Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo

Aída Milena Ramírez Chicas

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Aída Milena Ramírez Chicas

Zamorano, Honduras
Noviembre 2015

Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo

Presentado por:

Aída Milena Ramírez Chicas

Aprobado:

_____ Juan Antonio Ruano, D.Sc. Asesor Principal	_____ Luis Fernando Osorio, Ph.D. Director Departamento de Agroindustria Alimentaria
_____ Sandra Karina Espinoza, M.Sc. Asesora	_____ Raúl H. Zelaya, Ph.D. Decano Académico

Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo

Aída Milena Ramírez Chicas

Resumen: La industrialización del huevo genera cada año toneladas de cáscaras, considerándose éste un desecho. Esta pérdida es poco valorada, pero representa un potencial económico ya que puede ser adicionada a alimentos mejorándolos nutricionalmente. La pasta es un alimento con alta aceptación debido a su versatilidad y bajo costo siendo optimo vehículo para la adición de cáscara de huevo como fuente de calcio dándole valor agregado a este subproducto. Se elaboró una pasta tipo Fettuccine sustituyendo parcialmente la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo, posteriormente se evaluaron las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta definiendo como variables independientes los porcentajes de almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo y como variables dependientes la textura, índice de solubilidad y absorción en agua, aumento de peso, volumen, tiempo de cocción y acidez alcohólica. Se obtuvo el tratamiento optimizado con 20% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo, este se comparó proximalmente con una pasta control. El almidón de yuca y la cáscara de huevo en polvo tuvieron efectos lineales y cuadráticos, sobre las variables acidez alcohólica, tiempo de cocción, absorción y solubilidad en agua. El aporte nutricional de calcio a la pasta elaborada fue un 280% más que la pasta control, sin embargo, fue sensorialmente menos aceptada por los panelistas. Se recomienda investigar formulaciones que mejoren los atributos sensoriales de la pasta Fettuccine y un análisis del tiempo de vida de anaquel.

Palabras clave: Acidez alcohólica, calcio, optimización.

Abstract: Egg industrialization generated every year tons of shells, considered a waste. This loss is undervalued, but it represents an economic potential as it can be added into the food to improve it nutritionally. Pasta is a food with high acceptance due to its versatility and low cost, it is an optimum vehicle for the addition of eggshell as a calcium source adding value to this product. Fettuccine pasta was prepared by partially replacing wheat flour by cassava starch and powdered egg shell, and then the physical, chemical, microbiological and sensory properties were evaluated. The response surface methodology was used as independent variables defining the percentages of cassava starch and egg shell powder and as dependent variables texture, solubility index and water absorption, weight gain, volume, cooking time and acidity alcoholic. Optimized treatment with 20% cassava starch and 2% eggshell, this was compared to a control proximally paste was obtained. Cassava starch and egg shell powder were linear and quadratic effects on variables alcoholic acidity, cooking time, water absorption and solubility. The nutritional intake of calcium for processed slurry was 280% more than the control pasta, however was less accepted by sensory panelists. It is recommended to investigate formulations that improve sensory attributes of Fettuccine pasta and an analysis time of shelf life.|

Keywords: Alcoholic acidity, calcium, optimization.

CONTENIDO

Portadilla i
Página de firmas ii
Resumen iii
Contenido iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos v

1. INTRODUCCIÓN 1

2. MATERIALES Y MÉTODOS 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 12

4. CONCLUSIONES 33

5. RECOMENDACIONES 34

6. LITERATURA CITADA 35

7. ANEXOS 40

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros Página

1. Descripción de la Formulaciones para la elaboración de la pasta. 5
2. Niveles codificados de las variables. 10
3. Delineamiento del diseño experimental completo. 10
4. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la Acidez Alcohólica (AA) de la pasta tipo Fettuccine. 13
5. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 para Acidez Alcohólica (%) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos. 13
6. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Tiempo de Cocción (TC) de la pasta tipo Fettuccine. 16
7. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 para Tiempo de cocción (min) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos. 16
8. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Aumento de Peso (AP) de la pasta Fettuccine. 19
9. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Aumento de Volumen (AV) de la pasta Fettuccine. 20
10. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la Textura (TXT) de la pasta Fettuccine. 21
11. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Índice de Absorción de Agua (IAA) de la pasta Fettuccine. 22
12. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 para el índice de absorción de agua (%) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos. 23
13. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) de la pasta Fettuccine. 25
14. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 del índice de solubilidad en agua (%) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos. 26
15. Separación de medias y desviación estándar (D.E) del análisis proximal de la pasta tipo Fettuccine. 30
16. Resultados del análisis de calcio de la pasta tipo Fettuccine. 30
17. Resultado de conteo de bacterias de la pasta Fettuccine. 31
18. .Separación de medias y desviación estándar (D.E) del análisis sensorial de la Pasta Fettuccine. 32

Figuras Página

1. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en la Acidez Alcohólica en la Pasta Fettuccine. 14
2. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en el Tiempo de cocción en la Pasta tipo Fettuccine. 17
3. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en el Índice de absorción de agua de la Pasta tipo Fettuccine. 24
4. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en el Índice de solubilidad en agua en la Pasta tipo Fettuccine 27
5. Valores óptimos de las variables independientes sobre las propiedades físicas y químicas en la pasta Fettuccine. 28

Anexos Página

1. Flujo de proceso para la obtención de Cáscara de huevo en polvo. 40
2. Flujo de proceso para la elaboración de pasta tipo Fettuccine. 41
3. Hoja para análisis sensorial. 42
4. Valores F calculado p <0.05 para acidez alcohólica (AA), índice de absorción de agua (IAA) y solubilidad en agua (ISA), tiempo de cocimiento (TC). 43
5. Tabla de puntos de porcentaje de la distribución F (P= 0.10). 44

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industrialización de los huevos ofrece ventajas económicas, extensión de la vida de anaquel del producto, facilidades de transporte y almacenamiento. Sin embargo, esta genera 5.9 mil millones de toneladas de cáscaras por año en todo el mundo (Peres 2010) considerándose un desecho, que por consiguiente tiene un impacto negativo al medio ambiente. Esta es una perdida poco valorada, pero representa un valor potencial económico ya que la cáscara se puede adicionar a alimentos y mejorarlos nutricionalmente. Estudios de Belitz *et al.* (2009), confirman que la cáscara de huevo es rica en minerales como el carbonato de calcio (95% en peso de la corteza), carbonato de magnesio (1%) y fosfato de calcio (1%). Según Gómez (2011), del carbonato de calcio presente en la cáscara, solo un 36.9% se encuentra de forma absorbible para el cuerpo.

Para los individuos cuyo consumo de alimentos ricos en calcio es limitado, el uso de la cáscara de huevo en alimentos además de darle un valor agregado representa una alternativa para contribuir de forma significativa al requerimiento diario de calcio (Bryant *et al.,* 1999). El calcio es un mineral indispensable para varios procesos del organismo tales como la formación de los huesos y los dientes, la contracción muscular y el funcionamiento del sistema nervioso, el 95% del calcio de nuestro cuerpo se encuentra en los huesos y dientes y al no consumirlo estos se debilitan (Murillo, 2005).

Según el Análisis de la Situación Alimentaria en Honduras (Menchú y Méndez, 2012) el consumo per cápita promedio de calcio, en el área urbana es del 89% y en el área rural solo alcanza a cubrir el 55% de las recomendaciones dietéticas diarias (RDD). Asimismo, más del 70% de los hogares tiene déficit de 30% o más del consumo de calcio, lo que evidencia la gravedad de esta deficiencia en el área rural.

El almidón es un polisacárido vegetal que se almacena en las raíces, tubérculos y semillas de las plantas. En la yuca el almidón es uno de los componentes principales y está formado por amilosa (20%) y amilopectina (80%), carbohidratos que dan las propiedades funcionales como la solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento o tendencia a retrogradarse, digestibilidad enzimática (Aristizábal *et al.*, 2007). El almidón de yuca también llamado tapioca es un polvo fino de color blanco con una humedad máxima de 13% y un pH cercano a 6. En la hidratación de los granulos de almidón debe considerarse el pH, temperatura y tiempo (IICA, 2004). En la industria alimentaria es utilizado como ligante de agua, coadyuvante de emulsificantes, fuente de carbohidratos, espesante y agente texturizante.

La pasta es un alimento con alta aceptabilidad a nivel mundial debido a que forma parte de los hábitos alimenticios de muchas poblaciones y es relativamente económico, versátil,

de fácil preparación y almacenamiento (Díaz *et al.*, 2008). En Honduras el 74% de los hogares consumen pastas la mayoría se ubica en las zonas urbanas con un 80% y en la zona rural 64% (Menchú y Méndez, 2012). Las pastas desde un punto de vista nutricional son reconocidas como una fuente de carbohidratos complejos, con poca grasa y de baja calidad proteica, debido a que la sémola es su principal constituyente (Granito y Ascanio, 2009).

De acuerdo al Reglamento Técnico Salvadoreño (2013), una pasta alimenticia se define como un producto no fermentado, obtenido por el amasado mecánico de harinas u otros derivados del trigo, con agua y otros ingredientes opcionales, esta puede ser sometida o no a un proceso térmico de desecación. Las pastas alimenticias se pueden clasificar por su contenido de humedad, por su forma y su composición.

Según Carrasquero (2009), los parámetros de textura, acidez alcohólica, los índices de solubilidad y absorción de agua, tiempo de cocción, aumento de peso y volumen de la pasta sirven para determinar la calidad del producto final.

La metodología de Superficies de Respuestas es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras. El objetivo es optimizar la variable de interés y ayuda a determinar las condiciones óptimas de operación del sistema (Martínez *et al*., 2009). Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en la optimización de la formulación de productos alimenticios (Milán *et al.*, 2003).

El propósito de este estudio fue la optimización de la cáscara de huevo en polvo y el almidón de yuca para reducir los costos y ver la influencia que estos tienen en la pasta, por lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Identificar las variables que afecten las propiedades fisicoquímicas de la Pasta Fettuccine de harina de trigo al sustituir parcialmente por almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo.

- Plantear un modelo matemático para obtener los valores de cada una de las variables independientes que optimicen las variables respuesta de la pasta Fettuccine.

- Evaluar la aceptación de la pasta Fettuccine con almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo.

  .

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. La investigación tuvo lugar en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Agroindustria Alimentaria en las instalaciones de La Planta de Innovación de Alimentos (PIA), Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), el Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos y el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ).

Materiales. La materia prima utilizada fue harina de trigo *Triticum aestivum* tipo duro de la marca Harimasa, almidón de yuca de la Distribuidora Caribe, cáscara de huevo en polvo. Otros insumos fueron huevos, aceite vegetal de calidad comercial y agua destilada.

Equipos utilizados.

- Mezcladora HOBART modelo A200.
- Laminadora y cortadora de pasta Marcato.
- Horno de convección 100-105°C.
- Medidor de textura Brookfield CT3.
- Incinerador Sybron 550.
- Horno de aire forzado 105°C Fisher Scientific.

Preparación de la cáscara de huevo en polvo. La elaboración de esta materia prima se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) siguiendo los lineamientos utilizados por Peres (2010), adaptados por la autora para fines de la investigación y descritos a continuación.

Recepción y lavado. Las cáscaras se obtuvieron del comedor ¨Doris Stone¨ de Zamorano, y se lavaron con agua corriente para retirar cualquier residuo de comida.

Desinfección y tratamiento térmico. Las cáscaras previamente lavadas se sumergieron en una solución de cloro 200 ppm durante 15 minutos (3 litros de agua con 12 ml de hipoclorito de sodio al 5%). Después de la desinfección, las cáscaras se sumergieron en agua a 80 ° C ± 2 ° C durante 10 minutos.

Secado y molienda. Las cáscaras desinfectadas se colocaron en bandejas de aluminio formando una capa delgada de 1 cm y se llevaron al horno de convección a 100-105 °C

durante 4 horas. Posteriormente se molió usando el molino Thomas-wiley y se obtuvo una harina con un diámetro mayor del deseado, para luego ser molida en partículas más pequeñas para lo cual se utilizó el molino Cyclotec Tecotar donde se obtuvieron partículas de 0.5 mm de tamaño y por último se tamizó en un tamiz de 150 µm.

Elaboración de pasta tipo Fettuccine. La elaboración de la Pasta tipo Fettuccine se llevó a cabo en la planta de innovación de alimentos (PIA) con las siguientes etapas de proceso.

Pesado. Se utilizó una balanza analítica Ohaus modelo V51PH3 para el pesado de las proporciones de harina de trigo, almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo la formulación fue desarrollada en base a 250g de pasta (Cuadro 1).

Mezclado. Se mezclaron los ingredientes secos en la mezcladora HOBART modelo A200 por 2 min a 20 rpm para una adecuada homogenización. Luego se agregó una mezcla de agua destilada, aceite y un huevo, se mezcló por 2 min a 20 rpm, luego se amaso a mano obteniendo una masa visco elástica.

