

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**EFFECTO DE LA SUSTITUCION DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*)
POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y DE LA TEMPERATURA
DE SECADO SOBRE LA ABSORCIÓN DE AGUA, PÉRDIDA DE SÓLIDOS,
FIRMEZA Y ACEPTABILIDAD GENERAL EN FIDEOS TIPO FETTUCCHINE**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

SERGIO AUGUSTO RAMOS LUNA VICTORIA

TRUJILLO, PERÚ

2015

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Dr. Fernando Rodríguez Avalos
PRESIDENTE

Ing. Ms. José Luis Soriano Colchado
SECRETARIO

Ing. Ms. Elena Matilde Urraca Vergara
VOCAL

Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos
ASESOR

DEDICATORIA

*La presente tesis se la dedico a mi familia,
gracias a su apoyo incondicional pude
concluir mi carrera profesional.*

*A mi esposa e hijo Ana Lucia y Sergio Paolo con todo mi
cariño y mi amor porque hicieron todo en la vida para
que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y
darme la mano cuando sentía que el camino se ponía
más difícil, a ustedes por siempre mi corazón y mi
agradecimiento.*

*A mis padres Carmen y Luis por hacer de mí
una mejor persona a través de sus consejos,
enseñanzas y amor. A mis hermanos por
darme ánimos en esta etapa de mi vida.*

*A mis abuelitos Tula, Nancy, Sergio y
Augusto por hacer de mí un nieto con
valores y respeto al prójimo, siempre dirigido
por el amor a Dios y a mi familia.*

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi formación profesional, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi esposa e hijo Ana Lucia y Sergio Paolo con todo mi cariño y mi amor porque hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se ponía más difícil, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mis padres Carmen y Luis por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis Maestros quienes me han enseñado a ser mejor en la vida y a realizarme profesionalmente.

Un agradecimiento especial a mi asesor y amigo al Ing. Dr. Antonio Rodríguez por su apoyo y compartir todos sus conocimientos que hicieron posible el desarrollo de la presente investigación

A mis compañeros de clases quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizaje y conocimientos, en general, quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo, sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo pero sobre todo cariño y amistad.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

| | |
|---|------|
| Carátula | i |
| Aprobación por el Jurado de Tesis | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimiento | iv |
| Índice general | v |
| Índice de Cuadros..... | viii |
| Índice de Figuras | x |
| Índice de Anexos | xi |
| Resumen | xii |
| Abstract | xiii |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 01 |
| | |
| II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA..... | 04 |
| 2.1. Trigo | 04 |
| 2.1.1. Generalidades | 04 |
| 2.1.2. Producción de trigo en el Perú..... | 05 |
| 2.1.3. Composición química y energética del germen de trigo | 06 |
| 2.2. Trigo duro | 06 |
| 2.2.1. Definición | 06 |
| 2.2.2. Características del trigo duro..... | 07 |
| 2.3. Harina de trigo | 08 |
| 2.3.1. Generalidades | 08 |
| 2.3.2. Composición química y energética de la harina de trigo | 09 |
| 2.3.3. Demanda de la harina de trigo en el Perú | 10 |
| 2.3.4. Consumo de la harina de trigo..... | 10 |
| 2.3.5. Producción de harina de trigo | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.4. Quinoa | 12 |
| 2.4.1. Generalidades | 12 |
| 2.4.2. Propiedades nutricionales de la quinua | 12 |
| 2.4.3. Composición y valor funcional de la quinua..... | 13 |
| 2.5. Harina de quinua | 13 |
| 2.5.1. Generalidades | 13 |
| 2.6. Harinas compuestas | 14 |
| 2.7. Pastas alimenticias | 15 |
| 2.7.1. Generalidades | 15 |
| 2.7.2. Valor nutricional de los fideos | 15 |
| 2.7.3. Tipos de pastas alimenticias..... | 16 |
| 2.7.4. Clasificación de las pastas alimenticias..... | 17 |
| 2.7.5. Ingredientes básicos para la elaboración de pastas alimenticias | 18 |
| 2.7.6. Producción de fideos envasados | 20 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 22 |
| 3.1. Lugar de ejecución | 22 |
| 3.2. Materiales y equipos..... | 22 |
| 3.3. Metodología | 23 |
| 3.3.1. Esquema experimental | 23 |
| 3.3.2. Formulación para la elaboración de fideos tipo fettuccine | 23 |
| 3.3.3. Procedimiento para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua | 26 |
| 3.3.4. Métodos de análisis | 28 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 32 |
| 4.1. Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la absorción de agua en fideos tipo fettuccine | 32 |
| 4.2. Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine | 36 |

| | |
|--|----|
| 4.3. Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la firmeza en fideos tipo fettuccine..... | 40 |
| 4.4. Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la aceptabilidad general en fideos tipo fettuccine | 44 |
| V. CONCLUSIONES..... | 48 |
| VI. RECOMENDACIONES | 49 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA | 50 |
| VIII. ANEXOS | 55 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Producción anual de trigo en el Perú..... | 05 |
| Cuadro 2. Composición química y energética del germen de trigo | 06 |
| Cuadro 3. Diferencias entre trigo duro y trigo blando | 08 |
| Cuadro 4. Composición química y energética de la harina de trigo sin preparar | 09 |
| Cuadro 5. Formas y cantidades de consumo diario de la harina de trigo por habitante..... | 10 |
| Cuadro 6. Producción anual de harina de trigo en el Perú..... | 11 |
| Cuadro 7. Composición química de la quinua | 13 |
| Cuadro 8. Composición química y energética de harina de quinua | 14 |
| Cuadro 9. Composición química y energética de fideos secos | 16 |
| Cuadro 10. Producción de fideos envasados | 20 |
| Cuadro 11. Demanda de fideos envasados..... | 21 |
| Cuadro 12. Formulación de fideos tipo fettuccine con harina de quinua | 23 |
| Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para la absorción de agua en los fideos tipo fettuccine | 33 |
| Cuadro 14. Análisis de varianza de absorción de agua para fideos tipo fettuccine | 34 |
| Cuadro 15. Prueba de Duncan para la absorción de agua en los fideos tipo fettuccine | 35 |
| Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para los valores de pérdida de sólidos de fideos tipo fettuccine..... | 37 |
| Cuadro 17. Análisis de varianza para los valores de pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine..... | 38 |
| Cuadro 18: Prueba de Duncan para los valores de pérdida de sólidos en los fideos tipo fettuccine | 39 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 19. Prueba de Levene modificada para los valores de firmeza de fideos tipo fettuccine | 41 |
| Cuadro 20. Análisis de varianza para los valores de firmeza de fideos tipo fettuccine | 42 |
| Cuadro 21. Prueba de Duncan para los valores de firmeza en los fideos tipo fettuccine..... | 43 |
| Cuadro 22. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en los fideos tipo fettuccine..... | 45 |
| Cuadro 23. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en los fideos tipo fettuccine..... | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Diagrama experimental de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y de la temperatura de secado en fideos tipo fettuccine | 24 |
| Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua | 25 |
| Figura 3. Ficha de evaluación para prueba de aceptabilidad general de fideos tipo fettuccine con harina de quinua | 31 |
| Figura 4. Absorción de agua en fideos tipo fettuccine | 32 |
| Figura 5. Pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine..... | 36 |
| Figura 6. Firmeza en fideos tipo fettuccine | 40 |
| Figura 7. Aceptabilidad general en fideos tipo fettuccine | 44 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo 1. Estadística descriptiva correspondiente a la media y desviación estándar correspondiente a la absorción de agua, pérdida de sólidos y firmeza de fideos tipo fettuccine..... | 55 |
| Anexo 2. Valores de absorción de agua de los fideos tipo fettuccine | 56 |
| Anexo 3. Valores de pérdida de sólidos de los fideos tipo fettuccine..... | 57 |
| Anexo 4. Prueba de Tukey para los valores de pérdida de sólidos de los fideos tipo fettuccine | 58 |
| Anexo 5. Valores de firmeza de los fideos tipo fettuccine | 59 |
| Anexo 6. Calificaciones de la prueba de aceptabilidad general de los fideos tipo fettuccine | 60 |
| Anexo 7. Vistas fotográficas de la preparación y análisis de los fideos tipo fettuccine | 62 |

RESUMEN

Se determinó el efecto de dos sustituciones de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) (30 y 40%) y de dos temperaturas de secado (50 y 60 °C) sobre la absorción de agua, pérdida de sólidos, firmeza y aceptabilidad general en la elaboración de fideos tipo fettuccine.

Se trabajó con harina de trigo duro y harina de quinua blanca para la elaboración de los fideos tipo fettuccine.

Las pruebas estadísticas aplicadas fueron Levene, ANVA y Duncan para la absorción de agua, pérdida de sólidos y firmeza. Para la aceptabilidad general se aplicaron las pruebas estadísticas de Friedman y Wilcoxon.

Se presentó efecto significativo para la absorción de agua con valores entre 179.9 y 204.2%, sin embargo, no presentó efecto significativo para los valores de pérdida de sólidos que fluctuaron entre 1.2 y 2.5% ni para los valores de firmeza que fluctuaron entre 309.3 y 557.2 N.

La aceptabilidad general en los fideos tipo fettuccine presentó diferencias significativas para ambas temperaturas de secado, pero fue similar para las dos sustituciones a la temperatura de secado de 60 °C.

Se considera el mejor tratamiento a la sustitución de 30% y una temperatura de secado de 60 °C ya que produjo alto valor de absorción de agua, bajo valor de pérdida de sólidos, firmeza media y alta aceptabilidad general en fideos tipo fettuccine.

ABSTRACT

The effect of two substitutions of wheat flour (*Triticum aestivum*) quinoa flour (*Chenopodium quinoa*) (30 and 40%) and two drying temperatures (50 and 60 °C) on water absorption, loss of solids, firmness, and general acceptability in noodles type fettuccine was determined.

We worked with durum wheat flour and white quinoa flour for making fettuccine noodles.

The following statistical tests were used: Levene, ANOVA and Duncan for water absorption, loss of solids and firmness; and tests Friedman and Wilcoxon statistics were used for general acceptability.

Significant effect on water absorption values between 179.9 and 204.2% was presented, however, do not showed significant effect on the values of solids loss ranging between 1.2 and 2.5% and for firmness values ranging between 309.3 and 557.2 N.

Overall acceptability in fettuccine type noodles for both significantly different drying temperatures, but were similar for the two substitutions at the drying temperature of 60 ° C.

It considered the best treatment to the replacement of 30% and a drying temperature of 60 ° C as it produced high water absorption value, loss value low solids, high average firmness and general acceptability in fettuccine noodles.

I. INTRODUCCIÓN

Los fideos tipo fettuccine, que en italiano significa “pequeñas cintas”, son un tipo de pasta y una de sus características más importantes es que es un fideo plano elaborado con huevo y harina. Generalmente, se venden secos aunque se suelen vender frescos, hechos a mano o, al menos, recién salidos de la máquina de hacer pasta (Sánchez, 2003).

La producción nacional de trigo, principal insumo para la elaboración de fideos, galletas, pan, harina y otros productos farináceos, no logra cubrir la demanda interna de este cereal, razón por la cual, cerca del 90% de trigo que se consume en el país es de origen importado. En ese sentido, la producción nacional de productos farináceos depende mayoritariamente de los resultados de los mercados agrícolas mundiales, del rendimiento de los cultivos de trigo y de las fluctuaciones en los precios internacionales, entre otros factores (Sánchez, 2003).

