UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS MEJORADORES: GOMA XANTHAN Y GLUTEN DE TRIGO EN LA PREPARACIÓN DE "DRY NOODLES" CON REEMPLAZO PARCIAL DE HARINA DE PAPA

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y Agronegocios

ANGIE ISABEL CONDORI VELASQUEZ

RILDO OCAN QUISPE

Asesor:
Luis Alberto Olivera Montenegro
(0000-0002-0151-7031)

Lima –Perú
2021

foods

MDPI

Revista

Evaluación del Efecto de los Mejoradores: Goma Xanthan y Gluten de Trigo en la Preparación de Pasta con Reemplazo Parcial de Harina de papa

Angie Isabel Condori [1], Rildo Ocan [1] y Luis Olivera [1*]

[1] Grupo de ciencia, tecnología e innovación en alimentos (CTIA), School of Agroindustrial Engineering, San Ignacio de Loyola University, Lima-Perú; www.usil.edu.pe

* Correspondencia: lolivera@usil.edu.pe

Resumen: La investigación tuvo como objetivo evaluar y comparar el efecto de los mejoradores: Goma Xanthan y Gluten de trigo en la preparación de dry noodles con reemplazo parcial de harina de papa (HP) y determinar el tratamiento con mayor grado de sustitución con una calidad similar al patrón. Las sustituciones propuestas tuvieron los siguientes porcentajes: Z_0 (100% HT); Z_1 (90HT/10HP); Z_2 (80HT/20HP) y Z_3 (70HT/30HP), se consideró como tratamientos la aplicación de los mejoradores agrupados de la siguiente forma: GL4%+GX 0.2%, GL4%+GX0.4%, GL4%+GX0.6%, GL6%+GX0.2%, GL6%+GX0.4% y GL6%+GX0.6%. La investigación constó de 3 fases: Determinación de la calidad harinera de materias primas, evaluación reológica de la masa, y una evaluación culinaria de las muestras seleccionadas en la etapa anterior. La caracterización reológica de la masa se realizó en base al Método ICC Standard No.121, el TOC en base al método AACC 66-50.01, pérdidas por cocción y porcentaje de hinchamiento fueron métodos adaptados. Los resultados demostraron que la integración de incluso un 20 % de HP por HT con la aplicación de GL6%+GX0.4%, los noodles no mostraron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con el patrón.

Palabras clave: noodles; harina de papa; goma Xanthan; Gluten de trigo; calidad culinaria

Cita: Apellido, F.; Apellido, F.; Apellido, F. Título. Alimentos 2021, 10, x. https://doi.org/10.3390/xxxxx

Editor académico: Luis Olivera

Recibido:
Aceptado:
Publicado:

Nota del editor: MDPI se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.

Derechis del autor: © 2021 por los autores. Presentado para una posible publicación de acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introducción

Las pastas alimenticias son uno de los principales alimentos del mundo y de gran aprobación por su accesibilidad, atributos nutricionales y palatabilidad [1]. El consumo por persona de pasta en el Perú es de 10 kg por residente, siendo este uno de los más altos en Latinoamérica [2]. De acuerdo con la Norma Técnica Peruana 206.010:2016 [3], estos son productos no fermentados, conseguidos por la mezcla de agua potable con sémola de trigo duro o harina de trigo (HT) o mezcla de las dos, sometidos a un proceso de laminación y/o extrusión y a un seguido proceso de secado. Según el tipo de elaboración y trigo utilizado se catalogan en noodles y pastas, para la pasta el principal componente es la sémola proveniente de los granos de trigo durum, que son procesados por extrusión [4], en caso de los noodles son fabricados a partir de harina pan mediante un proceso de laminado y cortado, existen 3 tipos generales de noodles: fresh noodles, dry noodles and instant fried noodles [5,6].

Las áreas de panificación y pastas son lideradas por la industria molinera en un 68% y 23% respectivamente; el Perú demanda por año cerca de dos millones de toneladas métricas de trigo, siendo abastecida en un 90% por importaciones [7], debido a la cantidad importada el precio de este cereal está sujeto al mercado internacional [8]. Así mismo, el trigo es un commodity agrícola por ser un bien comercializable masificado de gran valor y utilidad con dependencia de las condiciones climáticas del cultivo, por tanto, con incidencia directa en la variabilidad e inestabilidad en los precios del mercado mundial [9].

En consecuencia, hoy en día la industria busca reemplazar la harina utilizada tradicionalmente, sin embargo, esta sustitución ocasiona numerosos inconvenientes tecnológicos debido a la disminución de gluten [10], ya que este fortalece el desarrollo de la masa y previene la lixiviación del almidón en la cocción [5].

La papa es el principal sustento de los hogares en la región andina del Perú, ya que participa activamente en la economía agrícola de la región [11]. El consumo fresco de papas equivale a menos del 50%, el resto se destina en la producción de: harina de papa, almidón y papa deshidratada; la harina de papa en los últimos años incrementó en su uso en la industria alimentaria, un ejemplo es el área de panificación, sin embargo, aún no se aprovecha al máximo en otras áreas [12,13]. Una mayor demanda de harina de papa representaría menores pérdidas de este tubérculo, ya que la papa se ubica en el tercer puesto como el alimento con más grandes pérdidas a partir del cultivo hasta la distribución en el Perú (31.6%), siendo las principales causas el almacenamiento y la falta de mercado [14].

La aplicación de aditivos como el gluten y la goma xanthan en pastas se estudiaron en los últimos años por diversos autores, algunas de estas investigaciones fueron, el impacto de mejoradores de harina: Goma xanthan, Ácido Ascórbico, entre otros en pastas alimenticias con sustitución parcial de la materia prima [15], efecto de la goma xanthan en las cualidades de cocción, textura y microestructura de fideos instantáneos de papa, para este estudio se utilizaron concentraciones de 0.3, 0.6 y 0.9% p/p llegando a concluir que la calidad general disminuye a medida que se incrementa la dosis de GX [16], uso de pastas como alimentos funcionales, donde se destaca el impacto positivo del Gluten en la pasta usando dosis de 3 y 6% p/p en harina de trigo pan [4], el uso de hidrocoloides (incluida la goma xanthan en dosis de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% p/p) para el reforzamiento de las cualidades de cocción de zero-salt noodles, obteniendo como resultado una reducción del almidón sedimentado en las muestras con aplicación del emulsificante [17], efecto de la goma xanthan y goma guar (ambas aplicadas en dosis de 0.25 y 0.35%) sobre las propiedades de pegado y fabricación de fideos a base de almidón de papa, maíz y frijol, en donde se concluyó que ambas gomas aumentan el tiempo de cocción y disminuyen la lixiviación del almidón [18], efecto de la goma xanthan y el dodecilsulfato de sodio sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de fideos instantáneos no fritos, resultando una mayor perdida por cocción en las muestras con goma xanthan [19]. Así mismo, la integración parcial de harina de trigo en la preparación de pastas alimenticias fue objeto de varios estudios, ejemplificando, desarrollo y evaluación de la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de papa china [20], Influencia de la harina de camote en la microestructura y calidad nutricional de fideos largos [21], Influencia de la sustitución de harina de trigo por pure de papa en la reología de la masa, la microestructura y la calidad de los fideos [22], empleo de harinas de lenteja, sagú y quinua en la fabricación de pasta [23] , Aplicación de salvado de trigo blando en la producción de pasta con alto contenido de fibra [24]. Sin embargo, hay pocos estudios sobre el efecto en la calidad culinaria y reologica de la integración de la harina de papa en la elaboración de noodles con el uso de mejorantes tecnológicos (Goma xanthan y gluten de trigo).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los mejoradores: Goma Xanthan (GX) y Gluten de trigo (GL) en la producción de dried noodles con reemplazo parcial de harina de papa (HP) y señalar la muestra con mayor grado de sustitución con una calidad similar al patrón en base a los resultados sensoriales del producto final; esto con la finalidad de reforzar el uso de harina de papa en el área de pastas, en consecuencia reducir grandes pérdidas y generar nuevas alternativas de ingreso para países productores de papa, así como disminuir la marcada dependencia por la harina de trigo.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