Laminado y cortado. Se pasó la masa por la laminadora Marcato, dos veces para moldearla y dos veces para reducir su grosor se obtuvo una pasta uniforme con un ancho de 0.6 mm y un grosor de 0.1 mm, con el propósito de estandarizar la masa y evitar que se rompa la pasta al momento de la cocción.

Secado. El secado de la pasta fue realizado según la metodología propuesta por Silva (2013), la pasta se extendió en bandejas de aluminio con el fin de facilitar el secado de una forma homogénea. La pasta fue secada en el horno de convección a una temperatura de 40°C por 30 min se colocó un recipiente con agua potable, bajo las bandejas que contenían la pasta para aumentar la humedad relativa hasta un 70-80%. Luego se retiró el agua y se dejó la pasta por 15 min para ser restaurados a la humedad relativa interna. Por lo tanto, el proceso de secado de la pasta se llevó a cabo de una manera lenta y gradual mientras se mantiene la integridad de la misma.

Cuadro 1. Descripción de la Formulaciones para la elaboración de la pasta.

Tratamiento	Harina de Trigo (g)	Almidón de Yuca (g)	Cáscara de huevo en polvo (g)
1	215.25	32.25	2.50
2	210.25	32.25	7.50
3	179.75	67.75	2.50
4	174.75	67.75	7.50
5	220.10	24.90	5.00
6	169.93	75.08	5.00
7	198.55	50.00	1.45
8	191.48	50.00	8.52
9 ©	195.00	50.00	5.00
10 ©	195.00	50.00	5.00
11 ©	195.00	50.00	5.00
12 ©	195.00	50.00	5.00
Control	250.00	0.00	0.00

© Puntos centrales.

Análisis de acidez alcohólica para pastas. La acidez alcohólica fue determinada por el método utilizado por Bossi (2008), mediante la ecuación 1, se tomó 4 g de muestra y se colocó en un vaso Erlenmeyer de 250 mL, se le agregó 100 mL de alcohol etílico al 50% y se dejó digerir durante 3 h a temperatura ambiente, se agitó cada 30 min para homogenizar. Después de 3 h, se filtró el material, utilizando papel filtro y se agregó cinco gotas de solución alcohólica de fenolftaleína al 1% y posteriormente se realizó la titulación con solución de NaOH 0.1 N. La titulación culminó cuando la solución del tratamiento cambió de color.

$$\text{Grado de Acidez} = \frac{a \times 25}{10} \quad [1]$$

a = ml de NaOH 0.1 N utilizados para la titulación
25 = Por tomar 4 g de muestra.

Cocción de pastas. La prueba se realizó de acuerdo con el método de cocción AACC 16-50 (1995), por triplicado. Los parámetros evaluados fueron Aumento de Peso (AP) ecuación 2, Aumento de Volumen (AV) ecuación 3 y Tiempo de Cocción (TC). Estos parámetros se determinaron hirviendo 10 g de muestra en 140 mL de agua destilada, hasta lograr la cocción que se caracteriza por la gelatinización de la pasta.

La gelatinización de la pasta Fettuccine se determinó por compresión del producto entre dos porta objetos. Otros métodos para evaluar si la pasta esta cocida son la línea de solidos se forma en medio de la olla y pegajosidad en la pasta al momento de comprimirla.

Aumento de peso. Para determinar el incremento de peso de la pasta Fettuccine se tomó 10 g de muestra cruda, la cual se cocinó hasta que se gelatinizó el almidón y se tomó el peso de los mismos. El aumento de peso se determinó usando la fórmula del método AACC 16-50 (1995):

$$Ap = \frac{P2 - P1}{P2} \times 100 \quad [2]$$

P_1= Peso de la pasta Fettuccine cruda.
P_2= Peso de la pasta Fettuccine cocida.

Aumento de volumen. Para realizar el análisis de volumen se midió largo, ancho y grosor de la pasta Fettuccine de cada tratamiento. Se realizó crudo y cocido con el objetivo de observar el incremento en volumen causado por la absorción de agua durante la cocción. El crecimiento del volumen de la pasta se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$Av = \frac{V1 - V2}{V1} \times 100 \quad [3]$$

V_1 = Volumen de pasta Fettuccine cocida.
V_2 = Volumen de pasta Fettuccine crudos.

Análisis de textura. Para realizar el análisis de textura se midió la dureza de la pasta Fettuccine cocida, el equipo utilizado fue el medidor de textura Brookfield CT3 de acuerdo al protocolo del fabricante Brookfield (2013), adaptado por la autora para fines de la investigación. Todos los análisis de textura se realizaron por cuadriplicado**.**

Análisis de textura por compresión.

- Se pesó 10 g de pasta Fettuccine cruda y se colocó en 140 ml de agua hirviendo hasta que la pasta estuvo gelatinizada. Después se dejó enfriar durante 10 min y se secó con papel filtro.

- El Test utilizado fue Análisis del Perfil de Textura (APT), tuvo un valor objetivo de 12% de deformación, una velocidad de gancho de 0.5 mm/s y el gatillo de fuerza fue de 5g, se utilizó una sonda en forma de cuña.

- Se colocaron cinco muestras de pasta en la placa y se bajó el brazo del instrumento de manera que la sonda quedo a pocos milímetros por encima de la muestra.

- Una vez que la muestra quedo alineada con la sonda se realizó la prueba. Cada muestra se midió solo una vez.

Índice de solubilidad en agua (ISA) e índice de absorción en agua (IAA). El índice de absorción de agua y la solubilidad en agua fueron realizados según el método descrito por Anderson *et al*. (1969), modificado para este estudio, se realizó por cuadriplicado para cada tratamiento tratamientos. Se colocó 1 g de cada muestra en base húmeda con una granulometría de 250 µm en tubos de ensayo de 50 mL, se adicionó 5 mL de agua destilada y se homogenizó en un agitador tipo Vortex. Posteriormente fueron llevados a un agitador horizontal mecánico por 30 minutos a 25°C. Luego se transfirieron a tubos de centrifuga y se le adicionaron 5 mL de agua destilada, fueron centrifugados por 15 min a 6000 rpm.

El líquido sobrenadante fue vertido en platos Petri previamente tarados y se llevó a un horno de aire forzado Fisher Scientific a 105 °C por cuatro horas. Luego las placas fueron transferidas a un desacador por 30 minutos para enfriarlo hasta que alcanzara la temperatura ambiente y por último se pesó.

Para el cálculo del índice de solubilidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{ISA} = \frac{\text{peso del residuo evaporado (g)}}{\text{peso de muestra (g)}} \times 100 = \% \qquad [4]$$

Después de la eliminación del sobrenadante, los tubos se pesaron, junto con la muestra y se utilizó la ecuación 5 para determinar el índice de absorción de agua:

$$\text{IAA} = \frac{\text{peso del residuo centrigugado (g)}}{\text{peso de muestra (g)}} = \frac{\text{g gel}}{\text{g materia seca}} \qquad [5]$$

Análisis proximal para la pasta optimizada. Se obtuvo la combinación de las variables independientes que optimizan a la pasta, se comparó la composición química con una pasta control mediante los siguientes métodos los cuales se realizaron por duplicado.

- Grasa: Método AOAC 2003.06
- Proteína cruda: Método AOAC 2001.11
- Fibra cruda: Método AOAC 962.09
- Ceniza: Método AOAC 923.03
- Humedad: Método AOAC 945.15

Análisis de calcio. Se realizó el análisis de minerales utilizando la ceniza extraída del análisis proximal. Este análisis solo se realizó al tratamiento control y la pasta Fettuccine

optimizada según el análisis de superficie respuesta. El método utilizado para las pruebas de calcio fue AOAC 985.35.

Análisis microbiológicos. Se determinó la inocuidad de la pasta Fettuccine por medio de conteo de aerobios mesófilos y entero bacterias. Se implementaron los métodos descritos en el Bacteriological Analytical Manual ¨BAM¨ (2001).

Para el conteo de mesófilos se realizó el método explicado en el Capítulo 3, Conteo de Aerobios en placa. Para las enterobacterias se utilizó el método descrito en el Capítulo 4. Ambos análisis microbiológicos fueron comprobados con los parámetros legales establecidos en la "Norma Sanitaria que Establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano. NTS N°-MINSA/DIGESA-V.01.

Según el Reglamento Técnico Centroamericano tiene que cumplir con ciertos parámetros por contener como materia prima huevo y cáscara de huevo en polvo se determinó ausencia o presencia de *Salmonella* ssp. Según el procedimiento explicado en el capítulo 5, Salmonella (2007).

Análisis sensoriales. Se realizó un análisis sensorial de aceptación, con una escala hedónica de nueve puntos. Siendo uno ¨me disgusta extremadamente y nueve ¨me gusta extremadamente¨. Los atributos evaluados fueron apariencia, olor, color, sabor, textura y aceptación general. Se contó con la participación de 100 panelistas. Los tratamientos se presentaron cocidos a los panelistas, libres de aderezos y sin acompañantes de otro tipo, a cada panelista se le entrego 10 g de muestra que fueron evaluadas en el Laboratorio de análisis sensorial.

Optimización de parámetros de procesos usando metodología de superficie de respuesta. Las variables independientes que se analizaron son almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo sustituyendo parcialmente la harina de trigo, la formulación se realizó en base a 250g de peso, por tratamiento.

El diseño que se utilizado fue un experimento factorial completo 2^2 metodología de superficie respuesta y con un diseño de composición central rotacional de 2^{do} orden (DCCR). Los parámetros del proceso fueron codificados (-1, 0,+1) y calculados de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$xi = \left(\frac{Xi.Z}{\Delta xi}\right) \qquad [6]$$

Dónde:
xi =Valor codificado de la variable xi.
Xi = Valor real de la variable.

Z = Valor real de la variable en el punto central.
Δxi = Intervalo de la variable xi.

Este diseño cuenta con variables axiales que fueron codificadas como + α y – α, este valor depende del número factorial (F= 2^k), donde k es el número de variables independientes (k=2), los valores fueron definidos por la siguiente ecuación:

$$(f)_4^1 = (2^k)_4^1 = (2^2)^{1/4} = 1.4142 \quad [7]$$

Para determinar las unidades experimentales se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = 2^k + 2k + m \quad [8]$$

Dónde:
2^k = número de puntos factoriales.
2k = número de puntos axiales.
m = número de repeticiones del punto central.

Se utilizaron dos variables independientes y dos variables codificadas para un total de 12 unidades experimentales, siendo cuatro factoriales -1 y +1, cuatro axiales - α y + α y cuatro puntos centrales para el error experimental y la precisión del modelo matemático. El experimento se realizó por triplicado para determinar la variabilidad de los datos.

La amplitud en el rango de las variables se determinó por literatura consultada. Para el análisis de los resultados, este método describe el comportamiento de la combinación de las variables independientes (X^k), las variables dependientes o la respuesta (Y^i). Según Box y Draper (1967), la respuesta será en función de los niveles en donde las variables independientes fueron combinadas, se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Yi=F(X_1, X_2....., X_k) \quad [9]$$

Las respuestas se ajustaron a través de un análisis de regresión lineal con un polinomio cuadrático con las variables (X^k) para cada respuesta (Y). Para predecir el comportamiento de cada respuesta se describe con la siguiente ecuación:

$$Y_i = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{12}X_1X_2 + \in \quad [10]$$

Dónde:
Y_i= función respuesta.
X_1, X_2= Valores de las variables independientes.
B_0= Coeficiente relativo de la interpretación con la respuesta en el eje.
B_1, B_2= Coeficientes lineales estimados por el mínimo cuadrado.
B_{11}, B_{23}= Coeficientes de variables cuadráticas.
B_{12}, B_{13}, B_{23}=Coeficiente de interacción entre las variables independientes;

$\in$= Error experimental.

Los niveles de las variables independientes son las combinaciones de todos los niveles, axiales (α = 1.4142), puntos centrales y esto son referentes a la proporciones que se utilizaron en la fórmula como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Niveles codificados de las variables.

Variables independientes	**Niveles**				
	- α	**- 1**	**0**	**+ 1**	**+ α**
x_1	10.00	12.90	20.00	27.10	30.03
x_2	0.58	1.00	2.00	3.00	3.41

x_1 = % almidón de yuca; x_2 = % cáscara de huevo

El delineamiento del experimento percibe todas las variables independientes, codificadas y decodificadas, las cuales se usaron para la obtención de un análisis de varianza y los coeficientes de regresión, así como la diagramación de las superficies de respuesta como se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Delineamiento del diseño experimental completo.