La alimentación juega un papel predominante en el desarrollo del ser humano, es por ello que en los últimos tiempos se ha puesto especial atención a la relación dieta y salud, porque muchas personas han modificado sus hábitos alimenticios, consumiendo productos que satisfagan sus preferencias dietéticas y nutritivas y, al mismo tiempo, sean agradables (Sáenz, 2008).

Considerada un alimento perfecto, la quinua, ni cereal ni leguminosa, es muy nutritiva, es de gran adaptación a suelos pobres y tolerante incluso a las heladas y sequías. Apetecida por los consumidores de productos orgánicos de los países industrializados, la quinua posee 16 aminoácidos

y se le atribuye propiedades cicatrizantes, desinflamatorias, analgésicas y desinfectantes. La quinua no contiene gluten. Su proteína, de alto valor biológico y la ausencia de colesterol la convierten en un excelente sustituto de la carne (FAO, 2013). Sería conveniente incluir la quinua en la fabricación de fideos para aumentar el valor nutricional de estos.

En estos últimos años el área productiva de quinua sigue en aumento. A nivel andino la FAO reporta, para el año 2009, 83000 ha de quinua producidas en la región. Esta tendencia se presenta en los principales países que producen este cultivo; de una forma más perceptible en Bolivia y más moderada en el Perú (31 y 18% más de superficie comparativamente con el año 2000, respectivamente) (FAO, 2011).

El año 2013 ha sido declarado como el Año Internacional de la Quinua (AIQ), en reconocimiento a los pueblos andinos que han mantenido, controlado, protegido y preservado el grano de la quinua como alimento para generaciones presentes y futuras, gracias a sus conocimientos tradicionales y prácticas de vida en armonía con la madre tierra y la naturaleza. El AIQ fue propuesto por el gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, con el apoyo de Argentina, Azerbaiyán, Ecuador, Georgia, Honduras, Nicaragua, Paraguay, Perú y Uruguay, así como con el respaldo de la FAO, siendo aprobado por la Asamblea de las Naciones Unidas en Diciembre de 2011. La Conferencia tomó nota de las excepcionales cualidades nutricionales de la quinua, su adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos y su contribución potencial en la lucha contra el hambre y la desnutrición (FAO, 2013).

El problema planteado fue:

¿Cuál será el efecto de dos sustituciones de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) (30 y 40%) y de dos temperaturas de secado (50 y 60 °C) sobre absorción de agua, pérdida de sólidos, firmeza y aceptabilidad general de fideos tipo fettuccine?

Los objetivos fueron:

- Evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) (30, 40%) y de la temperatura de secado (50 y 60 °C) sobre la absorción de agua, pérdida de sólidos, firmeza y aceptabilidad general de fideos tipo fettuccine.
- Determinar el porcentaje de sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y temperatura de secado que producirá la mayor absorción de agua, la menor pérdida de sólidos, la mejor firmeza y la mejor aceptabilidad general en los fideos tipo fettuccine.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA

2.1 Trigo

2.1.1 Generalidades

El trigo (*Triticum aestivum*) es una planta gramínea anual con espigas, de cuyos granos molidos se saca la harina. Los granos de trigo común pueden ser blandos o duros. La altura de la planta varía entre 30 y 150 cm; el tallo es recto y cilíndrico; la hoja es lanceolada, cada planta tiene de 4 a 6 hojas. Clima: El mejor cultivo del trigo se consigue en terreno cargado de marga y arcilla, aunque el rendimiento es satisfactorio en terrenos más ligeros. Prospera en climas sub-tropicales, moderadamente templados y fríos. Siembra: En la siembra, al voleo se emplean de 150 a 180 kg/ha, y si se realiza en líneas esta cantidad disminuye de 120 a 125 kg/ha, si el trigo se destina a forraje verde se emplea mayor cantidad de semilla. Cosecha: La cosecha se realiza cuando los tallos han perdido por completo su color verde y el grano tiene suficiente consistencia. El corte del tallo se lleva a cabo a unos 30 cm del suelo. Los trigos de invierno suelen cultivarse en las zonas templadas. Usos: el trigo es el cereal que más se utiliza en la alimentación humana, su importancia reside principalmente en su alto valor energético, además de que contiene más proteínas que el maíz y el arroz. El trigo se puede dividir en tres grandes grupos: trigos duros (hard) o panificables, trigos suaves (soft) o galleteros y trigos cristalinos (durum) o semoleros y pasteleros (Meyer, 2000).

2.1.2 Producción de trigo en el Perú

La producción nacional de trigo creció en los últimos seis años a una tasa promedio anual de 1.8%, reveló un reporte de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), elaborado con cifras del Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). Hasta el año 2013, habían 57,481 ha cultivadas de trigo en el Perú. En el 2008 se producían 206.9 miles de toneladas, mientras que el 2013 el volumen producido alcanzó las 230 mil toneladas. La Libertad, Cajamarca, Arequipa y Ancash son los departamentos con mayor nivel de producción, concentrando el 59% de la producción nacional. Sin embargo, el cultivo del trigo en el Perú, usado también para la elaboración de galletas, pan, harina y otros productos farináceos, no logra cubrir la demanda interna, razón por la que cerca del 90% del cereal que se consume es importado, procedente principalmente de Canadá, Estados Unidos, Rusia, Argentina y Paraguay. Las importaciones peruanas de trigo fueron de 1'805,092 en el 2013 por un valor de US\$ 626 millones, 6.4% mayor que el volumen importado durante el 2012 (MINAG, 2013). El Cuadro 1, muestra la producción anual de trigo en el Perú entre el 2009 y 2012.

Cuadro 1. Producción anual de trigo en el Perú.

| Año | Producción (t) |
|------------|---------------------------|
| 2009 | 226,265 |
| 2010 | 219,369 |
| 2011 | 214,140 |
| 2012 | 226,135 |

Fuente: (MINAG, 2013)

2.1.3 Composición química y energética del germen de trigo

Los constituyentes fundamentales son: almidón, proteínas solubles e insolubles, lípidos, azúcares, sales minerales, vitaminas, elementos celulósicos y agua.

En el Cuadro 2, se presenta la composición química y energética del germen de trigo.

Cuadro 2. Composición química y energética del germen de trigo

| Componente | Cantidad (en 100 g) |
|-------------------|---------------------|
| Energía (kcal) | 367 |
| Agua (g) | 8,4 |
| Proteína (g) | 32,6 |
| Grasa (g) | 9,2 |
| Carbohidratos (g) | 45,9 |
| Fibra (g) | 2,0 |
| Ceniza (g) | 3,9 |

Fuente: Bejarano y otros (2002)

2.2 Trigo duro

2.2.1 Definición

El *Triticum durum* o trigo para fideos es no apto para la panificación debido a la baja extensibilidad y la alta tenacidad de la masa que forma, la cual es ideal para harina formadora de pastas.

El trigo duro tiene menor valor energético al contener menos almidón y más fibra, su contenido proteico es, en cambio, superior que la harina de trigo blando.

El grano contiene 2-3% de germen, 13-17% de salvado (incluyendo la aleurona) y 80-85% de endospermo. El endospermo es fundamentalmente de tipo harinoso (80%) y la matriz proteica es más fácilmente degradable que la del maíz, por lo que, tanto la proteína como el almidón del trigo son altamente fermentables en el rumen. La proporción de endospermo córneo aumenta, y la degradabilidad ruminal disminuye, en las variedades de trigo duro.

El principal hidrato de carbono del trigo es el almidón (59%), compuesto en un 25% por cadenas lineales de amilosa. El grano tiene también un contenido significativo de azúcares simples y oligosacáridos solubles (2%). La proporción de fibra (11% de fibra no digerible) es algo superior a la del maíz, pero está también poco lignificada. La fracción fibrosa contiene un 4-5% de pentosanas (cadenas de xilano con enlaces β 1-4 y ramificaciones de arabinosa) y un 0,5-1% de β -glucanos (cadenas de glucosa de estructura helicoidal con enlaces β 1-3 y β 1-4) (Tejero, 2012).

2.2.2 Características del trigo duro

El trigo común o blando (*Triticum aestivum*) se utiliza para obtener harinas para panificación y el trigo duro (*Triticum durum*), que se utiliza para obtener harinas para elaborar pastas alimenticias (Tejero, 2012).

En el Cuadro 3, se presenta las diferencias entre el trigo duro y el trigo blando.

Cuadro 3. Diferencias entre trigo duro y el trigo blando.

| Trigo duro | Trigo blando |
|---|--|
| El endospermo presente mayor resistencia al aplastamiento durante la molienda. | Durante la molienda el endospermo fácilmente se aplasta. |
| Mayor cantidad de proteínas y almidón. | El contenido de proteínas y almidón es bajo. |
| La matriz de proteínas tiene mayor continuidad dentro de las células y los enlaces de gránulos de almidón con esta matriz son más firmes. | La matriz de proteínas carece de continuidad y la estructura está más abierta. Muchos de los gramos de almidón están al descubierto y algunos rotos. |
| Las harinas de estos granos son arenosas. | Estas harinas son blandas y pulverulentas. |

Fuente: Tejero (2012)

2.3 Harina de trigo

2.3.1 Generalidades

Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado). Es el producto más importante derivado de la molturación de los cereales,

especialmente del trigo maduro. La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína – gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa resistente, con ligazón entre sí, que al estrujarse con la mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen. El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina. El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas (Meyer, 2000).

2.3.2 Composición química y energética de la harina de trigo

En el Cuadro 4, se muestra la composición química y energética de la harina de trigo, siendo esta la más utilizada para los productos horneados.

Cuadro 4. Composición química y energética de la harina de trigo

| Componente | Cantidad (en 100 g) |
|-------------------|---------------------|
| Energía (kcal) | 368 |
| Agua (g) | 11,5 |
| Proteína (g) | 10,0 |
| Grasa (g) | 1,9 |
| Carbohidratos (g) | 76,1 |
| Fibra (g) | 0,4 |
| Ceniza (g) | 0,5 |

Fuente: Bejarano y otros (2002).

2.3.3 Demanda de la harina de trigo en el Perú

En el Perú, entre otros factores, el precio de la harina se fija en base a la libre competencia, pues la materia prima, el trigo, es en su casi totalidad importado (más del 90%). Existen 20 empresas molineras formalmente constituidas que ofertan harina de trigo al mercado que comprende la elaboración de harina de trigo, fideos y galletas. El mercado de harinas industriales registra ventas por alrededor de 1,1 millones de t anuales. De esta cantidad, cerca de 700 mil de t se destina a la industria panificadora, 300 mil TM a la industria de fideos y 80 mil TM a la industria de galletas (Valdivia y otros, 2013).

2.3.4 Consumo de la harina de trigo

Según la Sociedad Nacional de Industrias el consumo de harina de trigo en el Perú alcanza a 110 g por habitante. En el Cuadro 5, se muestran las formas y cantidades de consumo diario de la harina de trigo por habitante (Valdivia y otros, 2013).

Cuadro 5. Formas y cantidades de consumo diario de la harina de trigo por habitante

| Formas de consumo | Peso (g) | Producto | Peso (g) |
|--|----------|------------------|-------------|
| Harina para panificación | 61.6 | Pan | 104.6 |
| Harina para elaboración de pastas | 27.5 | Fideos | 27.5 |
| Harina para elaboración de galletas | 6.6 | Galletas | 8.8 |
| Harina para pastelería, repostería y otros | 14.3 | Pasteles y otros | No definido |

Fuente: Valdivia y otros (2013)

2.3.5 Producción de harina de trigo

Según la Sociedad Nacional de Industrias, para el año 2010 los productores de trigo han mejorado su productividad al pasar de un rendimiento de 1,2 a 1,4 t/ha. Para disminuir la dependencia del trigo importado, se viene impulsando la cadena productiva del trigo durum, la cual tiene por meta dar a los agricultores semilla, capacitación y financiamiento para los cultivos. Además, una de las empresas impulsoras de este sembrío paga a los agricultores una prima de 12% sobre el precio promedio del trigo importado. Cabe anotar que al cierre del 2009 existían 1,500 hectáreas sembradas de trigo durum, la mayoría en Arequipa, aunque también se está expandiendo su cultivo a Apurímac, Ayacucho, Ancash, Cajamarca y Piura (MINAG, 2013).