La harina de trigo (HT) fue adquirida de la compañía Molitalia S.A.C., esta provino de la variedad de trigo rojo de primavera de las praderas de Canadá, también llamada por

sus siglas en inglés CPSR. La harina de papa elaborada con la variedad de papa nativa "Amarilla del centro" fue adquirida de la empresa Agro Mi Perú Foods S.A.C, Carapongo-Chosica, la cual trabaja directamente con campesinos de los departamentos de Ancash y Huancavelica. Los mejoradores usados en el presente estudio fueron Gluten y Goma Xanthan, los cuales se adquirieron de las empresas Bakery S.A.C e Insumos & Soluciones S.A.C respectivamente.

2.2. Métodos

2.2.1. Evaluación de la Calidad Harinera

Se realizaron en concordancia a lo mencionado a continuación: Humedad [25]; cenizas (NTP 205.038) [26]; almidón dañado (AACC Método 76-33.01) [27]; gluten (ICC Standard Method 155) [28]; color (medido con el Colorímetro Konica Minolta), el cual se basa en lo definido por la Comisión Internacional de la Iluminación en 1976 [29], este es reportado como L*, a*, y b*, los cuales representan el rango negro-blanco, verde-rojo y azul-amarillo respectivamente; granulometría (la distribución de tamaño de granulometría fue obtenida con un conjunto de mallas Nº 45,60,100,120 y 140 U.S. mediante el uso de un tamizador Tyler); proteína (AOAC 979.09 Método Kjeldahl) [30]; todos los análisis se realizaron en las áreas de investigación de la compañía Molitalia S.A.C.

2.2.2. Características Reológicas de la Masa

La prueba reológica se realizó utilizando un Alveógrafo NG de Chopin Technologies, acorde al Método ICC Standard No.121 [31]. Los parámetros fueron automáticamente registrados mediante un programa de Software, estos fueron: Tenacidad (P), extensibilidad de la masa (L), configuración de la curva (relación P/L) y energía de deformación (W).

2.2.3. Calidad Culinaria

Se evaluó el tiempo óptimo de cocción (TOC) utilizando el método descrito por la AACC International: Approved Method 66-50.01 [32], en donde se coloca la pasta en agua en ebullición en una relación de 1/10 respectivamente, para posteriormente retirar unas hebras cada minuto y apretarla entre dos placas transparentes, el TOC se determina cuando el núcleo central se disipa [32]; para el porcentaje de hinchamiento, la pasta cocida, considerando el TOC; fue drenada y se pesó antes y después de la cocción [33]; y las pérdidas por cocción se hallaron tomando una muestra del agua de cocción, las cuales se situaron en tubos para posteriormente ser centrifugado, y finalmente se tomó la lectura de los sedimentos de cada tubo [34].

2.2.4. Elaboración de la Pasta

Los noodles fueron elaborados en las áreas de investigación y desarrollo de la empresa Molitalia S.A.C, se realizó un mezclado por 10 min, seguido de un tiempo de descanso de 30 minutos, posteriormente el laminado y cortado, y finalmente se procedió al secado por 10 horas a 45ºC; así mismo se describe que el dry noodle es una mezcla de 30-33% agua, 2.5% NaCl y 100% HT [35], (para la presente investigación esta se sustituirá con harina de papa).

2.2.5. Diseño experimental

En una primera fase se evaluó la calidad harinera de las materias primas; en la segunda fase se incluyó un patrón Z_0 (100% HT) y tres porcentajes de sustitución Z_1, Z_2 y Z_3 en las cuales se reemplazó la HT en 10%, 20% y 30% con harina de papa respectivamente, se consideró como tratamientos las aplicación de los mejoradores agrupados de la siguiente forma: GL4%+GX0.2%, GL4%+GX0.4%, GL4%+GX0.6%, GL6%+GX0.2%, GL6%+GX0.4% y GL6%+GX0.6% , se realizó una evaluación la cual constó de análisis reológicos de la masa, seguidamente se escogieron las muestras similares al patrón Z_0; en la tercera etapa se realizó la evaluación culinaria de las muestras seleccionadas en la etapa anterior, finalmente se escogió la mejor muestra tomando como referencia al patrón Z_0.

Siendo una investigación aplicada con Diseño experimental puro:

Para la Segunda Etapa

GE: X 0_1
GC: - 0_2

Donde:
X: aplicación de porcentajes de mejoradores (Gluten y Goma xanthan)
GE: Grupo de mezclas de harina de papa y trigo.
GC: Patrón.
0_2: Medición de la fuerza (W), Tenacidad (T) y elasticidad (L) en el patrón.
0_1: Medición de la fuerza (W), Tenacidad (T) y elasticidad (L) en las muestras experimentales.

Para la tercera etapa

GE: X 0_1
GC: - 0_2

Donde:
X: Aplicación de porcentajes de mejoradores (Gluten y Goma xanthan) y porcentajes de sustitución con HP
GE: Harina de trigo
GC: Patrón
0_2: Medición de calidad culinaria en el patrón
0_1: Medición de calidad culinaria en las muestras experimentales

La figura 1 muestra lo mencionado anteriormente.