Tratamiento	**Niveles de Variables Codificadas**		**Niveles de Variables decodificadas**	
	X_1	**X_2**	**x_1**	**x_2**
1	-1	-1	12.90	1.00
2	-1	1	12.90	3.00
3	1	-1	27.10	1.00
4	1	1	27.10	3.00
5	-1.41	0	9.96	2.00
6	1.41	0	30.03	2.00
7	0	-1.41	20.00	0.58
8	0	1.41	20.00	3.41
9 ©	0	0	20.00	2.00
10 ©	0	0	20.00	2.00
11 ©	0	0	20.00	2.00
12 ©	0	0	20.00	2.00

X_1 y x_1= %almidón de yuca; X_2 y x_2= %cáscara de huevo; ©= Punto central del experimento

Análisis estadístico. Se realizó una separación de medias Lsmeans y un análisis de varianza ANDEVA con un nivel de probabilidad del 5%, utilizando el programa SAS® versión 9.3 (Statistical Analysis System), para las variables que no fueron significativas para metodología de superficie respuesta.

Para analizar los datos se utilizó el programa Statistica versión 7.0, se utilizó las variables independientes codificadas para la obtención de los coeficientes de regresión y los valores reales para la elaboración de gráficos superficie respuesta. También se determinaron los puntos óptimos de las variables independientes para la optimización de todas las variables dependientes.

Se realizó un análisis Test F al 10% de significancia. El modelo de regresión fue significativo cuando el valor del Test F calculado fue mayor o igual al F de la tabla de puntos de distribución, según Rocha (2009), para trazar la superficie respuesta tiene que cumplir ciertos parámetros como lo es el coeficiente de regresión debe ser $R^2 > 0.6$ y la falta de ajuste debe de ser significativa a una $P < 0.05$.

.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de acidez alcohólica. De acuerdo a la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria ANVISA (2000), las pastas húmedas y secas deben de tener un máximo de 5 ml NAOH 1 N. 100^{-1} de acidez, arriba de este límite puede considerarse una alarma desde el punto sanitario (Ferreira 2002). Casagrande *et al* (1999), dice que al sustituir la harina de trigo por otro tipo de harina, hay una tendencia a que la acidez alcohólica aumente gradualmente conforme la harina de trigo se sustituya.

La fuente de acidez en las pastas se debe a la acción enzimática de los hidratos de carbono, que representa el principal compuesto de las materias primas. Esta acción se ve favorecida en ciertas etapas del procesamiento, especialmente en el secado (Leitão *et al.*, 1990) a mayor sea el contenido de humedad en la pasta ayuda a la acción enzimática provocando un aumento de acidez.

Estadísticamente se encontraron diferencias y similitudes entre tratamientos, con un rango de 2.41 hasta 3.41 % de acidez. El tratamiento con mayor porcentaje de acidez fue el cinco este tratamiento posee 9.96% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo en polvo. Por otro lado los tratamientos 9, 10, 11, 12 que son los puntos centrales del estudio, presentaron una menor diferencia estadística, lo que significa que presentaron menor acidez alcohólica.

Como se observa en el cuadro 4 la pasta tipo Fettuccine, mostraron valores dentro de lo recomendado por la legislación brasileña ANVISA, se puede decir que al utilizar las materias primas de almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo, la acidez alcohólica de la pasta se mantiene dentro de los parámetros

Cuadro 4. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la Acidez Alcohólica (AA) de la pasta tipo Fettuccine.

Tratamiento	% Almidón de Yuca	% Cáscara de huevo	AA ± D.E
1	12.90	1.00	2.66 ± 0.28 bc
2	12.90	3.00	2.41 ± 0.14 d
3	27.10	1.00	2.58 ± 0.14 bcd
4	27.10	3.00	2.75 ± 0.00 b
5	9.96	2.00	3.91 ± 0.14 a
6	30.04	2.00	2.58 ± 0.14 bcd
7	20.00	0.59	2.50 ± 0.00 cd
8	20.00	3.41	2.66 ± 0.14 bc
9	20.00	2.00	2.50 ± 0.00 cd
10	20.00	2.00	2.41 ± 0.14 d
11	20.00	2.00	2.50 ± 0.00 cd
12	20.00	2.00	2.50 ± 0.00 d
%Coeficiente de variación			5.15

a-d diferente letra representa diferencias significativa $P \leq 0.05$

De acuerdo a los resultados estadísticos del cuadro 5 la variable independiente almidón de yuca lineal X_1 y cuadrática X_1^2, es significativa estadísticamente a una $P < 0.05$. El coeficiente de regresión R^2 indicó que el 57.6% de las variables se ajustaron al modelo y el 42.4% no se ajustaron, el valor F calculado fue de 3.29. La falta de ajuste fue significativa, pero no cumple con los tres parámetros por lo cual este modelo se comportara tendenciosamente.

Cuadro 5. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 para Acidez Alcohólica (%) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos.

Coeficientes	Acidez Alcohólica (%)	Probabilidad
Intercepto	2.46E+00	2.07E-06
X_1	-2.04E-01	1.24E-03 *
X_1^2	3.18E-01	4.67E-04 *
X_2	1.90E-02	3.44E-01 Ns
X_2^2	-1.56E-02	4.72E-01 Ns
X_1-X_2	1.04E-01	2.27E-02 *
Falta de Ajuste		0.001409
R^2		0.57645

X_1: Almidón de Yuca;
X_2: Cáscara de huevo
Ns = significantes
* = significante a $P < 0.1$

En base al resultado del cuadro 5 se construyó la ecuación matemática que ayuda a predecir el comportamiento de las variables significativas sobre la acidez alcohólicas de la pasta.

$$\text{Acidez Alcohólica} = 2.45833 - 0.204452x_1 + 0.317708x_1^2 + 0.104167x_1x_2 \quad [11]$$

De acuerdo a la ecuación 11, se elaboró un gráfico de superficie respuesta (figura 1) que muestra el efecto de las variables cuantitativas el porcentaje de almidón de yuca y la cáscara de huevo y su efecto en la acidez alcohólica, donde se observa la mayor diferencia de acidez alcohólica con la disminución del porcentaje del almidón de yuca.

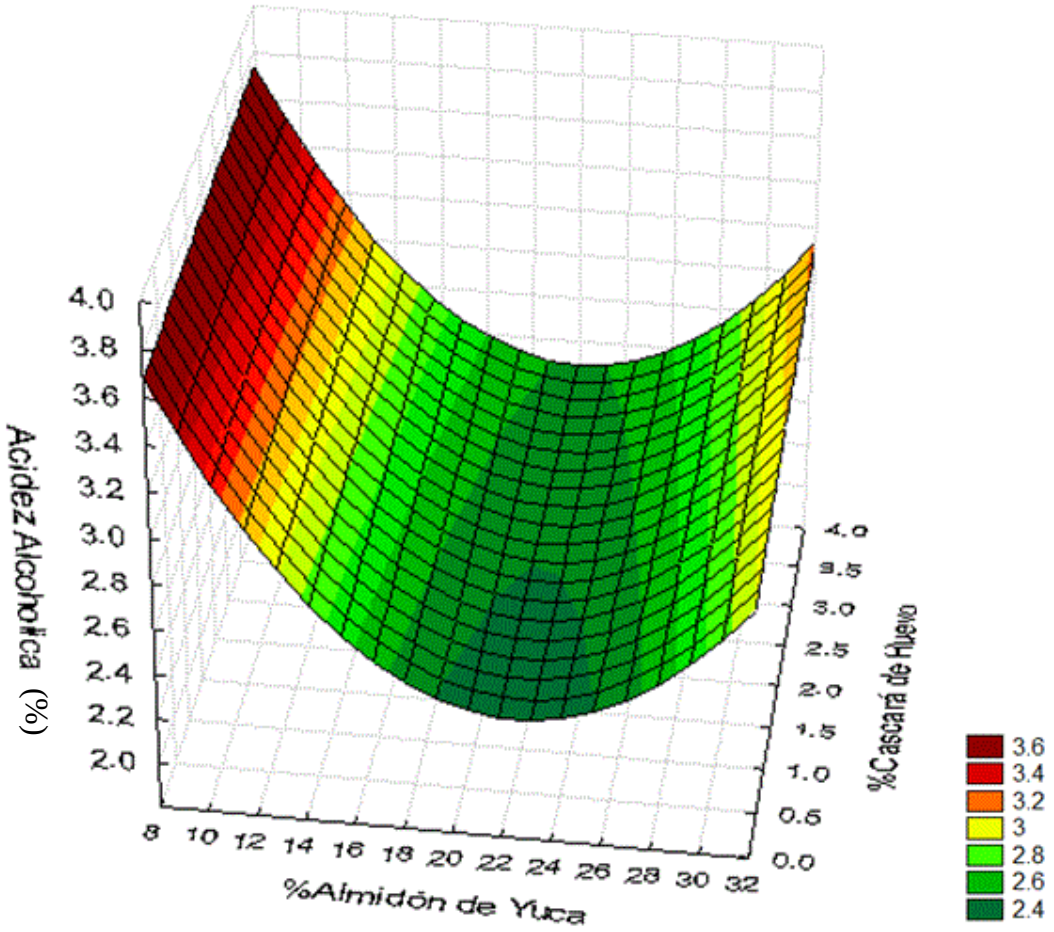


Figura 1. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en la Acidez Alcohólica en la Pasta Fettuccine.

Por una unidad adicional de almidón de yuca disminuye la acidez alcohólica de la pasta y si disminuye en una unidad el almidón de yuca aumenta la acidez alcohólica, esto se puede atribuir al porcentaje de humedad que tenía la harina de trigo ya que la humedad está ligada con la acidez alcohólica. Estos no concuerda con lo que menciona Casagrande

et al. (1999), que a medida que se sustituya la harina de trigo proporcionalmente aumentara la acidez, también menciona que aunque la humedad del producto se encuentre dentro de los parámetros, pueda que haya una alta humedad residual, esto pudo influenciar en esta variable.

Análisis de tiempo de cocción, aumento de peso y volumen. El comportamiento de las pasta durante y después de la cocción es el parámetro de calidad de mayor importancia para los consumidores de pasta donde se observan el tiempo, el aumento de peso y volumen de esta. Según Santos *et al.* (2013), diferencia en la calidad de las pasta se debe a las variaciones de contenido y la composición de la proteína del trigo las cuales afectan directamente estos parámetros.

El tiempo de cocción, es el tiempo inmediatamente antes que desaparezca el nervio en el centro de la pasta, es decir cuando el almidón ya está gelatinizado (Sandoval, s.f). Los parámetros de aumento de peso y volumen se relacionan con la capacidad de absorción de las masas, el cual también refleja el rendimiento de la pasta (Teba, 2009). Según Ormenese *et al.* (2001), en las pastas que son elaboradas con otros tipos de harinas que no sea trigo el aumento de volumen es menor.

Análisis de tiempo de cocción. La calidad de la pasta según Leitão *et al.* (1990), depende de las características de sus materias primas, así como las condiciones de procesamiento y secado, y este último debe ser lenta, incluso cuando se emplean altas temperaturas.

Según D'Egidio *et al.* (1990), los diferentes tiempos de cocción de la pasta tradicional pueden ser explicado por las variaciones en el contenido y la composición de la proteína de trigo y su material farináceo. Para Cruz y Soares (2004), el tiempo de cocción está determinado por la interacción de las proteínas gliadina, glutenina y el almidón que se encuentran en la pasta.

En el cuadro seis se presentan los resultados del tiempo de cocción de la pasta, con un rango desde 8.91 hasta 13. 11 minutos. Según los resultados el tratamiento con el mayor tiempo de cocción fue el tratamiento 6 con un tiempo de 13.11 minutos, este tratamiento posee 30.04% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo, este un punto axial positivo (+ α) para la variable de almidón de yuca. Los tratamientos con menor tiempo de cocción, en su formulación tenían los menores porcentajes de almidón de yuca y cáscara de huevo.

Cuadro 6. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Tiempo de Cocción (TC) de la pasta tipo Fettuccine.

Tratamiento	% Almidón de Yuca	% Cáscara de huevo	TC (min) ± D.E
1	12.90	1.00	8.98 ± 0.37 d
2	12.90	3.00	9.30 ± 0.15 d
3	27.10	1.00	12.64 ± 0.40 a
4	27.10	3.00	12.86 ± 0.38 a
5	9.96	2.00	8.91 ± 0.13 d
6	30.04	2.00	13.11 ± 0.42 a
7	20.00	0.59	9.54 ± 0.12 d
8	20.00	3.41	11.65 ± 0.09 b
9	20.00	2.00	11.47 ± 0.39 b
10	20.00	2.00	11.36 ± 0.17 b
11	20.00	2.00	10.42 ± 0.37 c
12	20.00	2.00	10.65 ± 0.17 c
%Coeficiente de variación			2.80

a-d diferente letra representa diferencias significativa $P \leq 0.05$

Los resultado estadísticos en el cuadro 7 indican que las variable independientes almidón de yuca cuadrática X_1^2 y cáscara de huevo lineal X_2, cuadrática X_2^2, fueron significativas estadísticamente a una $P < 0.05$. El coeficiente de regresión R^2 indico que el 69.9% de las variables se ajustaron al modelo y el 30.1 % no se ajustaron al modelo. La falta de ajuste no fue significativa y los valores F calculado fue de 6.4 lo que indica que este modelo es tendencioso.

Cuadro 7. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 para Tiempo de cocción (min) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos.