La superficie sembrada de trigo en el Perú para el 2009 fue de 157 000 ha, la cual ha incrementado a través de los años (Valdivia y otros, 2013). En el Cuadro 6, se muestra la producción anual de harina de trigo en el Perú.

Cuadro 6. Producción anual de harina de trigo en el Perú

| Año | Producción (t) |
|------------|---------------------------|
| 2009 | 1,081,105 |
| 2010 | 1,091,104 |
| 2011 | 1,236,460 |
| 2012 | 1,254,785 |

Fuente: (MINAG, 2013)

2.4 Quinua

2.4.1 Generalidades

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta alimenticia, dicotiledónea que alcanza alturas de 1 a 3 metros. Presenta hojas anchas y con diferentes formas en la misma planta; el tallo comprende hojas lobuladas y quebradizas y puede presentar ramas; las flores son pequeñas y carecen de pétalos. Su fruto es seco y mide aproximadamente 2 mm de diámetro. Es considerada por los pueblos de los Andes como un grano sagrado debido a sus excelentes características nutricionales (Tapia, 1979).

El grano es de un tamaño pequeño, y puede medir hasta 2.2 mm de diámetro. Se puede presentar de diversos colores: blanco, amarillo, anaranjado, rojo, café, negro o mixtura. Botánicamente se considera un aquenio. Formado por el perigonio que contiene la semilla y es muy fácil su obtención. La cubierta de la semilla se conoce como pericarpio, en donde se encuentra la saponina que es la sustancia que aporta el amargor, que debe ser lavada para su eliminación. Luego se encuentra el episperma que es una membrana delgada. El almidón está contenido en el perisperma y se presenta de color blanco (Tapia, 1979).

2.4.2 Propiedades nutricionales de la quinua

Los beneficios del cultivo de la quinua están dados por su valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 y 21.9%, según la variedad. Debido al contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran dentro de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO.

El balance de los aminoácidos de la proteína de la quinua es superior a la del trigo, soya y cebada, y es comparada favorablemente con la proteína de la leche (Risi, 1997).

En el Cuadro 7, se presenta la composición química de la quinua.

Cuadro 7. Composición química de la quinua

| Componente | Cantidad (en 100 g) |
|---------------|----------------------|
| Carbohidratos | 70.1 |
| Agua | 9.5 |
| Proteínas | 12.5 |
| Materia grasa | 5.2 |
| Fibra | 5.0 |

Fuente: Bejarano y otros (2002).

2.4.3 Composición y valor funcional de la quinua

Una característica de la quinua es que el grano es una fuente de proteínas de buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina.

La quinua posee un importante porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. Produce sensación de saciedad (Risi, 1997).

2.5 Harina de quinua

2.5.1 Generalidades

La harina de quinua se obtiene a través de la molienda directa artesanal e indirecta convencional. Las características obtenidas por molienda artesanal se desconocen, generalmente es harina gruesa de color blanco opaco. La harina de quinua perlada es de color blanquecino, sin

embargo, cuando el grano de quinua es sometido a lavado y acondicionado con temperatura y agua el color es oscuro debido a reacciones de oxidación (Mujica, 2006). En el Cuadro 8, se presenta la composición de la harina de quinua

Cuadro 8. Composición química y energética de harina de quinua

| Componente | Contenido (en 100 g) |
|-------------------|----------------------|
| Energía (kcal) | 354 |
| Agua (g) | 11,8 |
| Proteína (g) | 10,6 |
| Grasa (g) | 3,6 |
| Carbohidratos (g) | 71,6 |
| Fibra (g) | 3,3 |
| Ceniza (g) | 2,4 |

Fuente: Bejarano y otros (2002)

2.6 Harinas compuestas

En las harinas compuestas se busca sustituir el uso del trigo total o parcialmente por productos farináceos de producción local. Hay un creciente y agudo desbalance entre la producción de trigo y los requerimientos del grano para satisfacer las necesidades internas. Tal situación se presenta debido a diferentes factores, tales como, disponibilidad de tierras adecuadas para el cultivo de la quinua, los rendimientos económicos relativamente bajos de los cultivos comparados con otros que ofrecen mayor rentabilidad, el incremento de la población y el aumento del consumo per cápita del trigo y sus derivados. El desbalance en mención sólo se ha podido compensar mediante la importación del cereal en cantidades mayores cada año y a

precios que van en aumento, consecuencia de las condiciones de demanda operantes en el mercado internacional. Para dar solución a los problemas mencionados se han venido realizando estudios referentes a las “harinas compuestas”, como la utilización de la harina de quinua para la elaboración de pastas alimenticias, las cuales se plantean como una alternativa para aportar soluciones a la alimentación humana y a la escasez de trigo. Se empezó utilizando la tecnología de harinas compuestas para demostrar el procedimiento de mezclar harina de trigo con harinas de cereales y leguminosas para hacer panes y galletas. Sin embargo, la mezcla de harinas de otros cereales, de raíces y tubérculos de leguminosas u otras materias primas puede también considerarse como una tecnología de harinas compuestas (Arroyave y Esquerri, 2006).

2.7 Pastas alimenticias

2.7.1 Generalidades

Las pastas o fideos son los productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada, elaborada por sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro o blando y mezclado con agua. Son muy conocidos los fideos, como macarrones, spaghettis, así como las pastas de los raviolis, canelones o lasaña. Los ingredientes obligatorios para elaborar pasta son el agua y la sémola de trigo duro que contiene más gluten que el trigo común o blando. En caso de usar trigo blando para la elaboración de la pasta es necesario añadir más huevo a la masa (Pazuña, 2011).

2.7.2 Valor nutricional de los fideos

Los fideos o pastas alimenticias contienen carbohidratos que ayudan al cuerpo a usar eficientemente las vitaminas, minerales, aminoácidos y

otros nutrientes esenciales, que representan una fuente de calorías y energía; proporcionando 4 calorías por gramo. También contiene proteínas, las más importantes para la elaboración de pastas y otros productos son la gliadina y la glutenina, las que al hidratarse forman la estructura llamada gluten, el cual confiere las propiedades elásticas y de viscosidad de gran importancia para la masa. La gliadina da la elasticidad y plasticidad al gluten y la glutenina es la que confiere la solidez y estructura (González e Ibañez, 2010).

La composición química y energética de fideos secos se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Composición química y energética de fideos secos

| Componente | Cantidad (en 100 g) |
|-------------------|---------------------|
| Energía (kcal) | 374 |
| Agua (g) | 10,5 |
| Proteína (g) | 12,6 |
| Grasa (g) | 2,5 |
| Carbohidratos (g) | 7,8 |
| Fibra (g) | 0,4 |
| Ceniza (g) | 0,6 |

Fuente: Bejarano y otros (2002).

2.7.3 Tipos de pastas alimenticias

Las pastas alimenticias o fideos más conocidos son los espaguetis y los macarrones. Existen innumerables tipos distintos, desde la lasaña, con su forma alargada, y los gruesos canelones (cannelloni). Los fettuccine, que en italiano significa “pequeñas cintas”, es un tipo de pasta, una de sus características más importantes es que es un fideo plano elaborado

con huevo y harina. Generalmente se venden secos aunque se suelen vender frescos, hechos a mano o, al menos, recién salidos de la máquina de hacer pasta (Sánchez, 2003).

2.7.4 Clasificación de las pastas alimenticias

Según Amoroso (2011), las pastas alimenticias se pueden clasificar de la siguiente manera:

A. Por su contenido de humedad

- **Pastas frescas.** Contienen un máximo de humedad de 28% y presentan características organolépticas normales.
- **Pastas secas.** Son sometidas a un adecuado proceso de desecación, tiene características organolépticas normales con una humedad máxima del 14%.

B. Por su forma

- **Pastas largas.** Tallarines, espaguetis, fettuccine y otros.
- **Pastas cortas.** De longitud menor a 6 cm como son lazos, coditos, caracoles, conchitas, tornillos, macarrón, letras, números, animalitos y otros.
- **Pastas enroscadas.** Pastas alimenticias que tienen forma de rosca, nido, madeja o espiral

C. Por su composición

- **Pastas con huevo.** Durante el proceso se incorpora como mínimo dos huevos frescos o su equivalente por cada kilogramo de harina.
- **Pastas con vegetales.** Durante el proceso se le agrega extractos de espinacas, zanahorias, tomates y cualquier otro vegetal aprobado por la autoridad sanitaria competente.

- **Pastas con trigo durum.** Pastas elaboradas exclusivamente con trigo durum.
- **Pastas con sémola.** Pastas elaboradas exclusivamente con sémola.
- **Pastas con sémola y trigo durum.** Elaboradas con la mezcla de sémola y trigo durum.
- **Pastas con harina de trigo.** Pastas elaboradas exclusivamente con harina de trigo.
- **Pastas con mezclas de harinas.** Elaboradas con mezclas de harinas con la adición de otras sustancias de uso permitido.

2.7.5 Ingredientes básicos para la elaboración de pastas alimenticias

- A. La harina.** La denominación harina, sin otro calificativo, se designa exclusivamente al producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Si se trata de otros granos de cereales y tubérculos hay que indicarlo, por ejemplo: harina de maíz, harina de cebada, harina de quinua, harina de papa (Petryk, 2010).
- B. El agua.** El agua es indispensable en la elaboración de las pastas alimenticias para el amasado, la que debe ser de las mejores características sanitarias, potable, limpia, incolora e inodora, porque de ella depende la calidad del producto final. En casos excepcionales, es conveniente proceder a su ebullición durante unos minutos, para precipitar las sales minerales contenidas y destruir las bacterias orgánicas. Después de este

tratamiento, el agua puede usarse fría o caliente. Es preferibles esté exenta de cal, con mínimas cantidades de sales magnésicas. Hay que descartar las aguas duras que contengan tierra, cal, silicatos, etc.; porque desgastan la caldera y los recipientes y dan como resultados, productos deficientes y frágiles, un alto contenido de estos minerales, producen pastas oscuras, friables, de desagradable sabor y, a veces terrosas al masticarlas. Hay que destacar también aguas salobres que contengan cloruro de magnesio. Porque siendo higroscópico, impide la completa desecación de la pasta, dando así ocasión al moho y la acidez (Amoroso, 2011).

C. Otros componentes de las pastas que se agregan en productos especiales.

Huevos. El huevo de gallina en determinadas proporciones, aportan consistencia y color a la pasta y la hace más nutritiva. Se incorpora como mínimo, un huevo fresco, enteros o su equivalente en huevo congelado, deshidratado, por cada 100 g de harina.

Verduras. Se los agrega en forma de puré. Deshidratados, congelados, en forma de conserva, jugos y extractos, aportan color además de enriquecer el producto con vitaminas y minerales a la masa. Durante el proceso se le agrega extractos de espinacas, zanahorias, tomates y cualquier otro vegetal aprobado por la autoridad sanitaria competente.