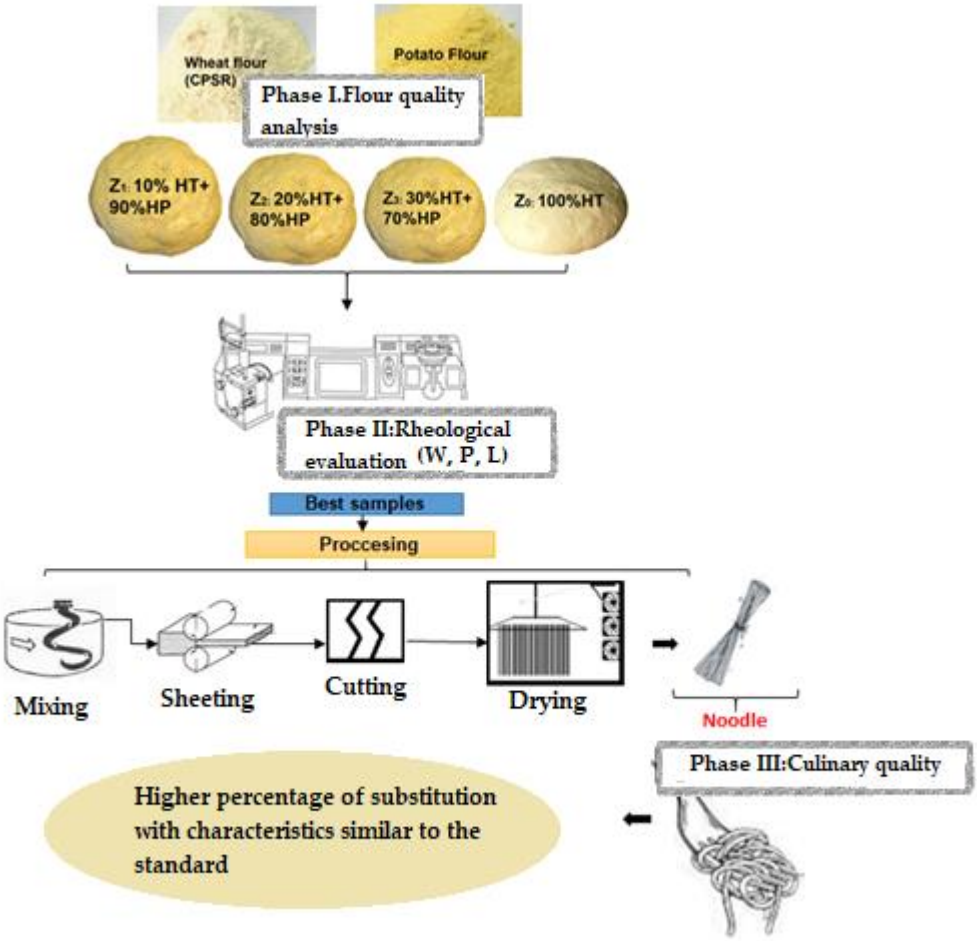

Figura 1. Diagrama del diseño experimental

2.2.6. Análisis Estadísticos

Para la Fase II se realizó el tratamiento estadístico mediante el análisis multivariante de la varianza (MANOVA) posteriormente se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia $p < 0.05$, en cuanto a la Fase II se realizó el tratamiento estadístico mediante el análisis de varianza (ANOVA), posteriormente se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey, a un nivel de significancia $p < 0.05$. Este análisis se realizó utilizando el programa de Minitab 19. Las evaluaciones se realizaron por triplicado, los datos mencionados representan el promedio de las repeticiones dadas.

Tabla 1. Matriz de Análisis de Datos.

Matriz de Análisis de Datos				
Variable	Variable	Escala de medición	Estadísticos Descriptivos	Análisis inferencial
Características Reológicas de la Masa	Fuerza (10E-4J) Tenacidad (mmH2O) Extensibilidad (mm)	Razón	Media y desviación estándar	MANOVA de una factor, seguido de una comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$)

Calidad culinaria	-TOC (min)	Razón	Media y desviación estándar	ANOVA de un factor, seguido de una comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$)
	-Porcentaje de hinchamiento (%)			
	-Pérdida por cocción (g)			

3. Resultados y discusiones

3.1. Fase I: Análisis de la Calidad Harinera

El color, el tamaño de partícula, la calidad del gluten, el contenido de proteína y el almidón dañado están intrínsecamente relacionados con la calidad final de la pasta [36], por ello la importancia de analizarlo. Así según la tabla 2, la harina de trigo resultó con un L* mayor a la harina de papa, esto podría deberse a un mayor tamaño de partícula de la HP, ya que la cantidad retenida en la Malla Nº 60 es mayor en contraste con la cantidad retenida de HT (Figura 2), esto daría indicios de un mayor número de interfaces de dispersión para la harina de trigo, lo cual generaría una mayor proporción de luz a la superficie [36]. Con respecto al color b* la harina de papa superó ampliamente a la de trigo resultando de factores como la presencia de carotenoides como la zeaxantina y violaxantina en la papa amarilla [37], y el proceso de blanqueamiento al que es sometido la HT en su elaboración [5]. En cuanto a la humedad y cenizas, la HT reportó valores menores a 15% en humedad y 1.17% en base seca para cenizas, esta no debe exceder los valores mencionados; a su vez la harina de papa reportó 11.53% de humedad encontrándose dentro de lo permitido [38], sin embargo el contenido de cenizas quintuplicó a la muestra de HT, este valor representa una harina de papa equilibrada [39], así mismo en ensayos realizados en América del Sur con harina de papa amarilla reportaron valores alrededor de 3.20%, similar al resultado obtenido [40]. A pesar de encontrarse en el rango de equilibrio, en la elaboración de noodles se recomienda trabajar con harinas con un contenido < 0.55% de cenizas [41]. En el caso del almidón dañado la muestra se encuentra dentro del rango establecido de 12 a 28 UCD para harinas de trigo [42]. Es primordial recordar que la muestra de harina proviene de trigo de dureza media, por lo cual la producción de almidón dañado deberá ser bajo, ya que esta incrementa su valor por la dureza del grano [5]. Por otro lado, se recomienda como mínimo 9.5% de gluten seco en la elaboración de pastas [43], a su vez altas concentraciones de gluten (14% o más) pueden producir pastas de textura elástica y chiclosa, por lo cual un rango correcto de proteínas es fundamental para las propiedades de la textura en la elaboración de noodles [44], así mismo el contenido de gluten húmedo debe estar entre 26-28% para lograr una óptima calidad [1], según los resultados obtenidos los valores de la harina analizada se encuentran dentro de lo mencionado por los autores.

Tabla 2. Calidad harinera de la materia prima.

Calidad Harinera	**Materia prima**	
	Harina de papa	Harina de trigo

Color	a*: -2.54	a*: -1.02
	b*: 24.43	b*: 11.42
	L*: 82.70	L*: 89.98
Humedad	11.53%	14.2%
Cenizas	3.15%	0.58%
Almidón dañado	-	20.9 UCD
Gluten	-	GS: 11.9%
	-	GH: 33.2%
Proteína cruda	5.4%	12.07%

Nota: GS=Gluten seco. HG=Gluten húmedo.