Coeficientes	Tiempo de Cocción	Probabilidad
Intercepto	9.87E+00	9.99E-05
X_1	3.62E-01	2.42E-01 Ns
X_1^2	6.86E-01	9.06E-02 *
X_2	-6.87E-02	8.01E-01 Ns
X_2^2	8.64E-01	5.33E-02 *
X_1-X_2	1.55E+00	2.17E-02 *
Falta de Ajuste		0.142855
R^2		0.69899

X_1: Almidón de Yuca
X_2: Cáscara de huevo
Ns = no significante
* = significante a $P < 0.1$

Con los resultados obtenidos del cuadro siete se construyó una ecuación matemática que ayuda a predecir el comportamiento que tomaran las variables significativas sobre el tiempo de cocción de la pasta.

$$\text{Tiempo de Cocción} = 9.870000 + 0.686250\, x_1^2 + 0.863750\, x_2^2 + 1.552500\, x_1 x_2 \quad [12]$$

Con la ecuación 12 se elaboró un gráfico de superficie respuesta (figura 2) que muestra que las variables cuantitativas almidón de yuca y cáscara de huevo incrementan el tiempo de cocción de la pasta.

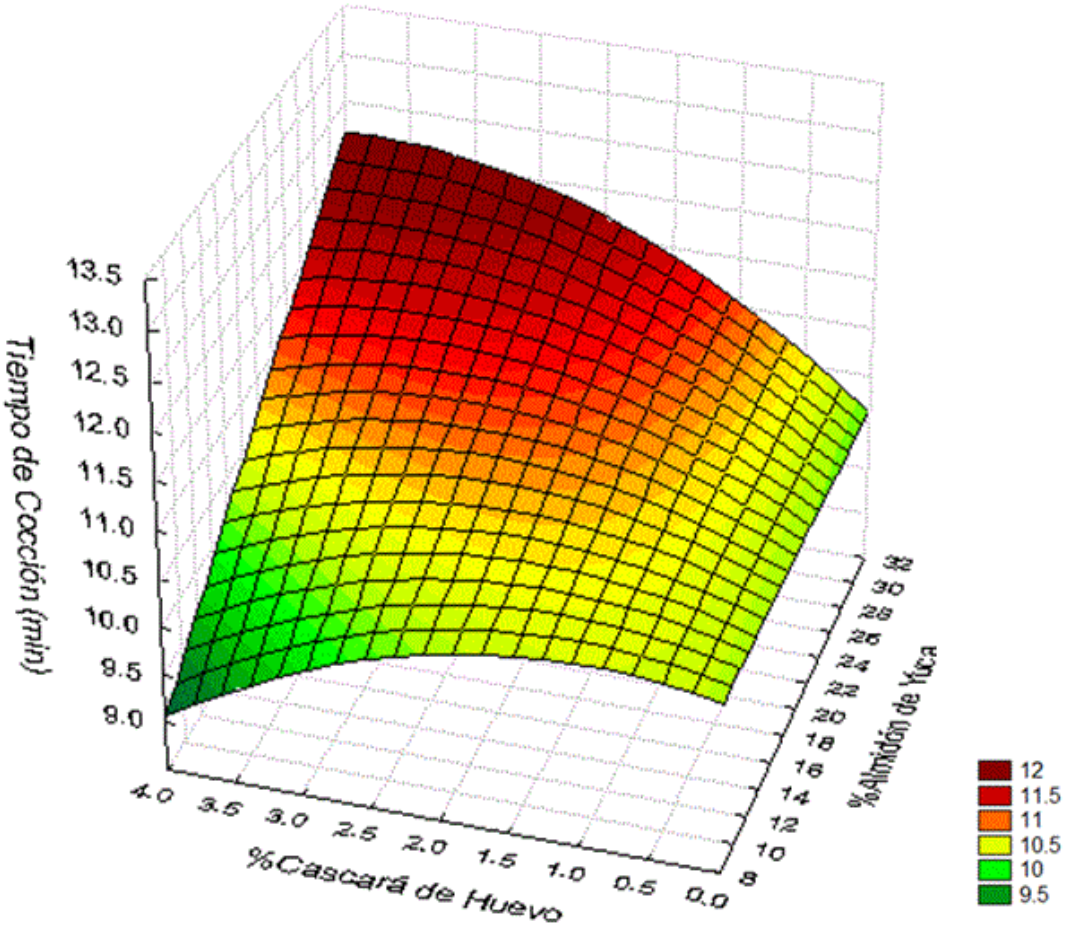


Figura 2. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en el Tiempo de cocción en la Pasta tipo Fettuccine.

Según Bustos *et al.* (2007), el tiempo de cocción para lograr una pasta al ¨dente¨ que es cuando desaparece el centro blanquecino de la pasta, es decir cuando el almidón ya está gelatinizado (Sandoval, s.f) esto sucede de 10 a 16 minutos dependiendo del porcentaje de trigo presente en la mezcla, esto concuerda con los datos obtenidos en este estudio donde

se puede observar que el tiempo es directamente proporcional a la cantidad de almidón de yuca y de la cáscara de huevo.

Análisis aumento de peso. Teba (2009), menciona que los parámetros de aumento de peso y el volumen están relacionados con la capacidad de absorción de agua de las pastas, que refleja el rendimiento, esto dependerá del tipo de pasta.

No hubo diferencias significativas entre las variables independientes a una $P < 1$ por lo que en este caso la metodología de superficie de respuesta no fue predictivo, no se generó la ecuación de predicción, los resultados fueron discutidos por un análisis de separación de medias por Lsmeans a una $P < 0.05$.

Como se demuestra en el Cuadro 8 con una separación de medias a una $P < 0.05$ se encontraron diferencias significativas y similitudes entre tratamientos, con un rango de 63.99-76.38%. El tratamiento con el mayor porcentaje de aumento de peso fue el seis que contiene 30.04% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo que es un punto axial positivo (+ α) para la variable almidón de yuca. El tratamiento con el menor aumento de peso fue el cinco que en su formulación tenía 9.96 % de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo.

Los parámetros de calidad propuestos por Ciacco y Chang (1989), consideran que las características de una pasta son aquellas que aumentan de peso por encima de 200%. Para Donnely (1979), el aumento de peso debe de ser entre 200 y 250%. Sin embargo para Hummel (1996), valores menores a 100% son satisfactorios, como se observa en el cuadro ocho todos los tratamientos aumentaron su peso, hasta un 75%.

Cuadro 8. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Aumento de Peso (AP) de la pasta Fettuccine.

Tratamiento	% Almidón de Yuca	% Cáscara de huevo	AP (%) ± D.E
1	12.90	1.00	68.33 ± 1.99 e
2	12.90	3.00	69.47 ± 1.89 de
3	27.10	1.00	75.49 ± 1.85 a
4	27.10	3.00	75.89 ± 1.79 a
5	9.96	2.00	63.99 ± 1.30 f
6	30.04	2.00	76.38 ± 1.50 a
7	20.00	0.59	70.59 ± 1.89 cd
8	20.00	3.41	74.58 ± 1.16 ab
9	20.00	2.00	70.80 ± 1.47 de
10	20.00	2.00	72.33 ± 1.62 cd
11	20.00	2.00	70.63 ± 1.93 cd
12	20.00	2.00	70.82 ± 1.94 c
%Coeficiente de variación			2.37

a-f diferente letra representa diferencias significativa $P \leq 0.05$

Análisis de aumento de volumen. Según Bustos e*t al.* (2007), una pasta debe de hincharse el doble de su volumen a los 10 minutos de ser hervidos con agua, este debe mantener su forma, firmeza sin ponerse pastoso y desintegrarse. Ormenese *et al.* (2001), indica que el aumento de volumen es dependiente del contenido y calidad de proteína que tiene la harina de trigo.

No hubo diferencias significativas entre las variables independientes a una $P < 1$ por lo que en este caso la metodología de superficie de respuesta no fue significativa y no se generó la ecuación de predicción, los resultados fueron discutidos por un análisis de separación de medias por Lsmeans a una $P < 0.05$.

Como se demuestra en el Cuadro 9 con una separación de medias a una $P < 0.05$ se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, con un rango de 64.07-85.16%. El tratamiento con el mayor porcentaje de aumento de volumen fue el seis que contiene 30.04% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo que es un punto axial positivo (+ α) para la variable almidón de yuca. El tratamiento con el menor aumento de volumen fue el cinco que en su formulación tenía 9.96 % de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo. Los resultados concuerdan con lo que menciona Hummel (1996), que una pasta al aumentar de volumen es proporcional al aumento de peso, como se observa en el cuadro 8 el tratamiento que obtuvo el mayor porcentaje de aumento de volumen fue el seis (30.04 % almidón de yuca- 2% cáscara de huevo) este mismo tratamiento obtuvo el mayor porcentaje de aumento de peso de la pasta al momento de la cocción. Debido a que el almidón de yuca tiene un gran poder de absorción de agua (Hernández *et al.*, 2008).

Cuadro 9. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Aumento de Volumen (AV) de la pasta Fettuccine.

Tratamiento	% Almidón de Yuca	% Cáscara de huevo	AV (%) ± D.E
1	12.90	1.00	64.90 ± 1.83 d
2	12.90	3.00	65.54 ± 1.56 d
3	27.10	1.00	76.75 ± 2.28 b
4	27.10	3.00	82.92 ± 1.60 a
5	9.96	2.00	64.07 ± 1.72 d
6	30.04	2.00	85.16 ± 2.00 a
7	20.00	0.59	70.47 ± 1.90 c
8	20.00	3.41	76.67 ± 1.08 b
9	20.00	2.00	73.19 ± 2.34 bc
10	20.00	2.00	76.63 ± 1.58 b
11	20.00	2.00	74.10 ± 2.36 bc
12	20.00	2.00	75.37 ± 2.12 b
%Coeficiente de variación			2.27

a-d diferente letra representa diferencias significativa $P \leq 0.05$

Análisis de textura. En los laboratorios de Brookfield (2013), determinaron que el valor máximo de fuerza sobre una distancia específica representa la dureza de la muestra, a mayor valor es más dura la muestra, esta se ve afectada por la temperatura en que se encuentra, el grosor y la alineación de la pasta, en la base para medir textura.

Como se demuestra en el Cuadro 10 con una separación de medias a una $P < 0.05$ se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, con un rango de 83.68-155.10 g de compresión. El modelo de regresión para textura no fue significativo a una $P > 1$, por lo que no se generó la gráfica de superficie respuesta.

El tratamiento con la mayor fuerza de compresión fue el 12 que contiene 20% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo los cuales son los puntos centrales del estudio. El tratamiento con menor fuerza de compresión fue el tratamiento el seos que contiene 30.04% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo que es un punto axial positivo ($+ \alpha$) para la variable almidón de yuca. Esto debido a que contiene un mayor porcentaje de almidón afecta directamente a la textura de la pasta haciéndola más suave estos datos coinciden con Granito *et al.* (2003), que al agregar almidón de yuca hasta un 40% observaron que hubo una disminución en su consistencia.

Cuadro 10. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la Textura (TXT) de la pasta Fettuccine.

Tratamiento	% Almidón de Yuca	% Cáscara de huevo	Textura (g) ± D.E
1	12.90	1.00	145.00 ± 7.62 bc
2	12.90	3.00	122.90 ± 6.93 d
3	27.10	1.00	91.00 ± 1.22 f
4	27.10	3.00	110.70 ± 4.72 e
5	9.96	2.00	139.90 ± 6.05 c
6	30.04	2.00	83.68 ± 3.92 g
7	20.00	0.59	109.00 ± 8.00 e
8	20.00	3.41	150.38 ± 1.68 ab
9	20.00	2.00	91.60 ± 1.38 f
10	20.00	2.00	89.20 ± 1.68 fg
11	20.00	2.00	91.40 ± 3.66 f
12	20.00	2.00	155.10 ± 7.39 a
%Coeficiente de variación			14.88

a-g diferente letra representa diferencias significativa $P \leq 0.05$

Índice de absorción de agua (IAA). El Índice de Absorción de Agua (IAA) se entiende como la interacción del almidón con el agua, este parámetro sirve para evaluar la conveniencia de utilizar algún tipo de materia prima (Carvalho *et al.,* 2002). El IAA indica la cantidad de agua absorbida por los gránulos de almidón de una determinada muestra sometida a un tratamiento térmico. Es una medida que refleja la capacidad del gránulo de almidón para absorber el agua, incluso a temperatura ambiente, y la capacidad integral de la estructura de almidón (Silva, 2013).

Según Ascheri *et al.* (2006), el IAA varía con el grado de gelatinización sufrido por el almidón en el proceso de cocción, solamente los gránulos de almidón dañado pueden absorber el agua a temperatura ambiente, por lo que cuanto mayor sea el número de hidroxilos disponibles para formar enlaces de hidrógeno con el agua, mayor será la IAA, esto también indica el rendimiento de cocción de la pasta.