Suplementos de vitaminas y minerales. Se adiciona compuestos preparados especiales como vitaminas del complejo

B, germen de trigo. A este tipo de pastas se les conocen como enriquecidas.

Suplementos proteínicos. Estos suplementos pueden ser harina de soya, leche descremada en polvo o gluten de trigo. A estas pastas se les denomina fortificadas (Amoroso, 2011).

2.7.6 Producción de fideos envasados

La producción de fideos envasados en el Perú tiene una tendencia positiva, según la estadística agroindustrial 2012, la cual se basa en la suma anual de producciones de las plantas de fideería existentes en los departamentos del Perú. En el cuadro 10, se presenta la producción anual de fideos envasados desde el año 2001 hasta el 2011.

Cuadro 10. Producción de fideos envasados

| Año | Total (x 1000 t) |
|------------|-------------------------|
| 2001 | 193.0 |
| 2002 | 203.1 |
| 2003 | 193.8 |
| 2004 | 208.0 |
| 2005 | 231.9 |
| 2006 | 244.3 |
| 2007 | 249.4 |
| 2008 | 234.8 |
| 2009 | 255.8 |
| 2010 | 347.6 |
| 2011 | 362.8 |

Fuente: (MINAG, 2013)

Cuadro 11. Demanda de fideos envasados

| Año | Total (x 1000 t) |
|------------|-------------------------|
| 2000 | 198.8 |
| 2001 | 194.0 |
| 2002 | 201.8 |
| 2003 | 268.6 |
| 2004 | 209.6 |
| 2005 | 232.0 |
| 2006 | 245.4 |
| 2007 | 249.0 |
| 2008 | 235.5 |
| 2009 | 250.9 |
| 2010 | 334.3 |
| 2011 | 358.2 |

Fuente: (MINAG, 2013)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos y los análisis en el Laboratorio de Ciencia de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2 Materiales y equipos

Materia Prima

- Harina de trigo duro (Nicolini)
- Harina de quinua blanca (NutryBody)

Insumos

- Agua de mesa (San Luis)
- Huevos (Clarita)

Instrumentos

- Balanza analítica (200 g – A&D COMPANY). Sensibilidad 0,0001g.
Capacidad: 2100g

Equipos

- Texturómetro marca INSTRON Modelo 3342: Capacidad de carga de 0,5 kN (112 lbf). Espacio de ensayo vertical de 651 mm (25,6 pulgadas)
- Estufa marca HORNOS Y SERVICIOS Modelo HE20, Potencia 1KW
- Estufa MEMMERT BOSCHICKONG-LOADENG 100-800. Velocidad de aire 1,5 m/s.
- Maquina laminadora y trefiladora Marca Imperia.
- Determinador de humedad Marca Sartorius Modelo MA35

- Cocina semi-industrial marca SURGE

Materiales

- Bolsas marca Ziploc de polietileno transparente de 28 x 18 cm, planas, calibre 175 y con cierre hermético.

3.3 Metodología

3.3.1 Esquema experimental

En la Figura 1, se muestra el diagrama experimental para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua, las variables independientes son: sustitución de harina de trigo por harina de quinua (30, 40%) y temperatura de secado (50 y 60 °C). Las variables dependientes: absorción de agua, firmeza, pérdida de sólidos y aceptabilidad general.

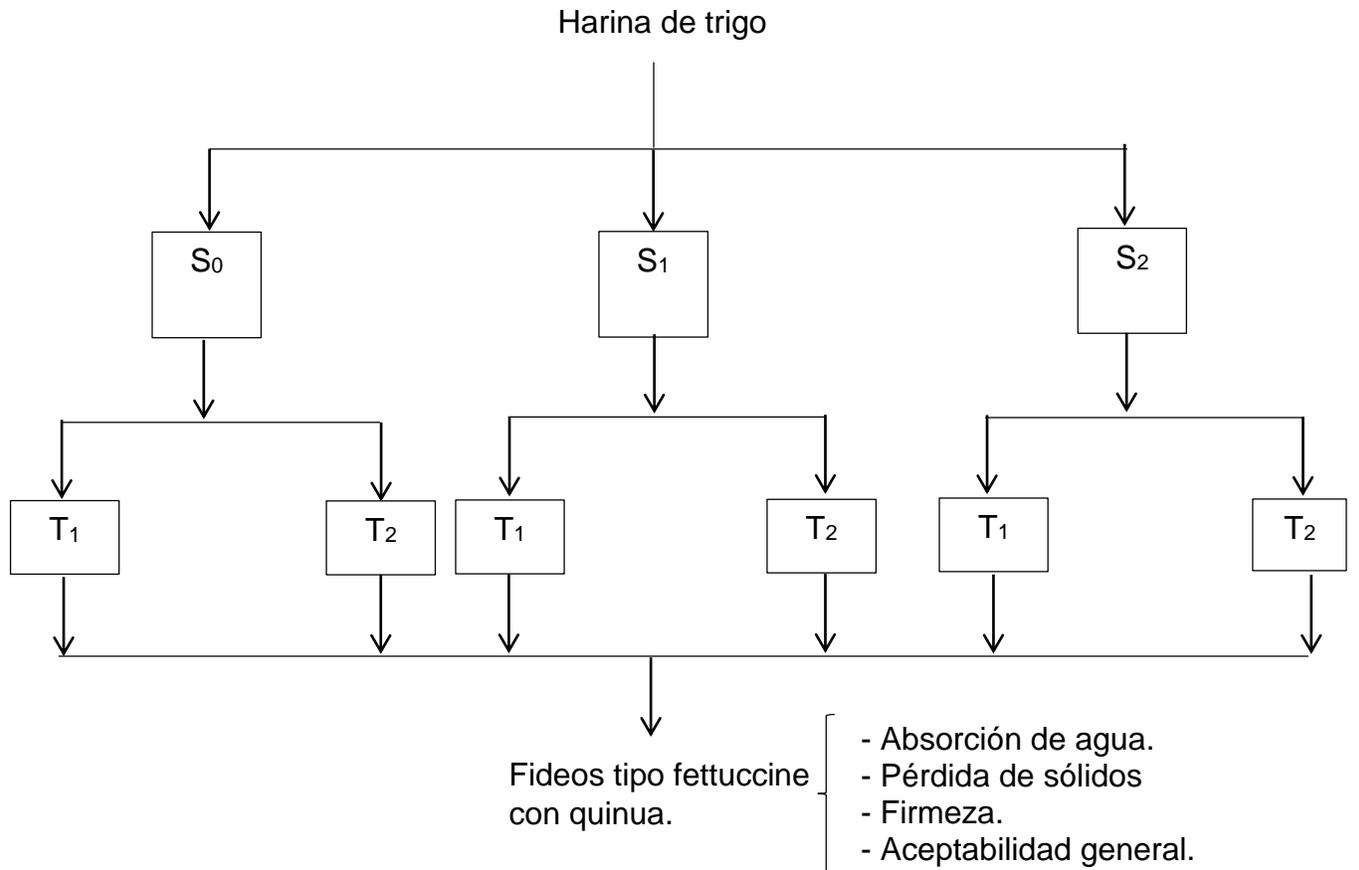
3.3.2 Formulación para la elaboración de fideos tipo fettuccine

En el Cuadro 12, se presentan los porcentajes de cada ingrediente a utilizar en la formulación de fideos tipo fettuccine con diferentes sustituciones de harina de quinua.

Cuadro 12. Formulación de fideos tipo fettuccine con harina de quinua.

| Ingredientes | Cantidad (%) | | |
|---------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| | S0 | S1 | S2 |
| Harina de trigo | 80.0 | 56.0 | 48.0 |
| Harina de quinua | 0.0 | 24.0 | 32.0 |
| Agua | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Total proporción | 85.0 | 85.0 | 85.0 |
| Huevos | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| Total otros ingredientes | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 |

Fuente: González e Ibáñez (2010)

**Dónde:**

S₀: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua 0%.

S₁: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua 30%.

S₂: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua 40%.

T₁: Temperatura de secado 50 °C

T₂: Temperatura de secado 60 °C

Figura 1. Diagrama experimental de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y de la temperatura de secado en fideos tipo fettuccine.

Diagrama y procedimiento para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua.

En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua.

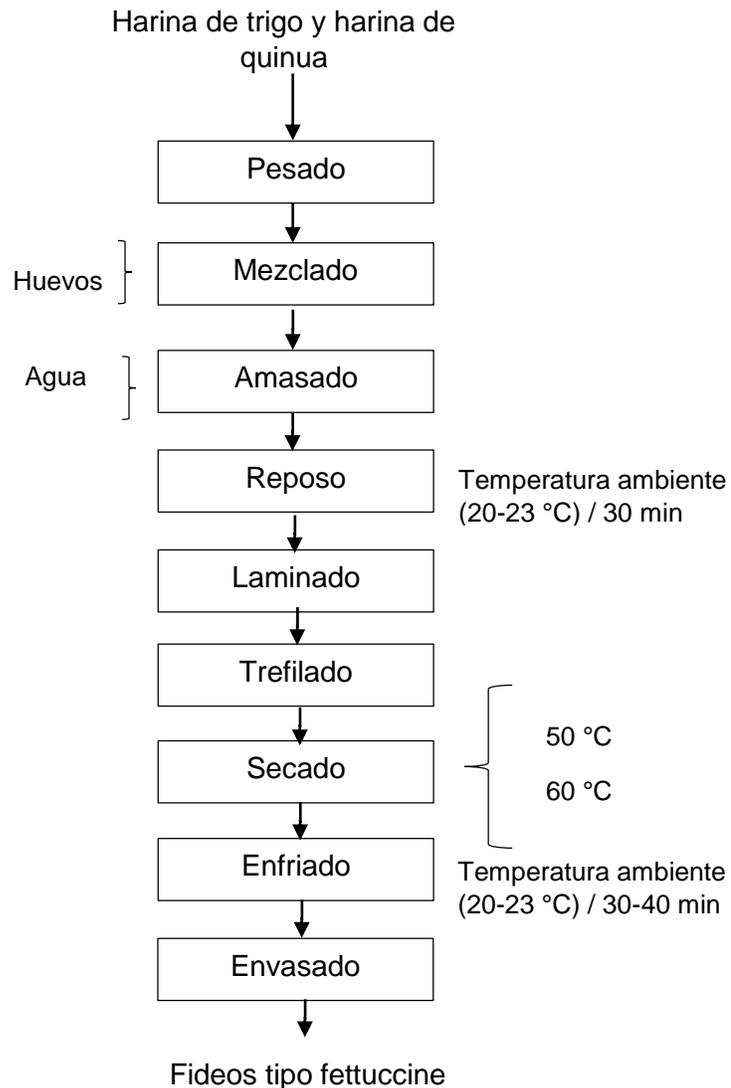


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua.

3.3.3 Procedimiento para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua

La descripción del proceso para la elaboración de fideos tipo fettuccine con harina de quinua se realiza de acuerdo a Amoroso (2011).

Pesado

Se pesó los materiales (harina de trigo duro, harina de quinua y agua) en una balanza. Los demás ingredientes que se agregaron se pesaron en una balanza con aproximaciones de gramos, o fracciones de gramos. Este tipo de control se hizo utilizando una balanza analítica.

Mezclado

Los ingredientes, harina de trigo y sus sustituciones con harina de quinua al 0, 30 y 40 % se mezclaron con los huevos de forma manual y con la ayuda de una cuchara. Una buena mezcla de ingredientes dio resultados homogéneos facilitando de esta manera las operaciones subsiguientes.