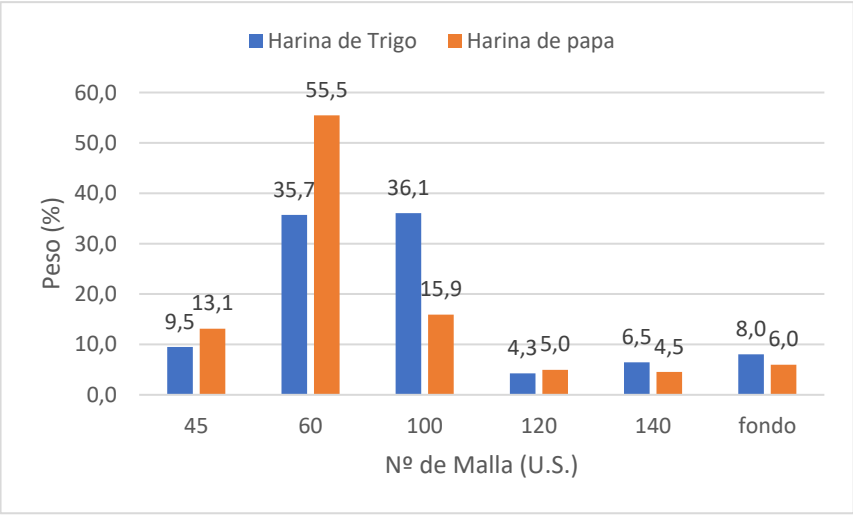

Figura 2. Distribución granulométrica de la HT y HP.

La cantidad de proteínas óptimas totales en la elaboración de noodles se encuentra en el rango de 12% a 13.5% [41,43], los resultados obtenidos para las muestras son inferiores al valor mencionado, sin embargo, al considerar el porcentaje de gluten añadido, el cual aumenta en 0.6% el contenido de proteína por cada 1% de gluten que se incorpore [45], todas las muestras cumplen con lo mencionado (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de proteína de las muestras Z_1, Z_2 y Z_3.

Muestras	Proteína cruda (%)	Gluten añadido (%)	Proteína total (%)
Z_1 (10%HP+90HT)	11.403	4	13.803
		6	15.003
Z_2 (20%HP+80%HT)	10.736	4	13.136
		6	14.336
Z_3 (30%HP+70%HT)	10.069	4	12.469
		6	13.669

Nota: HP=Harina de papa. HT=Harina de trigo.

3.2. Fase II: Evaluación Reológica de la Masa

En esta etapa se tomó como referencia la fuerza (W) para indicar la aptitud de las muestras, ya que la literatura referencia este valor como fundamental en la elaboración de pastas, a su vez se indica que el área de pastas debe trabajar con harinas que posean mayor cantidad de gluteninas por consecuencia que posean fuerza (W) > 260 10E-4J, esto con el fin de conseguir harinas tenaces [46, 47, 48]. Estas condiciones reológicas avalan óptimos procesos mecánicos comprometidos en la preparación de noodles [49]. De igual forma una variación de W podría indicar un aumento o disminución de Tenacidad (P) y/o extensibilidad (L), se indica que el Gluten origina un aumento W y P como una disminución de L, así mismo un emulsificante impacta en una disminución de P pero un incremento de W y L [42].

De acuerdo al análisis multivariante producto de la interacción de la fuerza, elasticidad y tenacidad se halló que hubo al menos una diferencia significativa entre los tratamientos empleados ($p < 0,05$). Asimismo, de acuerdo a solamente la fuerza se halló que

hubo al menos una diferencia entre cada tratamiento ($p < 0,05$). Por lo que se procedió a emplear las pruebas post-hoc de Tukey. Esta prueba indicó que los tratamientos que tiene 10% Harina de papa+ 90%CPSR con GL 6%+GX 0.4%, 20% Harina de papa+ 80%CPSR con GL 6%+GX 0.4% y 20% Harina de papa+ 80%CPSR con GL 6%+GX 0.6% tuvieron promedios de fuerza significativamente iguales al promedio de fuerza del tratamiento con 100% de Harina de trigo. Por su parte, el tratamiento con 10% de Harina de papa+ 90%CPSR con GL 6%+GX 0.6% tuvo mejor rendimiento en fuerza en comparación al tratamiento con 100% Harina de trigo y todos los demás tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis multivariante sobre los tratamientos para la formulación Z_1, Z_2 y Z_3.

Variable de respuesta	Mejoradores	Z_1(10% HP+ 90%HT) n=3	Z_2(20% HP+ 80%HT) n=3	Z_3 (30% HP+ 70%HT) n=3
Fuerza:W (10E-4J)	GL 4%+GX 0.2%	178.33 ± 2.08^a	152.00 ± 1.00^a	78.00 ± 1.73^a
	GL 4%+GX 0.4%	193.33 ± 1.15^b	180.67 ± 1.15^b	74.33 ± 2.08^b
	GL 4%+GX 0.6%	224.33 ± 0.58^c	223.33 ± 3.06^c	41.00 ± 1.00^c
	GL 6%+GX 0.2%	234.33 ± 4.04^d	206.67 ± 5.77^d	63.00 ± 1.00^d
	GL 6%+GX 0.4%	253.00 ± 1.00^e	248.67 ± 1.53^e	61.00 ± 1.00^f
	GL 6%+GX 0.6%	267.00 ± 4.58^f	254.67 ± 2.31^e	24.00 ± 1.00^g
	100% HT	252.00 ± 2.08^e	252.00 ± 2.08^e	252.00 ± 2.08^e
Tenacidad: P (mmH2O)	GL 4%+GX 0.2%	162.33 ± 0.58^a	124.33 ± 4.04^a	123.00 ± 2.65^a
	GL 4%+GX 0.4%	200.33 ± 0.58^b	122.33 ± 2.52^b	149.00 ± 1.00^b
	GL 4%+GX 0.6%	241.00 ± 1.00^c	142.67 ± 2.08^c	114.00 ± 1.00^e
	GL 6%+GX 0.2%	197.00 ± 1.00^d	171.00 ± 2.65^d	129.00 ± 1.00^c
	GL 6%+GX 0.4%	193.67 ± 0.58^f	140.00 ± 4.58^f	105.67 ± 4.04^d
	GL 6%+GX 0.6%	189.00 ± 2.65^g	244.00 ± 1.00^g	26.00 ± 5.29^f
	100% HT	118.67 ± 1.53^e	118.67 ± 1.53^e	118.67 ± 1.53^e
Extensibilidad: L (mm)	GL 4%+GX 0.2%	25.33 ± 0.58^a	33.33 ± 2.52^a	14.33 ± 0.58^a
	GL 4%+GX 0.4%	21.33 ± 0.58^b	50.67 ± 1.15^b	10.33 ± 0.58^b
	GL 4%+GX 0.6%	20.33 ± 0.58^c	53.00 ± 3.00^c	8.33 ± 0.58^c
	GL 6%+GX 0.2%	25.67 ± 1.53^d	34.67 ± 1.53^d	9.67 ± 0.58^d
	GL 6%+GX 0.4%	28.67 ± 0.58^f	45.33 ± 2.52^f	12.00 ± 1.00^f
	GL 6%+GX 0.6%	34.67 ± 0.58^g	22.67 ± 2.52^g	14.00 ± 1.00^g
	100% HT	71.33 ± 0.58^e	71.33 ± 0.58^e	71.33 ± 0.58^e

Nota: HP=Harina de papa. HT=Harina de trigo. GL= Gluten. GX= Goma Xanthan.

n=determinaciones por tratamientos ± desviación estándar. Valores con letras iguales en la misma columna son significativamente idénticos ($p \geq 0.05$).