En el cuadro 11 se encuentran los resultados de los porcentajes de IAA con una $P < 0.05$ estadísticamente con un rango de 1.50-1.66%. El tratamiento con mayor porcentaje de absorción de agua es el tres posee 27.1% de almidón de yuca y 1% de cáscara de huevo en polvo. Por otro lado el tratamiento cinco tiene en su formulación el menor contenido de almidona de yuca este es un valor axial negativo ($-\alpha$) para esta variable.

Cuadro 11. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Índice de Absorción de Agua (IAA) de la pasta Fettuccine.

Tratamiento	**% Almidón de Yuca**	**% Cáscara de huevo**	**IAA(%) ± D.E**
1	12.90	1.00	1.33 ± 0.40 b
2	12.90	3.00	1.61 ± 0.12 ab
3	27.10	1.00	1.58 ± 0.20 ab
4	27.10	3.00	1.59 ± 0.09 ab
5	9.96	2.00	1.48 ± 0.03 ab
6	30.04	2.00	1.56 ± 0.04 ab
7	20.00	0.59	1.36 ± 0.37 b
8	20.00	3.41	1.55 ± 0.04 ab
9	20.00	2.00	1.54 ± 0.12 ab
10	20.00	2.00	1.54 ± 0.09 ab
11	20.00	2.00	1.62 ± 0.10 a
12	20.00	2.00	1.59 ± 0.82 ab
%Coeficiente de variación			11.47

a-d diferente letra representa diferencias significativa $P \leq 0.05$

Con los resultados estadísticos del cuadro 12 las variable independiente almidón de yuca lineal X_1 y cuadrática X_1^2, cáscara de huevo lineal X_2 es significativa estadísticamente a una $P < 0.05$. El coeficiente múltiple de determinación R^2 indico que el 75.3% de las variables se ajustaron al modelo y el 25.7% es el error experimental, el F calculado que fue de 3.29. La falta de ajuste no fue significativa, por lo que el modelo de superficie respuesta muestra un modelo tendencioso sobre la índice de absorción en agua de la pasta.

Cuadro 12. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 para el índice de absorción de agua (%) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos.

Coeficientes	**IAA (%)**	**Probabilidad**
Intercepto	1.59E+00	3.00E-06
X_1	4.04E-02	4.87E-02 *
$X_{1\,2}$	-3.49E-02	8.86E-02 *
X_2	3.82E-02	5.55E-02*
$X_2{}^2$	-2.09E-02	2.33E-01 ns
X_1-X_2	-6.70E-02	3.25E-02 *
Falta de Ajuste		0.165864
R^2		0.75314

X_1: Almidón de Yuca
X_2: Cáscara de huevo
ns = significantes
* = significante a P < 0.1

En base al resultado del cuadro 12 se construyó la ecuación matemática que ayuda a predecir el comportamiento de las variables significativas sobre la absorción den agua de la pasta.

$$IAA = 1.590167 + 0.040356x_1 - 0.034900x_1^2 + 0.038235x_2 - 0.066967x_1x_2 \quad [12]$$

De acuerdo a la ecuación 12, se elaboró un gráfico de superficie respuesta (figura 3) que muestra el efecto de las variables cuantitativas el porcentaje de almidón de yuca y la cáscara de huevo y su efecto en la IAA, donde se observa la mayor diferencia de Absorción con el aumento del porcentaje de almidón de yuca y la cáscara de huevo.

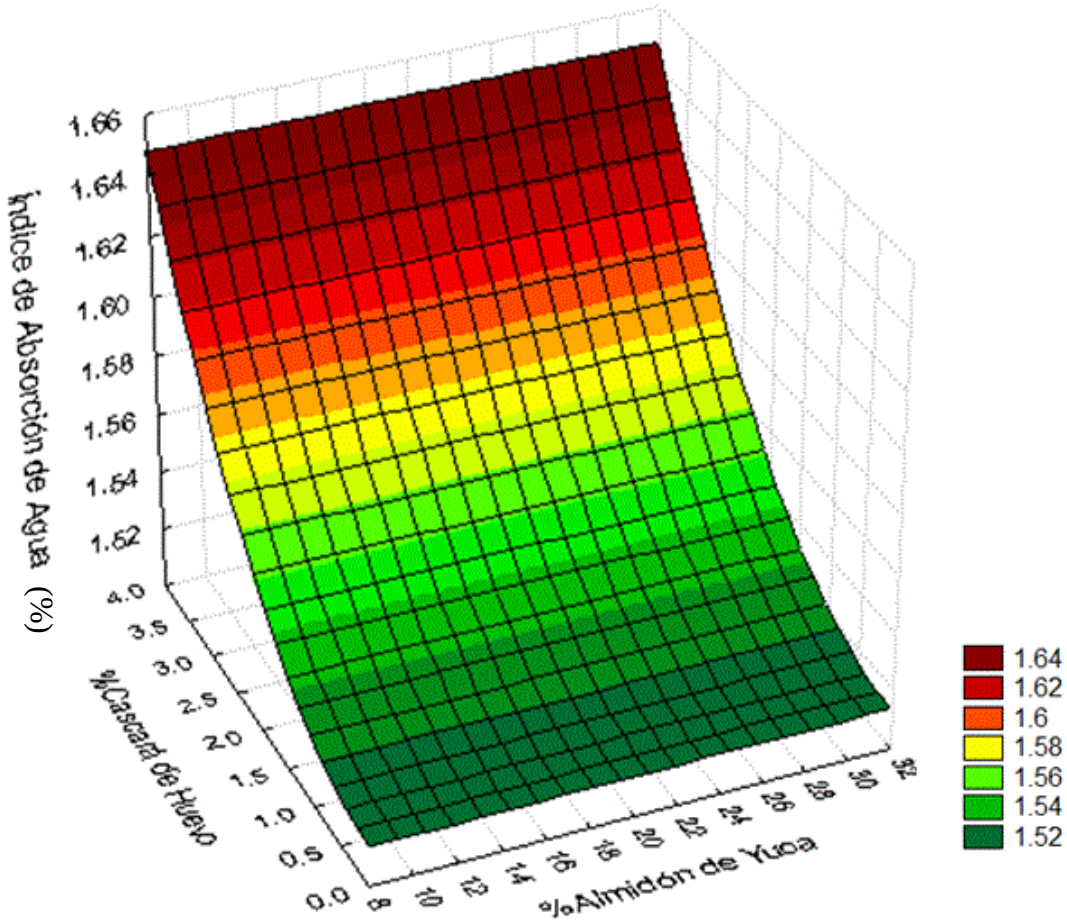


Figura 3. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en el Índice de absorción de agua de la Pasta tipo Fettuccine.

Como se observa en la figura 3 las dos variables independientes fueron significativas, a medida van aumentando en porcentaje mayor será la adsorción de agua, este índice se ve afectado por la temperatura de cocción y el grado de gelatinización que del almidón. Como confirma Carvalho *et al.* (2002), que sólo los gránulos de almidón gelatinizado absorben agua y se hincha a temperatura ambiente, sin embargo, con el aumento del grado de gelatinización, la fragmentación almidón pueda que disminuya la absorción de agua en la pasta.

Índice de solubilidad en agua (ISA). El ISA se relaciona con la cantidad de sólidos solubles en una muestra seca, lo que permite verificar la severidad del tratamiento, debido a la degradación, la gelificación, y la posterior dextrinización del almidón. Este índice es ampliamente utilizado para medir el grado en la que se solubilicen el almidón en las bebidas, sopas, alimentos para bebés. (Carvalho *et al.*, 2002).

Según Silva (2013), el ISA refleja la capacidad de hinchamiento de la pasta después de la cocción, por lo tanto altos niveles de solubilidad en agua favorecen el aumento de volumen, pero demasiado puede destruir la integridad estructural del producto.

En el cuadro 13 se encontraron diferencias y similitudes entre tratamientos a una $P < 0.05$, con un rango de 5.56 hasta 7.59 % de solubilidad. El tratamiento con mayor porcentaje de solubilidad fue el cinco este tratamiento posee 9.96% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo en polvo es un punto axial negativo (-α) que indica la menor cantidad evaluada en este estudio. Por otro lado el tratamiento 6 que es un punto axial positivo (+α) indica que la cantidad máxima del almidón de yuca.

Cuadro 13. Promedio y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) de la pasta Fettuccine.

Tratamiento	**% Almidón de Yuca**	**% Cáscara de huevo**	**ISA (%) ± D.E**
1	12.90	1.00	5.96 ± 0.76 cd
2	12.90	3.00	6.06 ± 0.54 bcd
3	27.10	1.00	5.80 ± 0.50 cd
4	27.10	3.00	6.06 ± 0.35 bcd
5	9.96	2.00	7.71 ± 0.27 a
6	30.04	2.00	5.59 ± 0.42 d
7	20.00	0.59	6.55 ± 0.23 b
8	20.00	3.41	5.89 ± 0.16 cd
9	20.00	2.00	6.31 ± 0.43 bc
10	20.00	2.00	6.52 ± 0.18 b
11	20.00	2.00	6.49 ± 0.25 b
12	20.00	2.00	6.57 ± 0.28 b
%Coeficiente de variación			3.51

a-d diferente letra representa diferencias significativa $P \leq 0.05$

De acuerdo a los resultados estadísticos del cuadro 14 la variable independiente almidón de yuca lineal X_1 y la variable cáscara de huevo cuadrática $X_2{}^2$, fueron significativa estadísticamente a una $P < 0.05$. El coeficiente de regresión R^2 indico que el 51.6% de las variables se ajustaron al modelo y el 48.4% es el error experimental que no se ajustaron. El F calculado fue de 4.44. La falta de ajuste fue significativa, pero no cumple con e $R^2 > 0.06$ por lo que el modelo de superficie respuesta fue tendencioso para esta variable.

Cuadro 14. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R^2 del índice de solubilidad en agua (%) en función del almidón de yuca (X_1) y la cáscara de huevo (X_2) en los tratamientos.

Coeficientes	**ISA (%)**	**Probabilidad**
Intercepto	6.48E+00	1.48E-06
X_1	-4.46E-01	1.56E-03 *
X_1^2	-8.07E-02	1.70E-01 Ns
X_2	-7.10E-02	1.75E-01 Ns
X_2^2	-2.24E-01	1.54E-02 *
X_1-X_2	3.80E-02	5.50E-01 Ns
Falta de Ajuste		0.004944
R^2		0.51092

X_1: Almidón de Yuca
X_2: Cáscara de huevo
ns = significantes
* = significante a P < 0.1

En base al resultado del cuadro 14 se construyó la ecuación matemática que ayuda a predecir el comportamiento de las variables significativas en la solubilidad en agua de la pasta.

$$\textbf{ISA} = 6.475169 - 0.445685x_1 - 0.224079x_2 \qquad [13]$$

De acuerdo a la ecuación 13, se elaboró un gráfico de superficie respuesta (figura 4) que muestra el efecto de las variables cuantitativas el porcentaje de almidón de yuca y la cáscara de huevo y su efecto en la solubilidad del agua, donde se observa la mayor diferencia de solubilidad con el aumento del porcentaje del almidón de yuca.

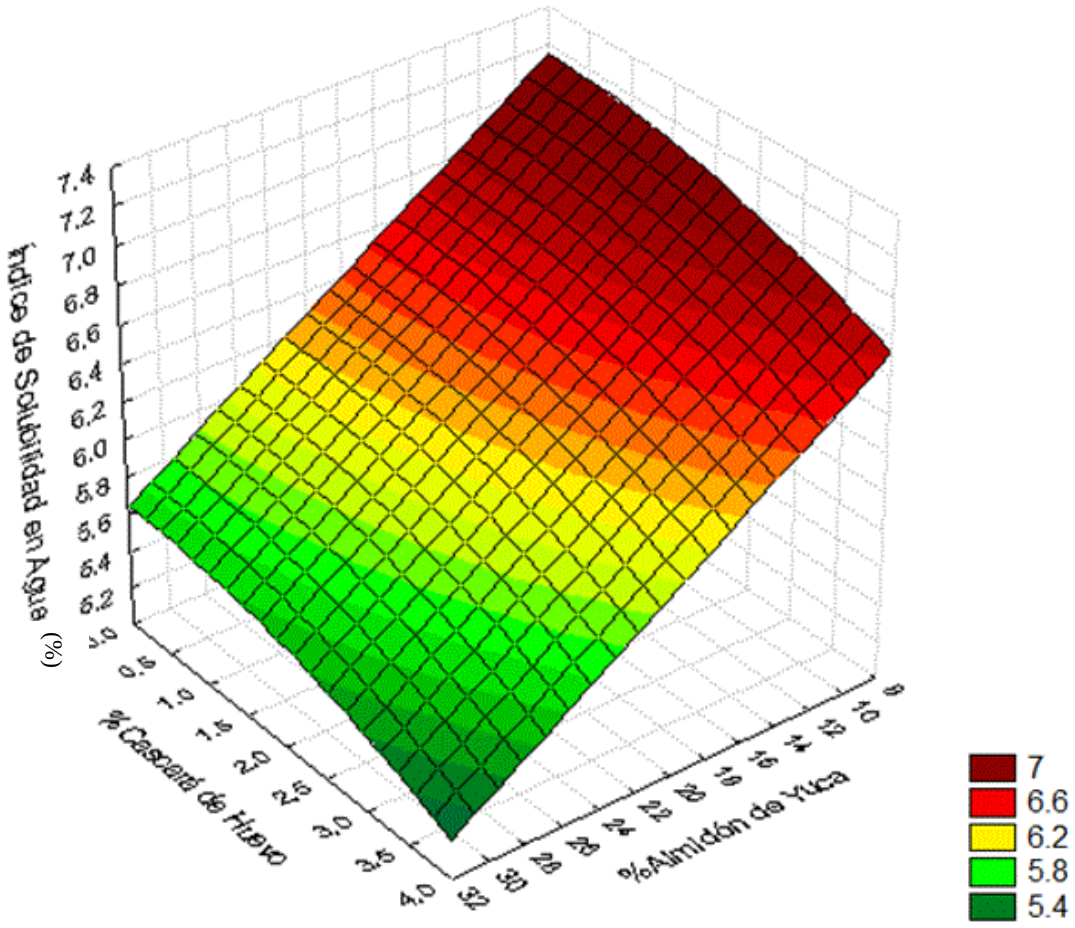


Figura 4. Efecto de las variables independientes el almidón de yuca y la cáscara de huevo en el Índice de solubilidad en agua en la Pasta tipo Fettuccine

Como se observa en la figura 4 el aumento de la solubilidad observada en los tratamientos se puede atribuir a la dispersión de las moléculas de amilosa y amilopectina como resultado de la gelatinización como lo menciona Callona *et al.* (1984), esto sucede cuando las condiciones de cocción son leves. Según Silva (2013), la solubilidad de la proteína va a depender de la proporción de los grupos hidrofóbicos situados en el centro de la molécula, ya que el contenido de las proteínas puede afectar la tasa de solubilidad.