Amasado

Se amasó manualmente con la adición de la cantidad de agua prevista en la formulación; permitió obtener una mezcla granulada. Este proceso sirvió para hacer más homogénea la mezcla de los gránulos que se forma entre la harina y el agua. En el amasado se homogenizó la humectación de los materiales e ingredientes que dio uniformidad y manejabilidad al producto en proceso. Se amasó la masa alrededor de 10-15 minutos.

Reposo

Se dejó reposar la masa al ambiente (20-23 °C) por 30 minutos. El reposo permitió formar enlaces entre la glutenina, gliadina y el agua; permitiendo una mejor elasticidad de la masa.

Laminado

Se realizó el laminado en una máquina laminadora para formar fideos laminado. La laminación consistió en pasar y enrollar varias veces la masa a través de dos cilindros lisos, que se acercan el uno al otro a cada pasada con una determinada medida. Se obtuvo así, una lámina de color uniforme, pulida y perfectamente homogénea.

Trefilado

La pasta laminada se introdujo en los dos cilindros de la trefiladora para darle forma de cintas tan largas como lo permita la cantidad o volumen de material o partida del producto que se esté trabajando. Se cortó de trecho en trecho de tal forma que se puedan enrollar y envasar con la longitud más adecuada.

Secado

El secado se realizó en una estufa con sistema de circulación de aire. Esta operación se llevó a cabo a las temperaturas indicadas en la investigación (50 y 60 °C) entre $1\frac{3}{4}$ h y $1\frac{1}{2}$ h respectivamente. El objetivo fue disminuir el contenido de humedad del producto hasta llegar al 12 ó 13%; humedad que permite a los fideos conservarse en el almacenamiento.

Enfriado

Se realizó en una bandeja de aluminio, en un lugar seco y fresco hasta temperatura ambiente (20-23 °C). El tiempo para esta fase fue entre 30 y 40 minutos.

Envasado

El producto en bolsas Ziploc con cierre hermético. Luego se sellaron las bolsas para asegurar que el aire del ambiente no ingrese al envase, y así conseguir una buena conservación e higiene durante su almacenamiento.

3.3.4 Métodos de análisis**A. Absorción de agua de fideos tipo fettuccine**

Se pesó 12,5 g de pasta correspondiente a cada tratamiento se cortaron en trozos de 5 cm y se calentó a punto de ebullición, la cocción se mantuvo por 9 minutos. Se usó 200 mL de agua destilada por cada muestra. Posteriormente, se escurrió el agua y las pastas fueron sumergidas nuevamente en un volumen de 50 mL de agua fría por un minuto, al final del cual se dejó escurrir y al alcanzar la temperatura ambiente fueron pesadas. Este parámetro se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Absorción de agua} = \frac{P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

Pf = peso de la muestra después de cocción y escurrido.

Pi = peso de la muestra seca.

B. Pérdida de sólidos de fideos tipo fettuccine

Se recolectó 2 mL del agua de cocción de la pasta y se evaporó hasta peso constante en una estufa de aire a 105 °C, el residuo fue pesado y se reporta como porcentaje de pérdidas con base al material original (Vasiliu y Navas, 2009).

$$\text{Pérdida de sólidos} = \frac{P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_f = peso de la muestra evaporada.

P_i = peso del agua de cocción.

C. Firmeza instrumental de fideos tipo fettuccine

Para este análisis se empleó el texturómetro marca Instron Modelo 3342, el cual midió la resistencia a la penetración expresada en N. La resistencia a la penetración se define como el valor de fuerza máxima presentada antes de la ruptura o flujo del material al realizar el proceso. Se evaluó la muestra de fideos tipo fettuccine, la cual fue apoyada sobre dos bases de madera sólidas que permita el libre paso del pistón en forma de guillotina al momento de atravesarla. La dimensión del pistón en forma de guillotina fue de 6 cm de largo por 4 cm de alto (Pérez y otros, 2009).

D. Aceptabilidad general de los fideos tipo fettuccine

La preferencia del consumidor se evaluó por medio de una escala hedónica estructurada de 9 puntos desde “Me gusta muchísimo” a “Me disgusta muchísimo”. Se usó un panel de 30 jueces habituales consumidores de pasta (Anzaldúa - Morales, 1994). Las muestras se prepararon 1 hora antes de realizar la prueba. Se proporcionó 5 g de muestra por cada tratamiento en un plato descartable de primer uso. Todas las muestras se sirvieron con un vasito de 5 mL de agua mineral como neutralizante (Piñero, 2005). Las muestras fueron presentadas a los panelistas de una en una. En la Figura 3, se muestra la cartilla con la que se evaluó la aceptabilidad general de fideos tipo fettuccine.

E. Análisis estadístico

El método estadístico correspondió a un diseño factorial 3 x 2 con 3 repeticiones.

Para los análisis de absorción de agua, firmeza y pérdida de sólidos se utilizó la prueba de Levene modificado con el fin de determinar la homogeneidad de varianzas de los datos experimentales, posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANVA), seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para comparar los resultados mediante la formación de subgrupos y determinar de esta manera el mejor tratamiento. La aceptabilidad general será evaluada mediante las pruebas de Friedman y Wilcoxon.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 20.0.

| PRUEBA DE ACEPTABILIDAD GENERAL | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|------------|-----|-----|
| Nombre del Juez..... | | | | Fecha..... | | |
| Instrucciones: Califique la muestra de fideos tipo fettuccine, según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo a su agrado o desagrado. | | | | | | |
| ESCALA | 125 | 239 | 427 | 589 | 672 | 866 |
| Me agrada muchísimo | | | | | | |
| Me agrada mucho | | | | | | |
| Me agrada moderadamente | | | | | | |
| Me agrada poco | | | | | | |
| No me agrada ni me desagrada | | | | | | |
| Me desagrada poco | | | | | | |
| Me desagrada moderadamente | | | | | | |
| Me desagrada mucho | | | | | | |
| Me desagrada muchísimo | | | | | | |
| Comentarios..... | | | | | | |
| | | | | | | |

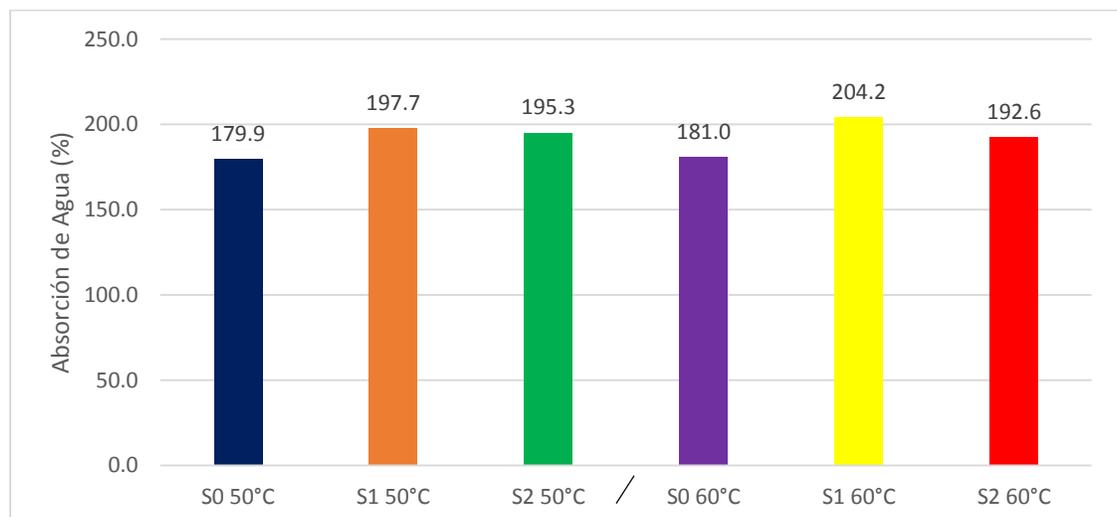
Fuente: Anzaldúa (1994)

Figura 3. Ficha de evaluación para prueba de aceptabilidad general de fideos tipo fettuccine con harina de quinua.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la absorción de agua en fideos tipo fettuccine.

En la Figura 4, se muestra el comportamiento de la absorción de agua en fideos tipo fettuccine. Se observa un incremento en la absorción de agua con la sustitución de harina de trigo duro por harina de quinua con el 30%, esta es mayor que con 40% de sustitución de harina de trigo duro por harina de quinua. Esta tendencia es similar para las temperaturas de secado de 50 y 60 °C.



S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

Figura 4. Variaciones de absorción de agua en fideos tipo fettuccine con sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperaturas de secado de 50 °C y 60 °C.

Puicón (2004) investigó en fideos la influencia de la sustitución de harina de frijol palo (10, 20 y 30%) sobre la absorción de agua, observó que los valores de absorción de agua aumentaron de 150.8 a 210.4%, tendencia parecida a la encontrada en esta investigación.

Doxastakis y otros (2005) elaboraron pastas con cuatro niveles de sustitución (5, 10, 15 y 20%) con proteína de lupino blanco, reportaron un aumento en los valores de absorción de agua de 160.9 a 199.3%, debido al fortalecimiento de la estructura almidón-gluten de la pasta.

En el Cuadro 13, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de absorción de agua, se observa que existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$).

Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para la absorción de agua en los fideos tipo fettuccine.

| Variable | Estadístico de Levene | p |
|-----------------------|-----------------------|-------|
| Absorción de agua (%) | 2.925 | 0.059 |

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El cuadro 14 contiene el análisis de varianzas para los valores de la absorción de agua en fideos tipo fettuccine.

Cuadro 14. Análisis de varianza de absorción de agua para fideos tipo fettuccine.

| Variable | Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p |
|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|-------|
| Absorción de agua (%) | Sustitución: S | 1303.434 | 2 | 651.717 | 9.402 | 0.003 |
| | Temperatura: T | 12.500 | 1 | 12.500 | 0.180 | 0.679 |
| | S*T | 63.583 | 2 | 31.792 | 0.459 | 0.643 |
| | Error | 831.820 | 12 | 69.318 | | |
| | Total | 2211.338 | 17 | | | |

$p < 0.05$, existe efecto significativo

El análisis de varianza muestra que las sustituciones de harina de trigo duro por harina de quinua, presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) sobre la absorción de agua en los fideos. Caso contrario, es para la temperatura de secado y la combinación de estas variables que no presentaron diferencias significativas.

Astaíza y otros (2010) encontraron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua integral (30, 40 y 50 %) sobre la absorción de agua en la elaboración de pastas alimenticias, similar a esta investigación.

En el cuadro 15, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de absorción de agua en los fideos tipo fettuccine. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos.

