012). *Whole Grain Pasta: A Physicochemical and Sensory Study*. Dissertation. Guelph.

- Whilster R., Daniel J., (1984). Molecular structure of Starch. En: Starch Chemistry and Technology. Ed. Whilster R, BeMiller J, Paschal E. Academic Press. NY. EUA. 153-182.
- Yamada K. Sato-Mito N., Nagata J., Umegaki K., (2008). Health claim evidence requirements in Japan. J Nutr; 138: 1192S-1198S.
- Zambrano Z., Meléndez P. R., y Gallardo N. T., (2001). Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. En: Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editorial Varela, Brasil. pp. 195-209.
- Zhao, J. H.; Manthey, F.; Chang, K.; Hou, H.; Yuan, H. (2005). Quality characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil and chickpea, flours. Journal of Food Science, Chicago, v. 70, n. 3, p. 371-376.