Función de utilidad. En la figura 5 muestra los valores óptimos de las variables independientes almidón de yuca y cáscara de huevo. Bajo las condiciones de maximizar absorción en agua y de minimizar las variables acidez alcohólica, índice de solubilidad en agua y poco tiempo de cocción para obtener una pasta de calidad. Los valores óptimos reportados para las variables independientes de 20% almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo, obteniendo así las variables más altas o bajas según lo registrado, los valores obtenidos fueron los puntos centrales del estudio.

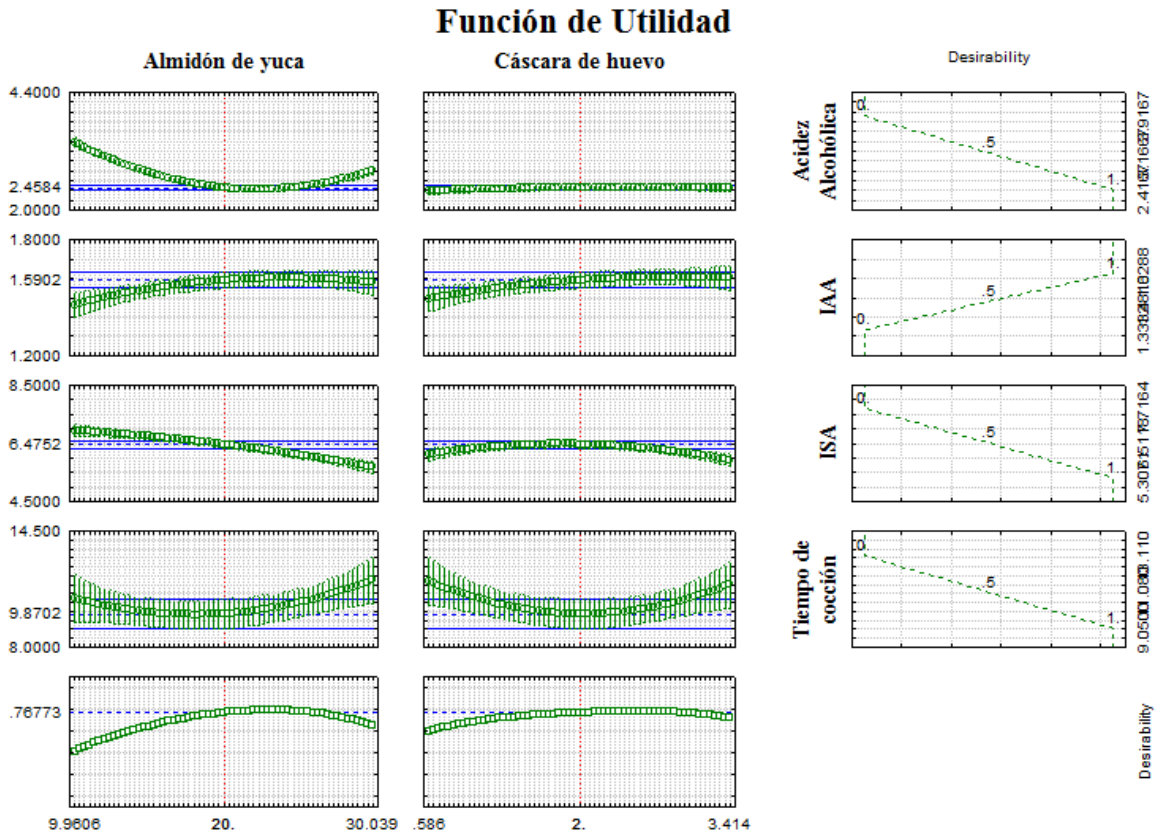


Figura 5. Valores óptimos de las variables independientes sobre las propiedades físicas y químicas en la pasta Fettuccine.

Composición Química de la Pastas.

Humedad. Según la norma venezolana COVENIN 283 (1994), establece un valor máximo de humedad 13,5 % para pastas alimenticias de sémola de trigo durum y el Codex alimentario (2006), de 14% los tratamientos cumplen con los parámetros. El contenido de humedad en las pastas determina el momento de la cocción, si tendrá el aumento de volumen y peso optimo, a mayor contenido de humedad en las pastas menor será el volumen y el peso (Santos *et al*., 2013). La humedad va relacionada directamente con la acidez alcohólica, a mayor humedad, mayor acidez, ya que al haber más agua disponible hay una mayor acción enzimática de los hidratos de carbono (Leitão *et al.*, 1990). En el cuadro 15 los dos tratamientos evaluados, el control y el optimizado 20:2 (AY: CH) no tuvieron diferencias significativas teniendo como resultado 10.76 y 10.74% de humedad.

Cenizas. Representan el contenido en sales minerales, aunque sin especificar cuanto de cada uno de los elementos en particular, por lo que esta medida tiene un valor limitado (Díaz, 2008). Los resultados del porcentaje de ceniza se muestran en el cuadro 15 la pasta control se encuentra por debajo de los valores máximos establecidos por la norma

COVENIN 283(1994), que establece el contenido 1% de cenizas para pasta alimenticias fabricadas con trigo de sémola durum.
El incremento de cenizas en el tratamiento optimizado 20:2 (AY: CH) fue siete veces mayor que el control, siendo estadísticamente diferentes, esto se atribuye por la adición del polvo de la cáscara de huevo, que está conformado por compuestos de una red de fibras de proteína, asociados con cristales de carbonato de calcio, agua y materias orgánicas (Oliveira *et al.,* 2010) que aumenta el contenido de materia inorgánica del producto.

Fibra cruda. Según la FEN (2010), el contenido en fibra es variable (las harinas de bajo grado de extracción tienen poca fibra y las de mayor porcentaje de extracción, mayor contenido). Como se puede observar no hubo diferencia significativa entre los tratamientos a pesar que hubo sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca dando como resultado entre 24-25. Estudios realizados por Menegassi *et al*. (2006), reporta en pastas frescas que contienen 3.61% de fibra y en una pasta hecha con yuca solo aporta 3.76% en una porción de 70 g.

Grasa. El control obtuvo 2.67% y la pasta optimizada 20:2 (AY: CH) 2.19% de grasa no hubieron diferencias estadísticas ya que el ingrediente que podría aportar el mayor porcentaje de grasa fue el aceite y este se mantuvo constante en la elaboración de estas pastas. Estudios realizados por Granito y Ascanio (2009), de pastas funcionales con leguminosas obtuvo 0.8 g/ 100g de pasta con harina de frijoles (*Phaeolus vulgaris)* y en su pasta control 0.3 g/ 100 g datos similares a los obtenidos (Cuadro 15).

Proteína. El contenido de proteína ayuda a crear una matriz proteica estable que encierre los almidones y no permita su salida en la cocción otorgándole características organolépticas no deseables por el consumidor según Carrasquero (2009), el mínimo permitido de proteína es de 12.77% con pastas de semolina de trigo durum.

Como se observa en el cuadro 15 ninguno de los tratamientos cumple con el porcentaje mínimo requerido de proteína, estudios hechos por Peña (s.f.), confirman que la calidad de la harina de trigo varía ampliamente (8-20%). Estadísticamente fueron significativos la pasta control tuvo 11.15% de proteína cruda y la pasta optimizada 20:2 (AY: CH) 9.75% esto debido a la sustitución parcial de la harina de trigo porque va disminuyendo la cantidad de proteína que esta brinda y la calidad del trigo.

Cuadro15. Promedios y desviación estándar (D.E) del análisis proximal de la pasta tipo Fettuccine.

	Análisis (%)				
TRT	**HD ± D.E**	**CZ ± D.E**	**FC ± D.E**	**GR ± D.E**	**PR ± D.E**
Control	10.76 ± 0.12 a	0.62 ± 0.02 b	25.26 ± 0.80 a	2.67 ± 0.01 a	11.15± 0.05 a
Óptimo	10.74 ± 0.16 a	4.86 ± 0.08 a	24.95 ± 0.38 a	2.19 ± 0.06 a	9.75 ± 0.06 b
CV (%)	1.67	1.58	1.18	2.34	0.77

a-b Promedios con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes.
TRT: Tratamiento
CH: Cáscara de huevo
HD: Humedad
CZ: Cenizas
FC: Fibra Cruda
GR: Grasa
PR: Proteína

Análisis de calcio. El análisis de este mineral se realizó con la pasta control que contenía 100% harina de trigo y el tratamiento optimizado 20:2 (AY: CH). No hubo diferencias estadísticamente a una $P < 0.05$, pero al comparar numéricamente con el tratamiento optimizado presentó un incremento 280% más que la pasta control, debido a la adición de la cáscara de huevo en polvo. Oliveira *et al*. (2010), reporta que la cáscara de huevo está conformada por una red de fibras de proteína, asociados con cristales de carbonato de calcio (96%), carbonato de magnesio (1%) y fosfato de calcio (1%), estos minerales según Gómez (2011), se encuentran en su mayoría en forma de carbonato de calcio y el 36,9% en forma absorbible por el cuerpo. Como se observa en el cuadro 16 en una porción de pasta de 70 g de pasta que es lo que se debe consumir solo aporta 0.01 mg de calcio.

Cuadro 16. Resultados del análisis de calcio de la pasta tipo Fettuccine.

Tratamientos	**Calcio (mg/100g)**	**Calcio (mg / 70 g)**
	Media ± D.E	
Control	0.05 ± 0.01 a	0.0
20:2 (AY:PCH)	0.14 ± 0.01 a	0.1
Coeficiente de Variación (%)	24	

a-b Promedios con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes.
AY: Almidón de yuca.
CH: Cáscara de Huevo.

.

Análisis microbiológicos. Los análisis microbiológicos realizados para los dos tratamientos cumplen con los requisitos establecidos, siendo el límite máximo de 10000 UFC/g para mesófilos aerobios y 100 UFC/g para Enterobacterias. Se observa en el Cuadro17 que los tratamientos cumplen con los parámetros establecidos por la Norma Sanitaria del MINSA (2003), para las Enterobacterias <1 Log $_{10}$ UFC/g y las Bacterias Mesófilos Aerobias se encuentran dentro del rango permitido.

Cuadro 17. Resultado de conteo de bacterias de la pasta Fettuccine.

Tratamiento	**Microorganismo (Log UFC§/g)**		
	Enterobacterias	**BMA (Ns)**	***Salmonella* ssp.**
Control	< 10	2.90 ± 0.58 a	
Óptimo	<10	2.27 ± 0.25 a	
Cáscara de huevo			Ausencia en 25 g
CV %		9.35	

CV: Coeficiente de Variación.
Ns: no fue significativo a una $P \leq 0.05$
CH: Cascará de huevo
BMA: Bacterias Mesófilos Aerobias.

Por contener cáscara de huevo en polvo como un ingrediente según el Reglamento Técnico Centroamericano (2009), tiene que cumplir que en 25 g de alimento tiene que estar ausente de este patógeno, la cáscara de huevo en polvo cumplió con este parámetro y así se pudo añadir a la pasta tipo Fettuccine.