En el Cuadro 15, se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos con sustitución de 30 y 40%, pero si hay diferencia significativa de los tratamientos con sustitución con respecto a los tratamientos sin sustitución de harina de trigo.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para la absorción de agua en los fideos tipo fettuccine.

| Sustitución | Temperatura (°C) | Subgrupo | |
|-------------|------------------|----------|--------|
| | | 1 | 2 |
| S0 | 50 | 179.87 | |
| S0 | 60 | 181.03 | |
| S2 | 60 | 192.63 | 192.63 |
| S2 | 50 | 195.3 | 195.3 |
| S1 | 50 | | 197.7 |
| S1 | 60 | | 204.2 |

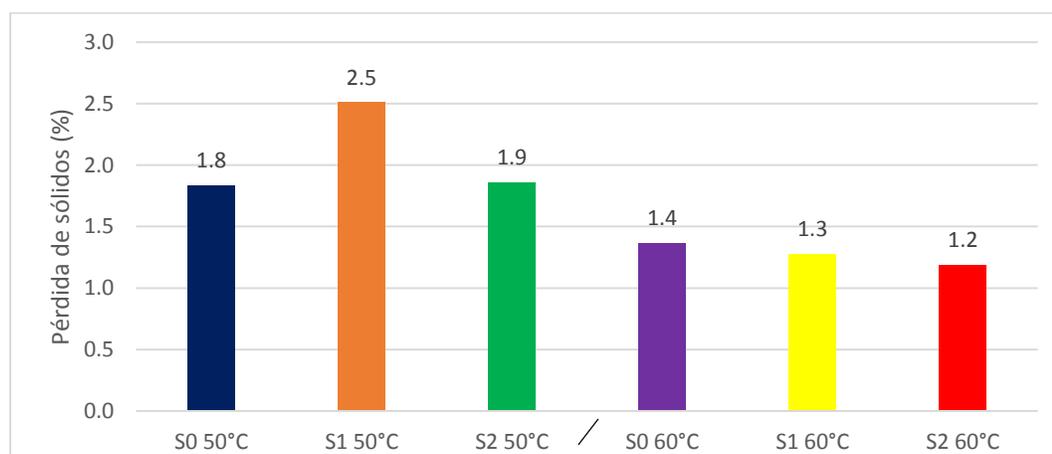
S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

Vasiliu y Navas (2009) obtuvieron resultados similares cuando evaluaron el efecto de la adición de harina deshidratada de cebollín 0, 3, 4 y 5 % (*Allium fistulosum* L.) sobre la sémola de trigo durum, utilizada en la elaboración de pasta tipo fettuccine, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos y sus pruebas control.

De otro lado, Puicón (2004) quien también investigó en fideos la influencia de la sustitución de harina de harina de frijol palo (10, 20 y 30%) sobre la absorción de agua, no encontró diferencias significativas entre sus tratamientos.

4.2 Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine.

La Figura 5, muestra que la pérdida de sólidos del fideo en el agua fluctuaron de 1.2 a 2.5%. Se observa que para el tratamiento a 50 °C hay un aumento de la pérdida de sólidos con la sustitución a 30% y valores similares a 40% de sustitución. En los tratamientos a 60 °C hay una ligera disminución de la pérdida de sólidos, donde, los valores son menores y van disminuyendo probablemente a que la pasta está más compacta y el fideo más firme cuando tiene contacto con el agua de cocción.



S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

Figura 5. Variaciones de pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine con sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperaturas de secado de 50 °C y 60 °C.

Astaíza y otros (2010) quienes investigaron en pastas enriquecidas con harina integral de quinua, con niveles de sustitución del 30, 40 y 50%, observaron que los valores de pérdida de sólidos fluctuaron entre 2.35 a 3.36%. Las pérdidas de sólidos se deben a la disminución de gluten e incremento de la fibra. En esta investigación se trabajó con harina de quinua obteniéndose menores valores de sólidos en el agua.

Doxastakis y otros (2005) elaboraron pastas con cuatro niveles de sustitución (5, 10, 15 y 20%) de proteína de lupino blanco, reportaron un aumento en los valores de pérdida de sólidos de 1.14 a 3.05%, indicando que la pasta alimenticia presenta más desprendimiento de sólidos durante la cocción cuando el nivel de sustitución es más elevado.

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine con la formulación de sustitución de harina de trigo duro por harina de quinua y temperatura de secado el cual arroja una homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza.

Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para los valores de pérdida de sólidos de fideos tipo fettuccine.

| Variable | Estadístico de Levene | p |
|------------------------|-----------------------|-------|
| Pérdida de sólidos (%) | 1.799 | 0.188 |

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

En el Cuadro 17, el análisis de varianza muestra que las sustituciones de harina de trigo duro por harina de quinua y la temperatura de secado, no presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$), sobre los valores de pérdida de sólidos en los fideos tipo fettuccine, por efecto de la sustitución, efecto de la temperatura de secado ni la combinación de ambos.

Cuadro 17. Análisis de varianza para los valores de pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine.

| Variable | Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p |
|------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|-------|
| Pérdida de sólidos (%) | Sustitución: S | 4.068 | 2 | 2.034 | 2.851 | 0.097 |
| | Temperatura: T | 2.569 | 1 | 2.569 | 3.601 | 0.082 |
| | S*T | 1.574 | 2 | 0.787 | 1.104 | 0.363 |
| | Error | 8.560 | 12 | 0.713 | | |
| | Total | 16.771 | 17 | | | |

$p < 0.05$, existe efecto significativo

En el Cuadro 18, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de pérdida de sólidos en fideos tipo fettuccine elaboradas con la sustitución de harina de trigo duro por harina de quinua y temperatura de secado, a partir de esta prueba se afirma que no existió diferencia significativa entre los tratamientos

Cuadro 18. Prueba de Duncan para los valores de pérdida de sólidos en los fideos tipo fettuccine

| Sustitución | Temperatura (°C) | Subgrupo | |
|-------------|------------------|----------|------|
| | | 1 | 2 |
| S2 | 60 | 1.33 | |
| S0 | 50 | 1.80 | |
| S0 | 60 | 1.87 | |
| S1 | 60 | 2.20 | 2.20 |
| S2 | 50 | 2.37 | 2.37 |
| S1 | 50 | | 3.50 |

S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

En el Cuadro 18, se aprecia el subgrupo 1, donde los tratamientos S2 60 °C, S0 50 °C, S0 60 °C, S1 60 °C y S2 50 °C no presentan diferencia significativa. Se observa en el subgrupo 2, formado por S1 60 °C, S2 50 °C y S1 50 °C que tampoco hay diferencia significativa.

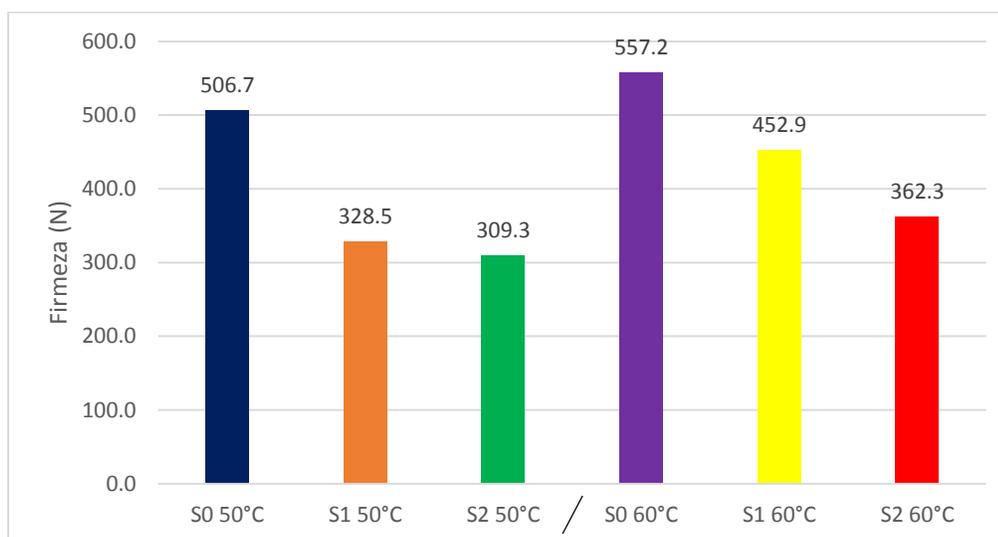
Adicionalmente se realizó la prueba de Tukey para los valores de pérdida de sólidos en los fideos, encontrándose que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo 4).

Cubadda y otros (2007), quienes evaluaron la calidad de cocción (pérdida de sólidos) en pastas alimenticias sustituyendo la harina de trigo por harina tipo dura con diferente contenido de gluten en proporciones de 10.5, 11.5, 12.5, 13.5 y 14.5% con valores de pérdida de sólidos de 1.59 a 2.78%. En todos los niveles de sustitución no encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) a un nivel de significancia del 5%.

Astaíza y otros (2010) encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los valores de pérdida de sólidos en pastas enriquecidas con harina integral de quinua al 30, 40 y 50%.

4.3 Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la firmeza en fideos tipo fettuccine.

En la Figura 6, se muestra el comportamiento de la firmeza instrumental en los fideos tipo fettuccine. A medida que aumentó los niveles de sustitución de harina de trigo duro por harina de quinua en la formulación se observa un comportamiento decreciente de los valores para los tratamientos 50 y 60 °C.



S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

Figura 6. Variaciones de firmeza en fideos tipo fettuccine con sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperaturas de secado de 50 °C y 60 °C.

Tendencias parecidas fueron reportadas por Jara (2006), quien investigó la influencia de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (40, 50 y 100%) en pastas alimenticias, obteniendo valores de 542.4 a 167.0 N.

Cubadda y otros (2007) evaluaron la firmeza en pastas alimenticias sustituyendo la harina de trigo por harina dura con diferente contenido de gluten en proporciones de 10.5, 11.5, 12.5, 13.5 y 14.5%, donde se observaron una tendencia decreciente de los niveles de firmeza conforme aumentaba los niveles de sustitución, los valores oscilaron de 340.2 a 120.2 N.

Doxastakis y otros (2005) elaboraron pastas con cuatro niveles de sustitución 5, 10, 15 y 20% de proteína de lupino blanco; determinaron el comportamiento de la firmeza, donde observaron valores decrecientes de los valores de firmeza al aumenta los niveles de sustitución, estos oscilaron entre 200.1 a 109.9 N.

En el Cuadro 19, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de firmeza, se observa que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Cuadro 19. Prueba de Levene modificada para los valores de firmeza de fideos tipo fettuccine.

| Variable | Estadístico de Levene | p |
|------------|-----------------------|-------|
| Firmeza(N) | 1.733 | 0.202 |

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El Cuadro 20, presenta el análisis de varianza para los valores de firmeza en fideos tipo fettuccine.

Cuadro 20. Análisis de varianza para los valores de firmeza de fideos tipo fettuccine.

| Variable | Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|-------|
| Firmeza (N) | Sustitución: S | 122886.548 | 2 | 61443.274 | 3.360 | 0.069 |
| | Temperatura: T | 25954.014 | 1 | 25954.014 | 1.419 | 0.257 |
| | S*T | 5287.068 | 2 | 2643.534 | 0.145 | 0.867 |
| | Error | 219437.373 | 12 | 18266.448 | | |
| | Total | 373565.003 | 17 | | | |

$p < 0.05$, existe efecto significativo

El análisis de varianza muestra que las sustituciones de harina de trigo duro por harina de quinua y la temperatura de secado no presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza en los fideos tipo fettuccine.

En el Cuadro 21, se aprecia el subgrupo 1, donde se encuentran todos los valores de los tratamientos dando a entender que no existió efecto significativo en la firmeza de los fideos tipo fettuccine.