Se evidenció que para Z_1 y Z_2 a medida que se incrementó la cantidad de Goma xanthan y gluten, aumentó W; las características de reología para la masa son lideradas por el gluten y las interacciones que se dan entre las proteínas que lo conforman, en particular entre los polímeros de glutenina ligados por enlaces disulfuro [50]; a su vez hay una conexión entre el gluten y la fuerza de forma directa [51]. Esto podría justificar el aumento del W con un mayor contenido de gluten. Las dosis de gluten propuestas para

el presente artículo fueron recomendadas en investigaciones pasadas sin embargo estas se utilizaron en formulaciones con 100% harina pan, donde aplicaron gluten al 4% y 6% y al 2 y 4 % respectivamente [4,52], estos no realizaron ensayos con el alveógrafo, sin embargo, reportaron una mejora en la textura a medida que se incrementó el % de gluten, lo cual afianza los resultados obtenidos, sin embargo se debe tomar en consideración que un uso desmesurado de gluten puede llevar a obtener masas chiclosas y bastante elásticas [43,53].

En el caso de la goma xanthan este efecto se atribuye a la función de la goma de hidratarse y retener agua a medida que se forma redes entrelazadas de polisacáridos-proteínas cerca de los gránulos de almidón, esto conduce a una cohesión más intensa entre el almidón y proteína en la composición de la masa [1]. La adición de goma xanthan tiene el potencial de aumentar la firmeza de la masa, así mismo la intensidad de tal efecto está relacionada con la dosis, a un incremento del uso de la goma, mayor será el efecto sobre la estructura de los alimentos [54], investigaciones realizadas por Edwards et al. (1995) [55] confirman lo mencionado.

Sin embargo, para Z_3 cuando se incrementó GX y GL, se evidenció una disminución del valor W, esto podría deberse a la falta de desarrollo de la masa, ya que se necesita una mayor proporción de agua cuando existe un déficit de contenido de proteínas y un elevado % de almidón para lograr un completo desarrollo de la masa [50,56], es importante recalcar que para todas las formulaciones se usaron cantidades similares de agua. Al realizar el análisis estadístico se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$), pero no se obtuvo un tratamiento similar al patrón por lo cual para Z_3 no se eligió algún tratamiento para la siguiente fase.

Así mismo, al comparar las formulaciones Z_1, Z_2y Z_3 se puede observar una reducción de W cuando se incrementa el grado de reemplazo, una de las causas posible se atribuye al contenido de cenizas presente en la HP, un prominente contenido de cenizas dificulta la formación del gluten e impacta disminuyendo la fuerza de la masa, así se recomienda porcentajes alrededor de 0.5% para lograr buenas propiedades de resistencia [57]; otro factor influyente es la cantidad de proteínas presente en la harina, ya que esta domina las propiedades de reología de la masa [44,53], así en base a lo evidenciado en la primera etapa, se podría concluir que el porcentaje de proteína total decrece cuando el grado de sustitución con HP aumenta dando como resultado una disminución de W. Además, las propiedades de la superficie de los gránulos de almidón tienen la posibilidad de distorsionar la conducta visco flexible de la masa gracias a la relación proteína-almidón, además de dañar la distribución de humedad alterando la formación de gluten y características reológicas [50], por otro lado una harina con alta capacidad de hinchamiento proporciona masas más blandas y con menor fuerza en contraste con las de capacidad de hinchamiento menor [58], diversas investigaciones mencionan que las harinas provenientes de papa poseen una mayor capacidad de hinchamiento que las de trigo, lo cual pudo influenciar en W [59,60].

En lo concerniente al análisis de la extensibilidad permitió conocer que al menos un promedio de elasticidad de un tratamiento es significativamente distinto a los demás tratamientos ($p < 0,05$). De manera que se aplicó la prueba post-hoc de Tukey. Esta prueba indicó que todos los tratamientos tuvieron promedios de extensibilidad significativamente menores que el promedio del tratamiento con 100% Harina de trigo.

Por otro lado, en lo tocante al análisis de la tenacidad se determinó que al menos un promedio de tenacidad es significativamente distinto a los demás tratamientos ($p < 0,05$). Por lo cual se utilizó la prueba post-hoc de Tukey. Esta prueba permitió conocer que el tratamiento que tiene 30% Harina de papa+ 70%CPSR con GL 4%+GX0.6% tuvo un promedio significativamente igual al promedio de tenacidad del tratamiento que tuvo 100% de Harina de trigo. Asimismo, se observó también que varios otros tratamientos tuvieron medias significativamente mayores a la media del tratamiento con 100% Harina de trigo, siendo el mejor tratamiento el que tuvo 10% Harina de papa+ 90%CPSR con GL 4%+GX0.6% y el tratamiento que tuvo 20% Harina de papa+ 80%CPSR y GL 6%+GX 0.6%

Así en Z_2 se evidenció un incremento de la tenacidad y disminución de la extensibilidad a medida que la dosis de GL incrementó, a su vez en Z_1 se evidenció una variabilidad para la tenacidad y elasticidad, así mismo en Z_3 los valores se mostraron en la mayoría de caso menores al patrón.

En la literatura [40] se menciona que una variación de W podría indicar un aumento o disminución de Tenacidad (P) y/o extensibilidad (L), así mismo que el Gluten origina un aumento W y P como una disminución de L, y un emulsificante podría impactar en una disminución de P pero un incremento de W y L, los resultados obtenidos podrían haber seguido la tendencia mencionada en dependencia de la dosis de GX y GL, a su vez factores como el contenido de almidón dañado en la masa podría haber impactado en el incremento de tenacidad y disminución de extensiblidad [51], sin embargo esto no puede afirmarse debido a la falta de información para almidón dañado en la mezcla de harinas.