Análisis sensorial de aceptación. Esta evaluación sensorial se llevó acabo con el objetivo de ver la aceptabilidad del producto y evaluar los atributos de la pasta Fettuccine optimizada comparada con una pasta control.

Color. Se puede observar en el cuadro 18 el tratamiento optimizado 20:2 (AY: CH), en el atributo color, varió en 2.86 puntos menos que el control. Obtuvo una calificación de 3.59 ubicado en la escala como ¨me disgusta moderadamente¨, el color de la pasta va a variar dependiendo de las características del grano, la molienda y el secado. Según Fuertes (2014), ll color amarrillo proviene de los pigmentos de carotenoides de las harinas de trigo al ser parcialmente sustituida por el almidón yuca esta se vuelve más clara, y al consumidor no le agrada.

Olor. El olor en el tratamiento optimizado 20:2 (AY: CH) se encontraba en la escala hedónica me desagrada moderadamente con una puntuación promedio de 3.58 siendo el atributo con menor calificación debido que la pasta presentaba un olor a huevo esto se atribuye a la adición de la cáscara de huevo en polvo le daba este olor característico.

Sabor. Se puede observar en el cuadro 18 el tratamiento control con 100% harina de trigo, varió 2.8 puntos más que el tratamiento optimizado 20:2 (AY: CH), el tratamiento control obtuvo un promedio de 6.34 que en la escala hedónica se ubica en “me gusta poco”, y el

tratamiento optimizado fue de 3.54, debido a que el olor y el sabor están relacionados, y al tener una mala percepción de estos atributos pudo influir al momento de evaluar.

Textura. Este atributo es la característica primordial para los consumidores de pasta (Fuertes 2014) el tratamiento optimizado 20:2 (AY: CH) en este atributo fue el peor evaluado con un promedio de 3.39 ± 0.84, los panelistas reportaron que la pasta era muy débil al tomarla ya que al sustituir un cierto porcentaje de harina de trigo por almidón de yuca, se reduce el contenido de gluten que es lo que le da consistencia a las pastas, caso contrario al que reporta Mirhosseini *et al.* (2015), que utilizó almidón modificado, harina de calabaza y este mejoro la textura, el color y la aceptabilidad en general.

Aceptación general. En la aceptación los panelistas como se observa en el cuadro 18 el tratamiento control fue el mejor evaluado, que no contenía almidón de yuca y cáscara de huevo en polvo, con una evaluación promedio de 6.50 que dentro de la escala es ¨me disgusta poco¨, datos que difieren con Silva (2013), en su tratamiento control cien por ciento harina de trigo fue evaluada con 7.5, ubicado en la escala en medio de ¨me gusta moderadamente¨ y ¨me gusta mucho¨, debido a que las pastas en general se evalúan con algún aderezo y esto pudo afectar en la evaluación de la aceptación general de los dos tratamientos.

Cuadro 18.Promedios y desviación estándar (D.E) del análisis sensorial de la Pasta Fettuccine.

	Atributos				
Tratamientos	**Color ± D.E**	**Olor ± D.E**	**Sabor ± D.E**	**TXT ± D.E**	**A.G ± D.E**
Control	6.45 ± 1.03	6.42 ± 0.96	6.34 ± 1.01	6.38 ± 0.89	6.50 ± 0.70
Óptimo	3.59 ± 0.84	3.58 ± 0.87	3.54 ± 0.85	3.39 ± 0.84	3.67 ± 0.66
CV (%)	18.65	18.41	18.77	17.84	14.37

a-b Promedios con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes.
CV: Coeficiente de Variación.
TXT: Textura.
A.G: Aceptación General.

4. CONCLUSIONES

- La interacción de almidón de yuca y cáscara de huevo resulto estadísticamente significativa en la acidez alcohólica, tiempo de cocción, solubilidad y absorción en agua.

- La función de utilidad determinó que la combinación de 20% de almidón de yuca y 2% de cáscara de huevo optimizaron las variables acidez alcohólica y solubilidad en agua actuando de manera tendenciosa, mientras que el tiempo de cocción y absorción de agua fueron predictivas al modelo.

- La pasta Fettuccine adicionada con almidón de yuca y cascara de huevo en polvo fue menos aceptada sensorialmente por los panelistas

5. RECOMENDACIONES

- Estudiar el impacto y la eficiencia de la absorción de calcio pasta Fettuccine con cáscara de huevo.

- Evaluar nuevas formulaciones que mejoren los atributos sensoriales de la pasta Fettuccine y un análisis del tiempo de vida de anaquel.

- Efectuar análisis de solubilidad y absorción en agua de la cáscara de huevo.

- Evaluar sensorialmente la pasta en su forma habitual de consumo (salsas, aderezos, pestos).

6. LITERATURA CITADA

Anderson, R., Conway, H.F., Pheiser, V.F. y Griffin, E.L. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Science Today, 14: 4-12.

AACC (American Association for Cereal Chemistry). 1995. Tiempo de cocción en pasta. 9na Ed., Método 16-50. American Association for Cereal Chemistry. Saint Paul, Minnesota.

AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) 2011. Official Methods of Analysis. 18 Ed. Métodos 2003.06, 2001.11, 962.09, 923.03, 945.15 y 985.35. Association of Official Agricultural Chemists Washintong D.C, Estados Unidos

ANVISA (Ministério Da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária). 2000. Resolução RDC nº 93, Brasília, Brasil, (en línea). Citado el: 12 de septiembre 2015. Disponible en: http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php

Aristizábal J., Sánchez T., Mejía D. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p. 32-33

Ascheri D., Andrade C., Carvalho C., Ascheri J. 2006. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. Ciencia ee Tecnologia de Alimentos 26(2): 352-335.

BAM (Bacteriological Analytical Manual). 2001. Aerobic Plate Count. Capítulo 3. Food and Drug Administration

BAM (Bacteriological Analytical Manual). 2001. *Salmonella*. Capitulo 5. Food and Drug Administration

Belitz H., Grosch W., Schieberle P. 2009. Food Chemistry. Springer. Heidelberg, Alemania. p. 424-425

Bossi C. 2008. Estudio de enriquecimiento de masas alimenticias con subproductos agroindustriales. Tesis en Maestría en Ciencia de Alimentos. Campinas Sao Paulo. Universidad Estatal de Campinas p. 45-46

Bryant R., Cadogan J., Weaver C. 1999. The new dietary reference intakes for calcium: implications for osteoporosis. Journal of the American College of Nutrition, 18: 406-412.

Brookfield. 2013. Noodles teste report application. Brookfield Engineering Laboratories. Middleborough, Massachusetts. 4 p.

Box G., Draper N. 1967. Empirical model- building with response surface. Jonh Wiley & Sons. New York, Estados Unidos.

Bustos Z., Acosta K., Román A. 2007. Evaluación de la Calidad Culinaria y durante su Cocimiento de una Pasta Elaborada a partir de Sémola de Cebada y Trigo. Centro de Investigaciones Químicas. Pachuca, México p. 182-186

Carvalho R., Ascheri J., Cal-Vidal J. 2002. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. Cienciae Agrotecnologia 26(5):1006-1018 Fuente: Tesis de Silva (2013)

Callona P., Doublier J., Melcion J., Demoredon F., Mercier C., Martinez F. 1984. Extrusion cooking and drum drying of wheat-starch. Cereal Chemistry 61(6): 538-543

Carrasquero P. 2009. Evaluación de calidad de las pastas alimenticias de sémola de trigo durum. Tesis para Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Maracaibo, Venezuela. Universidad de Zulia. 82. p.

Casagrande D., S. Canniati-Brazada, J. Salgado, A. Pizzinato, N. Novaes. 1999. Análise tecnológica, nutricional e sensorial de macarrão, elaborado com farinha de trigo adicionada de farinha de feijão-guandu. Revista Nutriconal. 12(2): 137-143.

Ciacco G., Chang y. 1990. Massas: tecnologia e qualidade. Unicamp Ed. Campiñas, Brasil. 127p. Fuente: Tesis de Silva (2013)

Codex Alimentarius. 2006. Norma Del Codex Para Los Fideos Instantáneos 249. Codex estandarización. p. 1-2

COVENIN (Comisión Venezolana de Normas industriales) 1994. Normas para pastas alimenticias. FONDONORMA. Maracaibo, Venezuela. p. 5-4

Cruz R., Soares N. 2004. Efeito da adição de CO2 nas características tecnológica e sensorial do macarrão massa fresca tipo talharim. Ciencia e Agrotecnologia. 28(4): 848-855

D'Egidio M., Mariani B., Nardi S., Novaro P., Cubadda R. 1990. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. Cereal Chemistry. 67(3): 275-281.

Díaz A. 2008. Ampliación de Tecnología de los Alimentos. (En línea) Citado el: 16 de septiembre de 2015. Disponible en: https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/tema1-introduccion.pdf

Díaz O., Agama E., Mendoza M., Bello L. 2008. Pasta Adicionada con Harina de Garbanzo: Composición Química, Digestibilidad In Vitro del Almidón y Predicción del Índice Glucémico. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 6(1): 6-12.

Donnely J. 1979. Pasta products: Raw material, technology, evaluation. The Macoroni 61(2): 6-18. Fuente: Tesis Teba (2009)

Ferreira S. 2002. Controle da qualidade em sistema de alimentação coletiva. Higiene Alimentar. 15: 35-48. Fuente: Tesis Teba (2009)

FEN (Fundación Española de la Nutrición) 2010. Composición de las pastas. (en línea) Citado el: 16 de septiembre de 2015. Disponible en: http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pasta.pdf

Fuertes B. 2014. Desarrollo de Formulaciones de Pasta Fresca con incorporación de Salvado Micronizado y Agentes Estructurantes: Propiedades Tecno funcionales. Tesis Ing. Ciencia y tecnología de los Alimentos. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. p. 6-7

Granito M., Ascanio V. 2009. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 59(2): 71-77.

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

Gómez D.L 2011. Cuantificación de Calcio en soluciones casera que contienen cáscara pulverizada de huevo de gallina (Gallus gallus). Tesis en Química Farmacéutica, Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala 58 p.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) 2004. Cadena Agroindustrial de la Yuca. MAGFOR. Managua, Nicaragua. p. 15-16.

Hernández M., Torruco J., Chel-Guerrero L., Betancur D. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Food Science and Technology. 28(3): 718-726.

Hummel C. 1996. Macaroni products: Manufacture processing and Packing. Food Tarde Pres 287 p.

Leitão R, J. Goncalves, M Eiroa, E. García. 1990. Tecnologia de macarrão.Tecnologia de Alimentos. 71p. Fuente: Tesis de Teba 2009

Menchú M., Méndez H. 2012 Análisis de la Situación Alimentaria en Honduras. Papelería e Imprenta Honduras. Tegucigalpa, Honduras. 65 p.

Menegassi B., Leonel M., 2006. Analises de qualidade de uma massa alimenticia de mandioquinha-salsa. Revista Raízes e Amidos Tropicais. 2:27-36 Fuente: Tesis de Teba (2009)

Mirhosseini H, Rashid N., Amid B., Cheong K., Kaxemi M., Zulkurnain M., 2015. Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. Food science and Technology. 63: 184-190.

Murillo S.G, 2005. Guías Alimentarias para la educación nutricional en Costa Rica. Ministerio de Salud de Costa Rica. Citado el: 07 de julio de 2015. (En línea) Disponible en: http://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/calcio.pdf

Oliveira D, Benelli P, Amante E. 2010. A literature review on adding value to solid residues: egg shells. Journal of cleaner Production 46: 42-47

Ormenese R., Faria R., Gomez K.,2002. Massas alimentícias não convencionais à base de arroz – perfil sensorial e aceitação pelo consumidor. Brazilian Food Technology. 4:67-74 Fuente: Tesis Teba (2009)

Peña R. s.f. Influencia de la textura del endospermo y la composición de las proteínas del gluten en la calidad panadera del trigo. CIMMYT. Bat

Peres A.P. 2010. Farinha de casca de ovo: determinação do teor de cálcio biodisponível. Visão Académica, Curitiba, 11(1):74-75.

Pérez F, Garulent M, Gil A. & Zamora S. s.f. Calcio, fósforo, magnesio y flúor, metabolismo óseo y su regulación. Master en Nutrición. Córdoba, España. Universidad de Córdoba 902-903 p.

Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 2009. Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de Alimentos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT. p. 15-16

Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) 2013. Fortificación de Alimentos, especificaciones: Azúcar, sal, harina de maíz nixtamal izado y pastas alimenticias. Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica. San Salvador, El Salvador. p. 13-14

Rocha G. 2009. Obtenção e Caracterização de Filmes Biodegradáveis a partir de Misturas de Amido de Mandioca e Extrato Protéico de Soja. Tesis de Programa en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Rio de Janeiro, Brasil. Universidad Federal Rural de Rio de Janerio. p. 29-28

Sandoval G. s.f. Desarrollo de mezclas farináceas de cereales como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideo. SENECYT. Ambato, Ecuador 82 p.