Cuadro 21. Prueba de Duncan para los valores de firmeza en los fideos tipo fettuccine.

| Sustitución | Temperatura (°C) | Subgrupo |
|-------------|------------------|----------|
| | | 1 |
| S2 | 50 | 309.33 |
| S0 | 50 | 328.47 |
| S0 | 60 | 362.23 |
| S1 | 60 | 452.87 |
| S2 | 50 | 506.67 |
| S1 | 60 | 557.20 |

S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

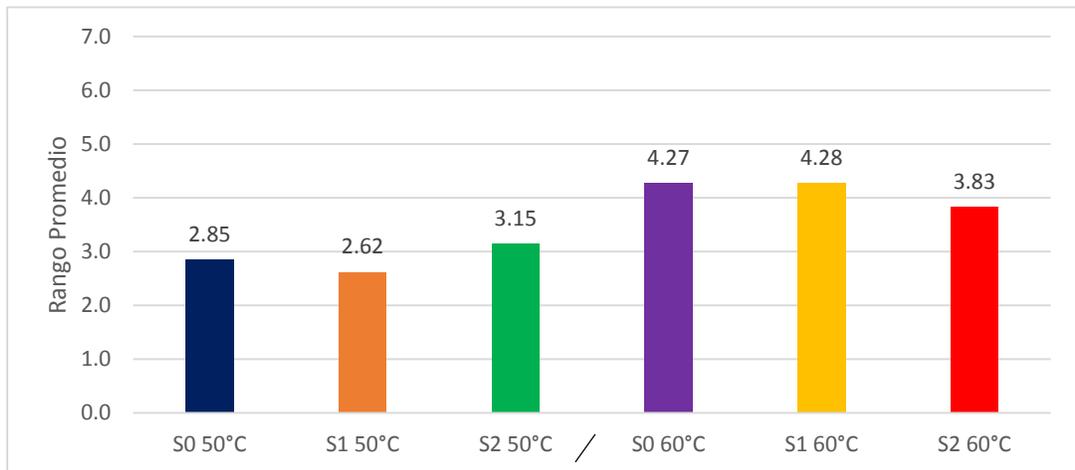
Jara (2006) encontró efecto significativo ($p < 0.05$) de la influencia de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (40, 50 y 100%) en la firmeza de pastas alimenticias, probablemente por los niveles altos de sustitución que en el caso de esta investigación fueron menores.

Cubadda y otros (2007) no encontraron efecto significativo ($p < 0.05$), quienes evaluaron la calidad de cocción (firmeza) en pastas alimenticias sustituyendo la harina de trigo por harina dura con diferente contenido de gluten en proporciones de 10.5, 11.5, 12.5, 13.5 y 14.5.

Doxastakis y otros (2005) elaboraron pastas con cuatro niveles de sustitución 5, 10, 15 y 20% de proteína de lupino blanco; determinaron el comportamiento de la firmeza, no encontraron efecto significativo ($p < 0.05$) en sus tratamientos, similar a esta investigación.

4.4 Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperatura de secado sobre la aceptabilidad general en fideos tipo fettuccine.

En la Figura 7, se presenta los rangos promedios de la prueba estadística de Friedman (valores de aceptabilidad general de los panelistas se encuentran en Anexo 6) de las calificaciones de aceptabilidad general para los diferentes tratamientos. Donde los valores son mayores para el caso de los tratamientos a temperatura de secado de 60 °C.



S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

Figura 7. Variaciones de aceptabilidad general en fideos tipo fettuccine con sustitución de harina de trigo por harina de quinua y temperaturas de secado de 50 °C y 60 °C.

Puicón (2004) investigó tres niveles de sustitución de harina de trigo por harina de frijol de palo, (en valores de 10, 20 y 30%) para la elaboración de fideos. En las características organolépticas de sabor, textura y apariencia general, fueron evaluados con un análisis sensorial empleando una prueba de escala hedónica, determinó que los fideos elaborados con 20% de sustitución parcial de harina de trigo fueron los más aceptados por los panelistas.

En el Cuadro 22, se presenta la prueba de Friedman, donde estadísticamente si hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados sensorialmente. El mayor rango promedio se obtuvo con la sustitución S1 y temperatura de secado de 60 °C cuyo valor fue 4.28 y con moda estadísticas 7 (me agrada bastante).

Cuadro 22. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en los fideos tipo fettuccine

| Sustitución | Temperatura (°C) | Rango promedio | Moda |
|--------------|------------------|----------------|------|
| S0 | 50 | 2.85 | 5 |
| S0 | 60 | 4.27 | 6 |
| S1 | 50 | 2.62 | 5 |
| S1 | 60 | 4.28 | 7 |
| S2 | 50 | 3.15 | 4 |
| S2 | 60 | 3.83 | 6 |
| Chi-cuadrado | | 24.963 | |
| p | | 0.000 | |

S0 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 50 °C.
S0 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 0%, y temperatura de secado de 60 °C.
S1 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 50 °C.
S1 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30%, y temperatura de secado de 60 °C.
S2 50°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 50 °C.
S2 60°C: Sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 40%, y temperatura de secado de 60 °C.

González e Ibáñez (2010) evaluaron los atributos sensoriales de pastas combinadas de harina de trigo con harina de guapo (*Maranta arundinacea*) (planta herbácea que presenta raíces comestibles) en cuanto a color, sabor y textura. En la evaluación sensorial la pasta trigo-guapo se aplicó el ANVA que presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) en cuanto al color y al sabor, el valor más alto fue 5.4 con un calificación de aceptabilidad de (ni me agrada ni me desagrada).

Según García (2011) el sabor característico de la quinua es deseado ya que aumenta levemente el sabor dulce y la palatabilidad ya que a mayor porcentaje de harina de quinua hay mayor humedad en el producto final.

Astaíza y otros (2010) elaboraron pastas enriquecidas con harina integral de quinua, con niveles de sustitución del 30, 40 y 50%. Los resultados de la evaluación sensorial presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$), indicando que la pasta con mayor aceptación fue la cual se sustituyó en un 30% con harina de quinua con una calificación de aceptabilidad “me gusta mucho”.

En el Cuadro 23, se muestra la prueba de Wilcoxon para obtener información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa. En esta prueba se comparó el fideo tipo fettuccine que brindó las mayores calificaciones en aceptabilidad general S1 60°C (sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30% con temperatura de secado de 60°C) con los demás fideos, donde, se observó que fue significativamente diferente ($p < 0.05$) a los tratamientos S0 50 °C, S1 50 °C y S2 50 °C. El tratamiento S1 60 °C es similar a S0 60 °C y S2 60 °C estadísticamente.

Cuadro 23. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en los fideos tipo fettuccine.

| Sustitución (%) | Temperatura (°C) | Sustitución (%) | Temperatura (°C) | Z | p |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|--------|-------|
| S1 | 60 | S0 | 50 | -2.745 | 0.006 |
| | | S0 | 60 | -0.537 | 0.591 |
| | | S1 | 50 | -3.457 | 0.001 |
| | | S2 | 50 | -2.592 | 0.010 |
| | | S2 | 60 | -1.012 | 0.312 |

Morales (2009) evaluó las características sensoriales de los fideos fritos. Los niveles de sustitución de harina de quinua fueron de 10, 15, 20 y 25%. Los resultados de la prueba de Friedman mostraron que el tratamiento más aceptado por los jueces fue con harina de quinua al 10% ya que mostró mejor color, sabor y olor.

V. CONCLUSIONES

Existió efecto significativo de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) (30 y 40%) sobre la absorción de agua; la temperatura de secado (50 y 60 °C) y la combinación de tratamientos no tuvieron efecto significativo.

En la pérdida de sólidos y la firmeza no hubo diferencias significativas. Caso contrario, si existió efecto significativo en la aceptabilidad general de los fideos.

La sustitución de harina de trigo por harina de quinua al 30% y una temperatura de secado de 60 °C permitió obtener el valor más alto de absorción de agua con un valor de 204.2%.

Los valores de pérdida de sólidos fluctuaron entre 1.2 a 2.5% para los tratamientos, la menor pérdida de sólidos fue para el tratamiento con sustitución al 40% y temperatura de secado de 60 °C. Así mismo, los valores de firmeza fluctuaron entre 309.3 a 557.2 N para los tratamientos en los fideos, la mayor firmeza fue para el tratamiento con 0% de sustitución y temperatura de secado de 60 °C.

La aceptabilidad general en los fideos tipo fettuccine presentaron diferencias significativas para ambas temperaturas de secado, pero fueron similares para las dos sustituciones a la temperatura de secado de 60 °C.

Se considera el mejor tratamiento a la sustitución de 30% y una temperatura de secado de 60 °C ya que produjo alto valor de absorción de agua, bajo valor de pérdida de sólidos, firmeza media y alta aceptabilidad general en fideos tipo fettuccine.

VI. RECOMENDACIONES

Utilizar la metodología de diseño de mezclas estadístico, con la finalidad de encontrar la mezcla óptima con respecto al universo de mezclas posibles de sustitución de harina de trigo por harina de quinua hasta un nivel donde la aceptabilidad general no sea afectada.

Realizar investigaciones en productos de fideeria utilizando diversas harinas provenientes de cereales andinos para mejorar la absorción de agua, pérdida de sólidos y aceptabilidad general, entre otras, con el fin de encontrar la mejor sustitución el cual brinde las mejores características a la pasta alimenticia.

Usar panelistas previamente entrenados para darle mayor rigurosidad y asertividad a las evaluaciones sensoriales.

VII. BIBLIOGRAFIA

Anzaldúa-Morales A. 1994. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Amoroso, L. 2011. Manual de elaboración de pastas alimenticias. Universidad Técnica de Ambato. Ambato. Ecuador.

Arroyave, L. y Esguerra, C. 2006. Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el proceso de panificación. Universidad de La Salle. Bogotá. Colombia.

Astaíza, M., Ruíz, L. y Elizalde, A. 2010. Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) y zanahoria (*Daucus carota*). Universidad del Cauca. Popayán. Colombia.

Bejarano, E., Bravo, M., Huamán, M., Huapaya, C., Roca, A. y Rojas, E. 2002. Tabla de composición de alimentos industrializados. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima. Perú.

Cubadda, R., Carcea, M., Marconi, E. y Trivisonno, M. 2007. Influencia de la proteína gluten y de la temperatura de secado en la calidad de cocción de pasta de trigo durum. Universidad de Molise. Roma. Italia.

Doxastakis, G., Papageorgiou, M., Mandalou, D., Irakli, M., Papalamprou, E., D'Agostina, A., Resta, D., Boschin, G. y Arnoldi, A. 2005. Propiedades tecnológicas y pardeamiento no enzimático en proteína de lupino blanco enriquecido en spaghetti. Universidad Aristóteles de Thessaloniki. Laboratorio de Química y Tecnología de Alimentos. Thessaloniki. Grecia.

FAO. 2011. Productividad de la quinua en el Perú. Lima. Recuperado el 30 de noviembre de 2014 de: <http://www.fao.org/es/quinua/aiq-2011/>.

FAO. 2013. Año internacional de la quinua (AIQ). Santiago de Chile. Recuperado el 30 de noviembre de 2014 de: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/aiq-2013/>.

García, P. 2011. Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*). Colombia. Universidad Nacional de Bogotá. Colombia.

González, R. e Ibañez, M. 2010. Evaluación de la composición fisicoquímica y sensorial de pastas tipo "fettuccine" elaboradas con harina compuesta de guapo (*Maranta arundinacea*) y de trigo (*Triticum aestivum*). Universidad de Oriente. Barcelona. Venezuela.

Jara, C. 2009. Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa Wild*). Chile. Universidad de Chile. Santiago.

Meyer, M. 2000. Elaboración de productos agrícolas, Área: Industrias rurales. Editorial Trillas. México.

MINAG (Ministerio de Agricultura). 2013. Estadística agroindustrial 2012, Lima, Perú. Recuperado el 01 de diciembre de 2014 de: <http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines.pdf>.

Morales, A. 2009. Elaboración de fideos fritos enriquecidos con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y espinaca (*Espinacia oleracea*). Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador.

Mujica, A. 2006. La quinua (*Chenopodium quinoa*) y sus parientes silvestres. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.

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 quinoa*) y papa (*Solanum tuberosum*). Tesis para obtener el Título de Ingeniera en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato. Ecuador.