En base a W, las muestras seleccionadas resultaron ser para Z_1: GL6% + GX0.4%, Z_1: GL6% + GX0.6%, Z_2: GL6% + GX0.4% y Z_2: GL6% + GX0.6%, estas son similares a los resultados donde obtuvieron en sus mejores muestras valores W de 160 10E-4J y 233 10E-4J sin embargo estos lograron porcentajes de sustitución de tan solo 17.5% y 7.22% de Harina de guandul y HP respectivamente [40,61], es preciso mencionar que estas investigaciones no utilizaron mejoradores.

3.3. Fase III: Evaluación culinaria

Todos los tratamientos en cada tipo de prueba mostraron una distribución normal y varianza homogénea, así como también existió diferencia significativa entre los tratamientos ($p<0.05$).

El TOC de la muestra control coincide con los resultados de otros autores donde obtuvieron 12 -12.4 minutos [4,53], estos trabajaron con 100% HT pan. Así mismo, se observó un incremento del TOC y mayor absorción de agua en las muestras con sustitución, siendo todas significativamente diferentes en comparación con el patrón ($p < 0.05$). Los resultados del estudio son similares con la investigación de Herrera [20], en donde estableció que el TOC para un tallarín elaborado con sémola de trigo y papa china en un 15% se encontró en un rango de 13.62 a 14.44 minutos, además mencionó que al aumentar el grado de sustitución aumentó el TOC, aunque para tal investigación no se usó gluten o goma xanthan sino huevo. Así mismo, en otra investigación se encontró un TOC máximo 9.56 minutos con una sustitución del 20% de Hp sin embargo esta formulación llevo Glucosa oxidasa, lipasa y ácido ascórbico, aludiendo la disminución del TOC al uso de estos mejoradores [15].

Tabla 5. Análisis estadístico de la evaluación culinaria.

		Tratamiento			
Tipo de prueba	**Patrón**	Z_1	Z_1	Z_2	Z_2
	n=3	**n=3**	**n=3**	**n=3**	**n=3**
		GL 6% + GX 0.4%	GL 6% + GX 0.6%	GL 6% + GX 0.4%	GL 6% + GX 0.6%
Tiempo de cocción (min)	12.83 ± 0.29^a	15.00 ± 0.00^b	14.83 ± 0.29^b	14.17 ± 0.29^c	14.17 ± 0.29^c
Porcentaje de hinchamiento (%)	144.37 ± 0.52^a	162.42 ± 0.21^b	163.33 ± 0.87^b	156.19 ± 0.25^d	150.38 ± 0.85^c
Pérdidas por cocción (g)	$\mathbf{2.54 \pm 0.01^a}$	$\mathbf{2.09 \pm 0.00^b}$	$\mathbf{1.85 \pm 0.08^c}$	$\mathbf{2.69 \pm 0.06^a}$	$\mathbf{2.35 \pm 0.09^d}$

n=determinaciones por tratamientos ± desviación estándar. Valores con letras iguales en la misma fila son significativamente idénticos ($p \geq 0.05$).

Robles [60] evidenció un incremento de Temperatura de gelatinización de los almidones relacionado a una alta capacidad de hinchamiento y un bajo contenido de amilosa, así aquellos gránulos que requieran de superiores temperaturas de gelatinización serían los mismos que podrían absorber mayor cantidad de agua [62], a su vez una elevada temperatura de gelatinización del almidón significaría un mayor tiempo de cocción [63], lo mencionado afirma el incremento del TOC cuando hay sustitución debido a la mayor capacidad de hinchamiento de la HP y contenido de amilosa menor en contraste con la HT [62].

A su vez se evidenció un incremento del TOC cuando se elevó la cantidad de gluten en las muestras, siendo las muestras con sustitución del 10% (Z_1) las que obtuvieron mayor temperatura óptima de cocción, lo mencionado se alinea con otros autores [50,53] los cuales afirmaron que el gluten incrementa la temperatura de gelatinización del almidón, en consecuencia, incrementa el TOC.

Al comparar las formulaciones con la prueba de Tukey la muestra Z_2: GL6% + GX0.4% no presenta cambios significativos con el patrón en pérdidas por cocción, sin embargo, las muestras Z_2: GL6% + GX0.6%, Z_1: GL6% + GX0.4%, y Z_1: GL6% + GX0.6%, resultaron con una menor cantidad sedimentada. Estos resultados afirman lo mencionado por Aparicio y Aguadelo [23], y diversos autores quienes reportaron que al incrementar el reemplazo de harina por otras fuentes incrementa el grado de desintegración [17,20,40]. A pesar de que el % de gluten añadido en esta etapa es la misma en todos los tratamientos, el recuento final de proteínas para cada tratamiento difiere, siendo las muestras de Z_1 las que poseen mayor cantidad en la primera etapa, a su vez obtuvieron el menor valor en pérdida por cocción en comparación con las muestras de Z_2 y el patrón Z_0; un parámetro importante en el análisis de pérdidas por cocción es la cantidad de proteínas [64], así también Pungaña [52] afirma que este ayuda a la resistencia de cocción a su vez que potencia la firmeza del producto, debido a que en gran medida las características culinarias finales de cocción es dependiente del entrecruzamiento óptimo de la red de proteínas las cuales atrapan las partículas de almidón en la red disminuyendo la hinchazón y lixiviación de la misma [65].

Así mismo se evidenció disminución de la cantidad sedimentada cuando se incrementó el porcentaje de Goma Xanthan, lo cual afirma lo mencionado por Bernat [66] el cual encontró una progresiva disminución de pérdidas en concentraciones mayores a 0.4% de GX. Una concentración de 0.6% de GX podría suponer una reducción con respecto al patrón de hasta 25.7% con una sustitución del 10% de HP y una reducción de 6.1% para una sustitución del 20%.

De acuerdo con otros autores [52,65,67] la pérdida por cocción se considera como el principal indicador de calidad en pastas cocidas, por ello en esta etapa se tomó como referencia los resultados de pérdidas por cocción.

A pesar de que las muestras Z_2: GL6% + GX0.6%, Z_1: GL6% + GX0.4%, y Z_1: GL6% + GX0.6%, presentaron menor porcentaje de sedimentación, y en congruencia indicaron una elevada calidad en comparación con el patrón [52], la muestra elegida fue la Z_2: GL6% + GX0.4%, ya que el objetivo del presente trabajo fue lograr la mayor sustitución de HP con similares características en cuanto a calidad del patrón.