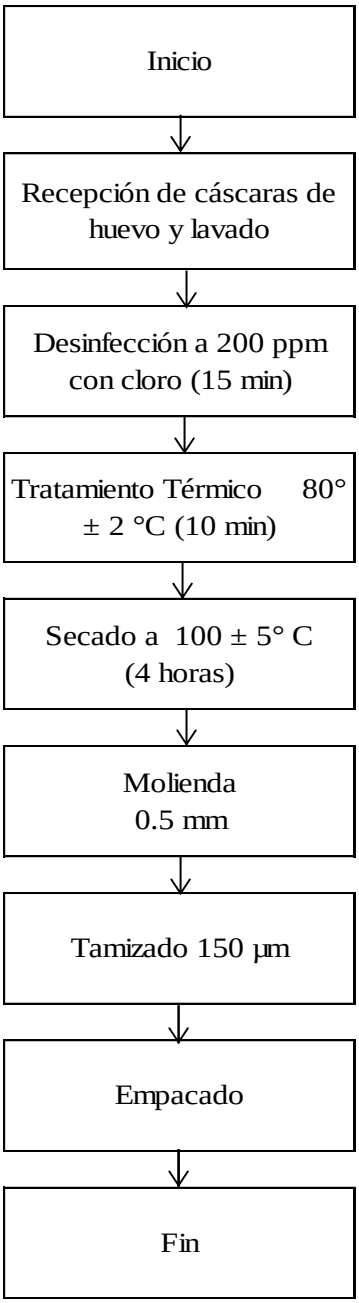
Santos J., Ruano J., Silva M., y Ascheri J., 2013. Caracterização e avaliação sensorial de massas alimentícias enriquecidas com casca de ovo de galinha (*Gallus gallus, L*.) em pó. Tesis de pos grado en Seguridad Alimentaria y Nutricional. Rio de Janeiro, Brasil. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro 30 p.

Silva A.P. 2013. Produção e caracterização de massa alimentícia a base de trigo, arroz polido e feijão carioca com casca, biofortificados. Tesis Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos Rio de janeiro, Brasil. Instituto Federal de Educación ciencia y tecnología. 38 p.

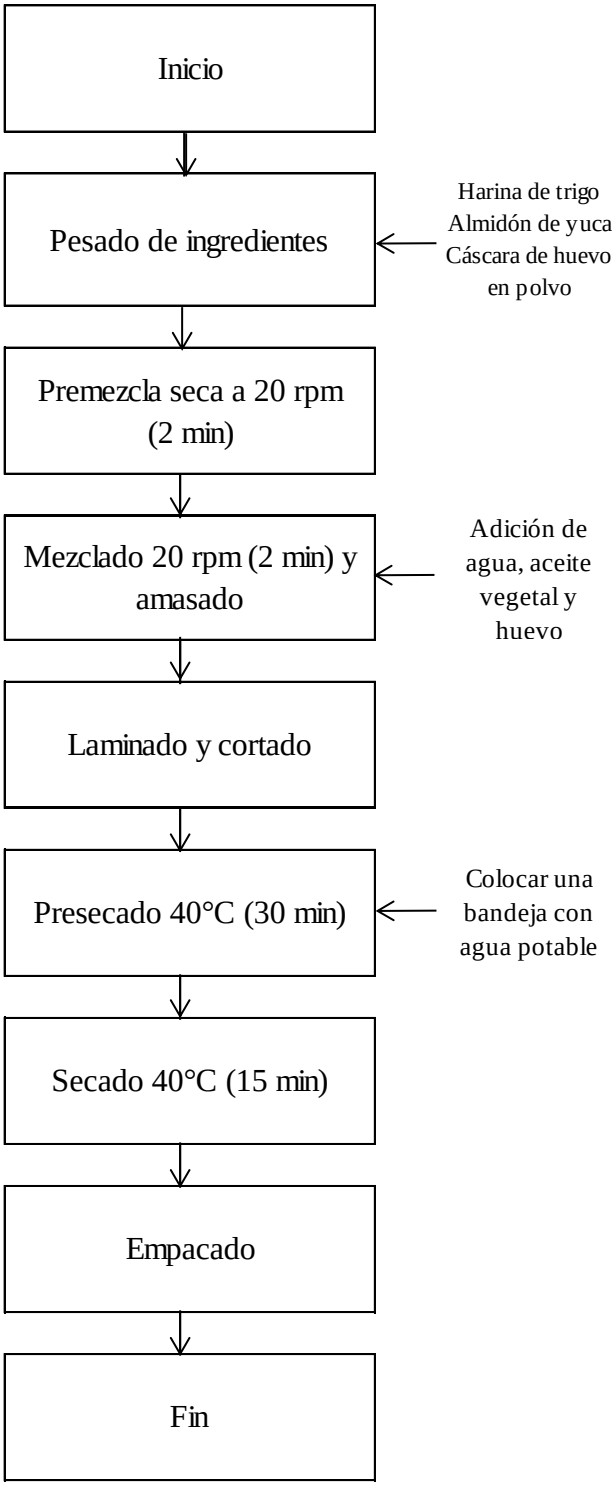
Teba C. 2009. Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca Pelo processo de extrusão termoplástica. Tesis Maestría. Seropédica, Brasil. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro Instituto De Tecnologia. 199 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Flujo de proceso para la obtención de Cáscara de huevo en polvo.



Anexo 2. Flujo de proceso para la elaboración de pasta tipo Fettuccine.



Anexo 3. Hoja para análisis sensorial.

Hoja de evaluación sensorial de "Pasta Fettuccine"

Fecha: _____

Instrucciones

A continuación se le presentarán dos muestras de pasta y un vaso con agua. Limpie su paladar el agua antes y después de cada muestra en el orden que se le presente. Evalúe la apariencia antes de probar cada muestra. Marque con una X el cuadro indicando su grado de aceptación. Al final escriba el código de la muestra preferida y dejar sus comentarios.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extradamente

Código de muestra: _____

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apariencia									
Color									
Olor									
Sabor									
Textura									
Aceptación General									

Código de muestra: _____

Comentarios:_____
_____
_____
_____

¡Muchas Gracias por su ayuda!

Anexo 4. Valores F calculado p <0.05 para acidez alcohólica (AA), índice de absorción de agua (IAA) y solubilidad en agua (ISA), tiempo de cocimiento (TC).

Fuente de Variación	SS	GL	SM	F calculado	F tabular
AA					
Regresión	1.024	3.000	0.341	3.290	2.920
Residuos	0.830	8.000	0.104		
IAA					
Regresión	0.050	4.000	0.013	4.837	2.960
Residuos	0.018	7.000	0.003		
ISA					
Regresión	1.910	2.000	0.955	4.441	3.010
Residuos	1.936	9.000	0.215		
TC					
Regresión	17.430	3.000	5.810	6.400	2.920
Residuos	7.263	8.000	0.908		

v1 / v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,91	59,44	59,86	60,19	60,71	61,22	61,74	62,00	62,26	62,53	62,79	63,06	63,33
2	8,53	9,00	9,16	9,24	9,29	9,33	9,35	9,37	9,38	9,39	9,41	9,24	9,44	9,45	9,46	9,47	9,47	9,48	9,49
3	5,54	5,46	5,39	5,34	5,31	5,28	5,27	5,25	5,24	5,23	5,22	5,20	5,18	5,18	5,17	5,16	5,15	5,14	5,13
4	4,54	4,32	4,19	4,11	4,05	4,01	3,98	3,95	3,94	3,92	3,90	3,87	3,84	3,83	3,82	3,80	3,79	3,78	3,76
5	4,06	3,78	3,62	3,52	3,45	3,40	3,37	3,34	3,32	3,30	3,27	3,24	3,21	3,19	3,17	3,16	3,14	3,12	3,10
6	3,78	3,46	3,29	3,18	3,11	3,05	3,01	2,98	2,96	2,94	2,90	2,87	2,84	2,82	2,80	2,78	2,76	2,74	2,72
7	3,59	3,26	3,07	2,96	2,88	2,83	2,78	2,75	2,72	2,70	2,67	2,63	2,59	2,58	2,56	2,54	2,51	2,49	2,47
8	3,46	3,11	2,92	2,81	2,73	2,67	2,62	2,59	2,56	2,54	2,50	2,46	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34	2,32	2,29
9	3,36	3,01	2,81	2,69	2,61	2,55	2,51	2,47	2,44	2,42	2,38	2,34	2,30	2,28	2,25	2,23	2,21	2,18	2,16
10	3,29	2,92	2,73	2,61	2,52	2,46	2,41	2,38	2,35	2,32	2,28	2,24	2,20	2,18	2,16	2,13	2,11	2,08	2,06
11	3,23	2,86	2,66	2,54	2,45	2,39	2,34	2,30	2,27	2,25	2,21	2,17	2,12	2,10	2,08	2,05	2,03	2,00	1,97
12	3,18	2,81	2,61	2,48	2,39	2,33	2,28	2,24	2,21	2,19	2,15	2,10	2,06	2,04	2,01	1,99	1,96	1,93	1,90
13	3,14	2,76	2,56	2,43	2,35	2,28	2,23	2,20	2,16	2,14	2,10	2,05	2,01	1,98	1,96	1,93	1,90	1,88	1,85
14	3,10	2,73	2,52	2,39	2,31	2,24	2,19	2,15	2,12	2,10	2,05	2,01	1,96	1,94	1,91	1,89	1,86	1,83	1,80
15	3,07	2,70	2,49	2,36	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,06	2,02	1,97	1,92	1,90	1,87	1,85	1,82	1,79	1,76
16	3,05	2,67	2,46	2,33	2,24	2,18	2,13	2,09	2,06	2,03	1,99	1,94	1,89	1,87	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72
17	3,03	2,64	2,44	2,31	2,22	2,15	2,10	2,06	2,03	2,00	1,96	1,91	1,86	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69
18	3,01	2,62	2,42	2,29	2,20	2,13	2,08	2,04	2,00	1,98	1,93	1,89	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69	1,66
19	2,99	2,61	2,40	2,27	2,18	2,11	2,06	2,02	1,98	1,96	1,91	1,86	1,81	1,79	1,76	1,73	1,70	1,67	1,63
20	2,97	2,59	2,38	2,25	2,16	2,09	2,04	2,00	1,96	1,94	1,89	1,84	1,79	1,77	1,74	1,71	1,68	1,64	1,61
21	2,96	2,57	2,36	2,23	2,14	2,08	2,02	1,98	1,95	1,92	1,87	1,83	1,78	1,75	1,72	1,69	1,66	1,62	1,59
22	2,95	2,56	2,35	2,22	2,13	2,06	2,01	1,97	1,93	1,90	1,86	1,81	1,76	1,73	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57
23	2,94	2,55	2,34	2,21	2,11	2,05	1,99	1,95	1,92	1,89	1,84	1,80	1,74	1,72	1,69	1,66	1,62	1,59	1,55
24	2,93	2,54	2,33	2,19	2,10	2,04	1,98	1,94	1,91	1,88	1,83	1,78	1,73	1,70	1,67	1,64	1,61	1,57	1,53
25	2,92	2,53	2,32	2,18	2,09	2,02	1,97	1,93	1,89	1,87	1,82	1,77	1,72	1,69	1,66	1,63	1,59	1,56	1,52
26	2,91	2,52	2,31	2,17	2,08	2,01	1,96	1,92	1,88	1,86	1,81	1,76	1,71	1,68	1,65	1,61	1,58	1,54	1,50
27	2,90	2,51	2,30	2,17	2,07	2,00	1,95	1,91	1,87	1,85	1,80	1,75	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57	1,53	1,49
28	2,89	2,50	2,29	2,16	2,06	2,00	1,94	1,90	1,87	1,84	1,79	1,74	1,69	1,66	1,63	1,59	1,56	1,52	1,48
29	2,89	2,50	2,28	2,15	2,06	1,99	1,93	1,89	1,86	1,83	1,78	1,73	1,68	1,65	1,62	1,58	1,55	1,51	1,47
30	2,88	2,49	2,28	2,14	2,05	1,98	1,93	1,88	1,85	1,82	1,77	1,72	1,67	1,64	1,61	1,57	1,54	1,50	1,46
40	2,84	2,44	2,23	2,09	2,00	1,93	1,87	1,83	1,79	1,76	1,71	1,66	1,61	1,57	1,54	1,51	1,47	1,42	1,38
60	2,79	2,39	2,18	2,04	1,95	1,87	1,82	1,77	1,74	1,71	1,66	1,60	1,54	1,51	1,48	1,44	1,40	1,35	1,29
120	2,75	2,35	2,13	1,99	1,90	1,82	1,77	1,72	1,68	1,65	1,60	1,55	1,48	1,45	1,41	1,37	1,32	1,26	1,19
∞	2,71	2,30	2,08	1,94	1,85	1,77	1,72	1,67	1,63	1,60	1,55	1,49	1,42	1,38	1,34	1,30	1,24	1,17	1,00

326

Anexo 5. Tabla de puntos de porcentaje de la distribución F (P= 0.10).