Pérez-Arévalo, M., Morón-Fuenmayor, O., Gallardo, N., Vila, V., ArzalluzFischer, A y Pietrosevoli, S. 2009. Caracterización anatómica y física de los músculos del conejo. Revista Científica, 19 (2): 134-138, marzo-abril, 2009. Universidad del Zulia. Venezuela

Piñero M., Ferrer M., Moreno L., Leidenz N., Parra K. y Araujo S. 2005. Atributos sensoriales y químicos de un producto cárnico ligero formulado

con fibra soluble de avena. Revista científica de la Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Petryk, N. 2010. Sección del Chef. Argentina. Recuperado el 29 de noviembre de 2014 de: <http://www.alimentacion-sana.com.ar>

Puicón, Y. 2004. Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de frijol de palo (*Cajanus cajan* L.) en las características fisicoquímicas y organolépticas de fideos. Tesina en Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú.

Risi, J. 1991. La quinua: actualidad y perspectivas. Bolivia. Taller de desarrollo sostenible de la quinua. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cámara de Exportadores.

Saenz, R. 2008. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de embutidos. Universidad Mayor de San Marcos. Lima. Peru.

Sánchez, P. 2003. Proceso de elaboración de alimentos y bebidas. España. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.

Tapia, M. 1979. Quinua y kañiwa, cultivos andinos. CIID, Oficina Regional para la América Latina. FAO. Santiago. Chile.

Tejero, Francisco. 2012. Asesoría técnica en panificación. Defectos en la harina de trigo. España. Recuperado el 30 de noviembre de 2014 de: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211615/Modulo_exe/211615_Mex e/leccin_16_industria_harinera.html.

Valdivia, S., Robles, G. y Ramírez, G. 2013. Situación de la fortificación de la harina de trigo en el Perú durante los años 2009 y 2010. Ministerio de Salud. Lima. Perú.

Vasiliu, M y Navas, P. 2009. Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín (*Allium fistulosum* L.). Venezuela. Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Estadística descriptiva correspondiente a la media y desviación estándar correspondientes a la absorción de agua, pérdida de sólidos y firmeza de fideos tipo fettuccine

| Sustitución | Temperatura (°C) | Medidas Estadísticas | Absorción de agua (%) | Pérdida de sólidos (%) | Firmeza (N) |
|-------------|------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| S0 | 50 | Media | 179.89 | 1.83 | 506.66 |
| | | Desviación estándar | 1.27 | 0.28 | 157.24 |
| S0 | 60 | Media | 181.04 | 1.36 | 557.22 |
| | | Desviación estándar | 8.00 | 0.91 | 83.67 |
| S1 | 50 | Media | 197.71 | 2.51 | 328.48 |
| | | Desviación estándar | 10.86 | 1.90 | 78.09 |
| S1 | 60 | Media | 204.20 | 1.27 | 452.85 |
| | | Desviación estándar | 2.79 | 1.11 | 139.42 |
| S2 | 50 | Media | 195.29 | 1.85 | 309.33 |
| | | Desviación estándar | 8.74 | 1.02 | 25.89 |
| S2 | 60 | Media | 192.62 | 1.18 | 362.26 |
| | | Desviación estándar | 3.01 | 0.64 | 123.30 |

Anexo 2. Valores de absorción de agua de los fideos tipo fettuccine

| R | FORMULACION | ABSORCION DE AGUA (%) |
|----------|--------------------|------------------------------|
| 1 | S0 50°C | 178.6 |
| 2 | S0 50°C | 181.6 |
| 3 | S0 50°C | 179.4 |
| 1 | S0 60°C | 191.0 |
| 2 | S0 60°C | 171.4 |
| 3 | S0 60°C | 180.7 |
| 1 | S1 50°C | 212.7 |
| 2 | S1 50°C | 187.2 |
| 3 | S1 50°C | 193.2 |
| 1 | S1 60°C | 207.0 |
| 2 | S1 60°C | 205.2 |
| 3 | S1 60°C | 200.4 |
| 1 | S2 50°C | 207.5 |
| 2 | S2 50°C | 190.9 |
| 3 | S2 50°C | 187.5 |
| 1 | S2 60°C | 189.2 |
| 2 | S2 60°C | 192.2 |
| 3 | S2 60°C | 196.5 |

Anexo 3. Valores de pérdida de sólidos de los fideos tipo fettuccine

| R | FORMULACION | PÉRDIDA DE SÓLIDOS (%) |
|----------|--------------------|-------------------------------|
| 1 | S0 50°C | 2.0 |
| 2 | S0 50°C | 2.0 |
| 3 | S0 50°C | 1.4 |
| 1 | S0 60°C | 2.6 |
| 2 | S0 60°C | 1.0 |
| 3 | S0 60°C | 2.0 |
| 1 | S1 50°C | 5.2 |
| 2 | S1 50°C | 2.0 |
| 3 | S1 50°C | 3.3 |
| 1 | S1 60°C | 2.8 |
| 2 | S1 60°C | 2.0 |
| 3 | S1 60°C | 1.8 |
| 1 | S2 50°C | 3.0 |
| 2 | S2 50°C | 2.1 |
| 3 | S2 50°C | 2.0 |
| 1 | S2 60°C | 2.0 |
| 2 | S2 60°C | 1.0 |
| 3 | S2 60°C | 1.0 |

Anexo 4. Prueba de Tukey para los valores de pérdida de sólidos de los fideos tipo fettuccine

| Sustitución | Temperatura (°C) | Subgrupo |
|-------------|------------------|----------|
| | | 1 |
| S2 | 60 | 1.33 |
| S0 | 50 | 1.80 |
| S0 | 60 | 1.87 |
| S1 | 60 | 2.20 |
| S2 | 50 | 2.37 |
| S1 | 50 | 3.50 |
| p | | 0.072 |

Anexo 5. Valores de firmeza de los fideos tipo fettuccine

| R | FORMULACION | FIRMEZA (N) |
|----------|--------------------|--------------------|
| 1 | S0 50°C | 432.1 |
| 2 | S0 50°C | 362.5 |
| 3 | S0 50°C | 725.4 |
| 1 | S0 60°C | 669.9 |
| 2 | S0 60°C | 469.6 |
| 3 | S0 60°C | 532.1 |
| 1 | S1 50°C | 236.5 |
| 2 | S1 50°C | 427.4 |
| 3 | S1 50°C | 321.5 |
| 1 | S1 60°C | 645.7 |
| 2 | S1 60°C | 320.8 |
| 3 | S1 60°C | 392.1 |
| 1 | S2 50°C | 339.3 |
| 2 | S2 50°C | 276.1 |
| 3 | S2 50°C | 312.6 |
| 1 | S2 60°C | 517.8 |
| 2 | S2 60°C | 216.2 |
| 3 | S2 60°C | 352.7 |

Anexo 6. Calificación de la prueba de aceptabilidad general de los fideos tipo fettuccine

Cuadro A. Calificación para los fideos tipo fettuccine a temperatura de secado de 50 °C

| JUEZ | S0 50°C | S1 50°C | S2 50°C |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 6 | 6 | 3 |
| 2 | 5 | 6 | 4 |
| 3 | 6 | 7 | 8 |
| 4 | 6 | 4 | 6 |
| 5 | 3 | 7 | 8 |
| 6 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 5 | 2 | 3 |
| 8 | 6 | 5 | 5 |
| 9 | 5 | 6 | 4 |
| 10 | 5 | 6 | 6 |
| 11 | 5 | 4 | 6 |
| 12 | 4 | 5 | 4 |
| 13 | 5 | 4 | 3 |
| 14 | 6 | 3 | 4 |
| 15 | 8 | 3 | 4 |
| 16 | 6 | 7 | 8 |
| 17 | 2 | 6 | 7 |
| 18 | 5 | 4 | 4 |
| 19 | 1 | 1 | 2 |
| 20 | 5 | 4 | 3 |
| 21 | 6 | 5 | 5 |
| 22 | 5 | 5 | 6 |
| 23 | 5 | 5 | 6 |
| 24 | 3 | 4 | 4 |
| 25 | 6 | 7 | 7 |
| 26 | 4 | 3 | 3 |
| 27 | 6 | 5 | 6 |
| 28 | 7 | 6 | 8 |
| 29 | 4 | 5 | 4 |
| 30 | 3 | 3 | 4 |
| PROMEDIO | 4.9 | 4.8 | 5.0 |

Cuadro B. Calificación para los fideos tipo fettuccine a temperatura de secado de 60 °C

| JUEZ | S0 60°C | S1 60°C | S2 60°C |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 7 | 8 | 7 |
| 3 | 8 | 7 | 8 |
| 4 | 6 | 7 | 6 |
| 5 | 6 | 9 | 5 |
| 6 | 5 | 4 | 6 |
| 7 | 5 | 3 | 2 |
| 8 | 6 | 5 | 4 |
| 9 | 6 | 7 | 5 |
| 10 | 7 | 7 | 6 |
| 11 | 6 | 8 | 9 |
| 12 | 6 | 7 | 7 |
| 13 | 7 | 6 | 4 |
| 14 | 5 | 4 | 6 |
| 15 | 6 | 5 | 7 |
| 16 | 6 | 8 | 9 |
| 17 | 4 | 3 | 4 |
| 18 | 7 | 9 | 8 |
| 19 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | 6 | 6 | 5 |
| 21 | 5 | 4 | 4 |
| 22 | 7 | 4 | 5 |
| 23 | 4 | 8 | 7 |
| 24 | 6 | 6 | 4 |
| 25 | 8 | 8 | 6 |
| 26 | 5 | 6 | 6 |
| 27 | 8 | 8 | 5 |
| 28 | 8 | 7 | 9 |
| 29 | 6 | 7 | 6 |
| 30 | 6 | 5 | 5 |
| PROMEDIO | 5.9 | 6.1 | 5.7 |

Anexo 7. Vistas fotográficas de la preparación y análisis de los fideos tipo fettuccine



Figura A. Mezcla de la formulación



Figura B. Formación de la masa



Figura C. Laminado de la masa



Figura D. Trefilado de la masa



Figura E. Secado de los fideos tipo fettuccine



Figura F. Cocción de los fideos tipo fettuccine para evaluaciones fisicoquímicas

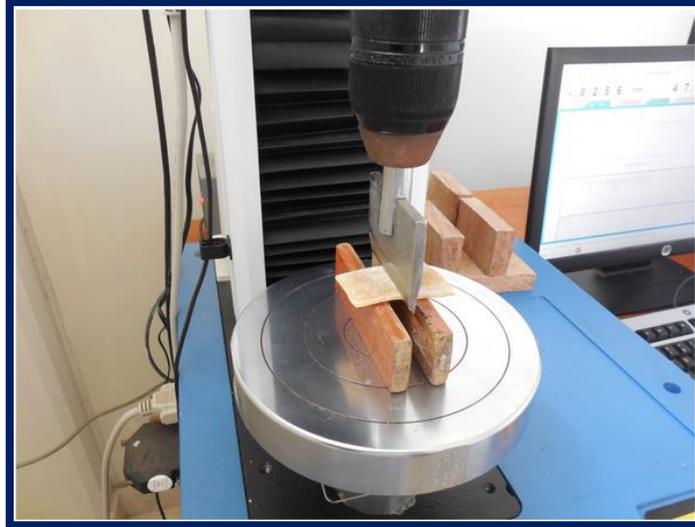


Figura G. Análisis de la firmeza de los fideos tipo fettuccine



Figura H. Pruebas de aceptabilidad general para fideos tipo fettuccine