4. Conclusiones

Con una sustitución de hasta un 20% de HT por harina de papa y el uso de Gluten al 6% más Goma xanthan al 0.6%, no se presentan diferencias significativas ($p<0.05$) en la fuerza (W) de la masa, así mismo se presentan resultados significativamente mayores ($p \geq 0.05$) en la tenacidad (T), de igual forma se evidencian resultados significativamente menores ($p<0.05$) para la elasticidad y pérdidas por cocción, todo en contraste con la muestra control, por lo cual la muestra elegida fue Z_2: GL6% + GX0.6%. Por otro lado se reduce el valor sedimentado de almidón al mezclar gluten al 6% con goma xanthan al 0.4% o 0.6%, para una sustitución del 10%, así como al mezclar gluten al 6% más Goma xanthan al 0.6%, para una sustitución del 20%.

Contribuciones de autor: Conceptualización, A.I.C. y R.O.; metodología, A.I.C.; software, R.O.; validación, L.O.; análisis formal, A.I.C.; investigación, A.I.C. y R.O.; recursos, R.O.; curación de datos, A.I.C. y R.O.; redacción — preparación del borrador original, A.I.C. y R.O.; redacción — revisión y edición, A.I.C.; visualización, R.O.; supervisión, A.I.C. y L.O.; administración de proyectos, A.I.C.; adquisición de financiación, A.I.C. y R.O. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Declaración de disponibilidad de datos: No aplica.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Adejuwon, O. H., Jideani, A. I. O., & Falade, K. O. (2020). Quality and Public Health Concerns of Instant Noodles as Influenced by Raw Materials and Processing Technology. *Food Reviews International*, *36*(3), 276-317. https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1642348
2. Scotiabank. (2019). Reporte de Estudios Económicos. https://scotiabankfiles.azureedge.net/scotiabank-peru/PDFs/semanal/2019/mayo/20190501sem_es.pdf
3. Norma Técnica Peruana 206.010:2016. Pastas o fideos para consumo humano. Requisitos. (2016).
4. Martínez, C. S. (2010). Utilización de pastas como alimentos funcionales [Doctor en Ciencias Exactas, área Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de La Plata]. https://doi.org/10.35537/10915/2694
5. Delcour, J., & Hoseney, C. (2010). Principles of cereal Science and technology (3.ª ed.). AACC International PRESS.
6. FAO-AGS. (2007). *Noodles*. http://www.fao.org/3/au109e/au109e.pdf
7. Güino, P. H. (2017). Pasta y Panificación en el mercado peruano. 90.
8. RSE (2011). ALICORP y su cadena productiva de trigo Durum. https://noticias.rse.pe/alicorp-y-su-cadena-productiva-trigo-durum/
9. Yague, P. (2014). Estudio de los commodities, el caso de los cereales. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Madrid.
10. Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2016). Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. LWT, 70, 96-103. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.039
11. MINAGRI. (2020). Análisis de Mercado. Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Papa%202020.pdf
12. Centro Internacional de la Papa. (2015). Procesamiento y usos de la papa. https://cipotato.org/es/lapapa/procesamiento-y-usos-de-la-papa/
13. Gestión (2018). Producción peruana de farináceos crecería ligeramente en el 2019. Recuperado de https://gestion.pe/economia/produccion-peruana-farinaceos-creceria-ligeramente-2019-266552-noticia/?ref=gesr
14. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *State of Food and Agriculture 2019 (Spanish Edition): Moving forward on food loss and waste reduction.* Food & Agriculture Org.
15. Pazuña, G. (2011). *Estudio del efecto de mejoradores de harina en el desarrollo de masas para la elaboración de pastas con sustitución parcial de harinas de quinua (Chenopodium quinua) y papa (Solanum tuberosum)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/839
16. Javaid, A. B., Xiong, H., Xiong, Z., Soomro, A. H., Zia-ud-Din, Ahmad, I., Nawaz, A., & Ullah, I. (2018). Effects of xanthan gum on cooking qualities, texture and microstructures of fresh potato instant noodles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2453-2460. https://doi.org/10.1007/s11694-018-9862-9
17. Tan, H.-L., Tan, T.-C., & Easa, A. M. (2018). The use of selected hydrocolloids to enhance cooking quality and hardness of zero-salt noodles. International Journal of Food Science & Technology, 53(7), 1603-1610. https://doi.org/10.1111/ijfs.13742
18. Kaur, A., Shevkani, K., Singh, N., Sharma, P., & Kaur, S. (2015). Effect of guar gum and xanthan gum on pasting and noodle-making properties of potato, corn and mung bean starches. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8113-8121. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1954-5
19. Javaid, A. B., Xiong, H., Xiong, Z., Zia-ud-Din, Ullah, I., & Wang, P. (2021). Effects of xanthan gum and sodium dodecyl sulfate on physico-chemical, rheological and microstructure properties of non-fried potato instant noodles. *Food Structure*, 28, 100172. https://doi.org/10.1016/j.foostr.2020.100172
20. Herrera, A. (2016). *Desarrollo y evaluación de la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de papa china (Colocasia esculenta) en la calidad de pasta* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14344/1/66114_1.pdf
21. Salama, M., Mu, T., & Sun, H. (2021). Influence of sweet potato flour on the microstructure and nutritional quality of gluten-free fresh noodles. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(8), 3938-3947. https://doi.org/10.1111/ijfs.15010

22. Pu, H., Yue, M., Guo, S., Li, Y., Yang, Y., Kuang, J., & Huang, J. (2021). Influence of wheat flour substitution with potato pulp on dough rheology, microstructure and noodle quality. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(6), 2895-2903. https://doi.org/10.1111/ijfs.14928
23. Aparicio, O. & Agudelo, L. (2018). *Elaboración de un producto tipo pasta alimenticia a partir de harinas no convencionales (Sagú, Quinua, Lenteja)* [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/265/
24. Sobota, A., Rzedzicki, Z., Zarzycki, P., & Kuzawińska, E. (2015). Application of common wheat bran for the industrial production of high-fibre pasta. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(1), 111-119. https://doi.org/10.1111/ijfs.12641
25. Norma Técnica peruana 205.037:1975. Determinación de la humedad. (2016).
26. Norma Técnica peruana 205.038:1975. Harinas. Determinación de cenizas. (2016).
27. AACC A*pproved Methods of Analysis, 11th Edition -AACC Method 76-33.01.* Damaged Starch - Amperometric Method by SDmatic. (2011). http://methods.aaccnet.org/summaries/76-33-01.aspx
28. *ICC International Association for Cereal Science and Technology - Standard No.155. (1994)* Viena, Austria: International Association for Cereal Science and Technology. https://icc.or.at/publications/icc-standards/standards-overview/155-standard-method
29. Giese, J. (1995). Measuring physical properties of foods. *Food Technology 49*(2):53-63.
30. *AOAC Association of Official Analytical Chemists - Method 979.09. Protein in Grains*. (1980). http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=27450
31. *ICC International Association for Cereal Science and Technology - Standard No.121. (1992)* Viena, Austria: International Association for Cereal Science and Technology. https://icc.or.at/publications/icc-standards/standards-overview/121-standard-method
32. *AACC Approved Methods of Analysis, 11th Edition -AACC Method 66-50.01. Pasta and Noodle Cooking Quality—Firmness*. (2011). http://methods.aaccnet.org/summaries/66-50-01.aspx
33. Granito, M., Pérez, S., & Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Revista Chilena de Nutrición*, *41*(4), 425-432. https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000400012
34. Becerra, A.P (1985*). Estudio del efecto de la uniformización del tamaño de partícula de la semolina sobre los atributos de calidad de la pasta alimenticia, formato Spagghetti* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Nacional de México]. http://132.248.9.195/pmig2018/0032705/0032705.pdf
35. Oh N., Seib P., Deyoe C. y Ward A. (1983). Measuring the textural Characteristics of Cooked Noodles. *Cereal Chem, 60*(6), 433-438. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1983/Documents/chem60_433.pdf
36. Wrigley, C. W., Corke, H., Seetharaman, K., & Faubion, J. M. (Eds.). (2016). Encyclopedia of food grains (Second edition). Academic Press is an imprint of Elsevier.
37. Restrepo L. y Peña C. (2013). Compuestos fenólicos y carotenoides en la Papa: Revisión. Actualización en nutrición, 14(1), 28-29. http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_14/num_1/RSAN_14_1_25.pdf
38. FAO/OMS (1985). Comisión del Codex Alimentarius: Norma del Codex para la Harina de Trigo.
39. Alonso, J., García-Jarquín, K. Z., González-Lindo, K., & Benavente, M. (2014). Producción de harina de papa para puré instantáneo. *Nexo Revista Científica*, *27*(2), 99-114. https://doi.org/10.5377/nexo.v27i2.1946
40. Escobar & Varela (2008), A. & Varela, J. (2008). *Aprovechamiento de la harina de papa criolla (Solanum phureja) como sustituto parcial de la sémola de trigo en la formulación y elaboración de una pasta alimenticia tipo Spaguetti* [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1156&context=ing_alimentos
41. Hou, G. G. (Ed.). (2010). *Asian noodles: Science, technology, and processing*. John Wiley & Sons.
42. CHOPIN. (2010). *Alveografo NG Consistografo: Modo de empleo.* France.
43. Martínez, J. (2004). *Control de calidad en la Molienda de trigo Duro y Trigo Pan realizado en los Molinos Faucett de la empresa Alicorp S.A.C.* [Informe profesional de pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. Perú.
44. Zhao, L. F., & Seib, P. A. (2005). Alkaline-Carbonate Noodles from Hard Winter Wheat Flours Varying in Protein, Swelling Power, and Polyphenol Oxidase Activity. Cereal Chemistry Journal, 82(5), 504-516. https://doi.org/10.1094/CC-82-0504
45. Hernández N. (2011). *Factores Genéticos y bioquímicos que afectan la fuerza y extensibilidad del gluten del trigo* [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]. https://1library.co/document/4yr2x4oz-factores-geneticos-bioquimicos-afectan-fuerza-extensibilidad-gluten-trigo.html
46. Fardet, A., Abecassis, J., Hoebler, C., Baldwin, P. M., Buléon, A., Bérot, S., & Barry, J.-L. (1999). Influence of Technological Modifications of the Protein Network from Pasta on in vitro Starch Degradation. *Journal of Cereal Science*, *30*(2), 133-145. https://doi.org/10.1006/jcrs.1999.0266
47. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2018). Calidad del trigo pan y Candeal para pastas. Argentina: Ministerio de Agroindustria. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_trigo_calidad_candeal_pan_pastas_18.pdf
48. De la Vega, G. (2009). Proteínas de la Harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y tecnología, 13*(38), 31. https://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf
49. Galindo González, O., & Habibe, Y. R. (2000). Elaboración de pasta tipo spaghetti mediante la sustitución de almidón de achira a la sémola de trigo. [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/619
50. 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*(5), 465-472. https://doi.org/10.1080/10408390802437154
51. Calaveras, J. (2004). *Nuevo tratado de panificación y bollería*. Mundi-Prensa.

52. Pungaña, N (2012). Utilización de aditivos (Gluten, Esteaoril Lactilato de Sodio) y enzima (glucosa oxidasa) como mejorantes de la harina de trigo nacional (Triticum vulgare) para la elaboración de pastas alimenticias [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/5419
53. Park, C. S., & Baik, B.-K. (2004). Cooking Time of White Salted Noodles and Its Relationship with Protein and Amylose Contents of Wheat. *Cereal Chemistry Journal*, *81*(2), 165-171. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.165
54. Hamaker, B. R. (Ed.). (2008). *Technology of functional cereal products*. Woodhead Publ.
55. Edwards N., Biliaderis C. y Dexter J. (1995). Textural Characteristics of Wholewheat Pasta and Pasta Containing Non-Starch Polysaccharides Journal of Food Science, (60), 1321-1324. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb04582.x
56. Park, C. S., & Baik, B.-K. (2002). Flour Characteristics Related to Optimum Water Absorption of Noodle Dough for Making White Salted Noodles. *Cereal Chemistry Journal*, *79*(6), 867-873. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.6.867
57. Rosada, D. (2010). La fuerza de la masa. Revista Panadería Pastelería, 20, 142.
58. Fu, B. X. (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *Food Research International*, *41*(9), 888-902. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.11.007
59. Rodríguez-Sandoval, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 15(1), 199-207.
60. Robles M. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/far666r/doc/far666r.pdf
61. López, J. V. R., & Mancera, M. A. (2004). Utilización de la harina de guandul (Cajanus cajan linneo) para incrementar el aporte proteico en la elaboración de pastas alimenticias. 186.
62. Medina, J. A., & Salas, J. C. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. Revista de Ingeniería, 27, 56-62. https://doi.org/10.16924/revinge.27.6
63. Martínez Mora, E., Silverio Calderón, C., Criollo Feijoo, J., & Díaz Torres, R. (2017). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo—Almidón de banano. Revista Cumbres, 4(1), 09-16.
64. Haraldsson, J. (2010). Development of a Method for Measuring Pasta Quality Parameters. [Tesis de maestría, Linnaeus University]. https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A322522&dswid=-1666
65. Delcour, J.A., Joye, I. J., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K., & Lagrain, B. (2012). Wheat Gluten Functionality as a Quality Determinant in Cereal-Based Food Products.Annual review of Food Science and Technology, 3(1), 469-492. https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101303
66. Bernat, P. (2014). Desarrollo de formulaciones de pasta fresca con incorporación de salvado micronizado y agentes estructurantes: propiedades tecnofuncionales. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia]. http://hdl.handle.net/10251/40270
67. Del Nobile, M. A., Baiano, A., Conte, A., & Mocci, G. (2005). Influence of protein content on Spagghetti cooking quality. Journal of Cereal Science, 41(3), 347-356. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2004.12.003