



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**EFFECTOS DE LA INULINA EN LA REACCIÓN DE MAILLARD Y  
PARÁMETROS DE HORNEADO EN LA ELABORACIÓN DE PAN  
DE YEMA**

Presentado por:

**PAQUIYURI QUISPE JEAN CARLOS**

**Bachiller** del nivel **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. El resultado obtenido es **13 % de porcentaje de similitud** por el cual se otorga el calificativo de:

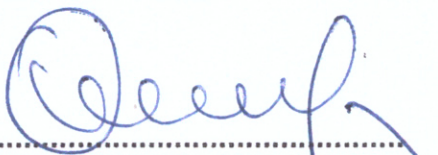
**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

**APROBADO OBTUVO EL 13% (MENOR AL 20% REQUERIDO)**

Ica, 21 de octubre de 2022

  
.....  
**JUAN MARINO ALVA FAJARDO**  
**DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION**  
**FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE**  
**ALIMENTOS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA DE ICA”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**MODALIDAD EXAMEN DE SUFICIENCIA ACADÉMICA**

**“EFECTOS DE LA INULINA EN LA REACCIÓN DE MAILLARD Y  
PARÁMETROS DE HORNEADO EN LA ELABORACIÓN DE PAN  
DE YEMA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE ALIMENTOS**

**AUTOR:**

**BACH. PAQUIYAURI QUISPE JEAN CARLOS**

**PISCO – PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicada a: Dios, ya que gracias  
al he logrado culminar mi carrera.

A mi madre, aunque no esté físicamente

Connmigo, sé que desde el cielo me protege

Y me guía para que todo salga bien.

A mi hermana Ruth, Con la que he compartido  
muchas cosas y grandes Momentos.

A mi tío Alfredo y mi tía Senia que siempre me  
apoyaron.

A mi padre, Florencio y familia,

Que me dieron un lugar sus corazones.

## AGRADECIMIENTOS

A dios, ante todo, por su amor y bondad que no tienen fin. Me permite levantarme cada caída y me pone a prueba, donde aprendo de mis errores, para mejorar como humano y crecer cada día.

## INDICE

	pág.
RESUMEN	
INTRODUCCION	12
CAPITULO I: Bases Teóricas	13
1.- Pan	13
1.1.- Pan de Yema	14
1.1.1.- Ingredientes Utilizados en la Elaboración del Pan	14
1.1.1.1.- Harina	14
1.1.1.2.- Gluten	16
1.1.1.3.- Agua	17
1.1.1.4.- Sal	18
1.1.1.5.- Azúcar	19
1.1.1.6.- Leche	20
1.1.1.7.- Levadura	21
1.1.1.8.- Materia grasa	22
1.2.- Valor Nutricional del Pan de Yema	23
1.2.1.- Inulina	25
1.2.1.1- Características Fisico-Químicas de la Inulina	26
1.2.1.2.- Beneficios a la Salud de la Inulina	27
1.2.1.3.- Beneficios Tecnológicos de la inulina en Panificación	28
1.2.2.- Reacción de Maillard	29
1.2.3.- Metodología de superficie de Respuesta	30
1.2.4.- Técnicas o procedimientos experimentales	36
CAPITULO II: La producción del pan de yema	41
2.- Diagrama de proceso de operación del pan de yema	41
2.1.- Balance de materia de la elaboración del pan de yema	42
2.2.- Rendimiento de elaboración del pan de yema	42

2.3.Descripción del Diagrama de Proceso de Operación del Pan de Yema	43
CONCLUSION	55
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	57
ANEXOS	63

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la harina	15
Tabla 2. Valor nutricional de pan de yema	24
Tabla 3. Características físico químicas de la inulina	27
Tabla 4. Formula del pan control	36
Tabla 5. Formula 1 con pan código 625	37
Tabla 6. Formula 3 con pan código 212	37
Tabla 7. Formula 5 con pan código 367	38
Tabla 8. Formula 2 con pan código 378	38
Tabla 9. Formula 4 con pan código 684	39
Tabla 10. Formula 6 con pan código 251	39
Tabla 11. Resumen de relación gel de inulina y agua	40

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pan	13
Figura 2. Pan de yema	14
Figura 3. Inulina	26
Figura 4. Ingredientes de pan de yema	43
Figura 5. Harina de trigo	44
Figura 6. Azúcar	44
Figura 7. Mantequilla	44
Figura 8. Sal	44
Figura 9. Semilla de anís	44
Figura 10. Agua hervida	44
Figura 11. Huevo	45
Figura 12. Levadura	45
Figura 13. pesado de inulina (inulina 1: agua 1)	45
Figura 14. pesado de inulina (inulina 1: agua 2)	46
Figura 15. Mezclado de ingredientes secos	46
Figura 16. Mezclado de ingredientes secos y líquidos	47
Figura 17. Mezcla de inulina (1 inulina:1 agua)	47
Figura 18. Amasado con inulina (1 inulina:2 agua)	48
Figura 19. Masa en reposo inicial	48
Figura 20. Masa a los 25 min de reposo	49
Figura 21. Masa a los 45 min de reposo	49

Figura 22. División de masa	50
Figura 23. Boleado de masa (control)	50
Figura 24. Boleado de masa (inulina 1: 2 agua)	51
Figura 25. Boleado de masa (inulina1: 1 agua)	51
Figura 26. Fermentado de masa	51
Figura 27. Horneado de masa (control)	52
Figura 28. A los 5 min de horneado de masa (control)	52
Figura 29. A los 20 min de horneado de masa (control)	52
Figura30. A los 32 min de horneado de masa (control)	53
Figura 31. Enfriado en los 32 minutos de horneado (control)	53
Figura 32. Enfriado después de 28 minutos horneado (1 inulina:2 agua)	53
Figura 33. Enfriado después de 26 minutos horneado (1 inulina:1 agua)	54

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la inulina en la reacción de Maillard y parámetros de horneado en la elaboración del pan de yema. El diseño experimental fue un diseño multifactorial, con dos factores: % mantequilla con niveles: 0%,25%,50%; y gel de inulina con niveles: 1% y 2%. Para obtener esta información se realizaron 5 pruebas experimentales: a) se determinó el porcentaje óptimo de gel de inulina y mantequilla para la elaboración del pan de yema, b) se determinó los parámetros de procesamiento, c) se determinó la caracterización sensorial, d)se determinó la caracterización química, e)se utilizó el paquete estadístico stratgraphics centurión y con el método de superficie de respuesta se determinó el porcentaje óptimo de mantequilla e inulina la cual fue de 0% de mantequilla y 2% gel de inulina

Palabra clave: Pan de yema, inulina, gel de inulina, reacción de Maillard.

## ABSTRACT

The objective of this research is to determine the effect of inulin on the Maillard reaction and baking parameters in the production of yolk bread. The experimental design was a multifactorial design, with two factors: % butter with levels: 0%, 25%, 50%; and inulin gel with levels: 1% and 2%. To obtain this information, 5 experimental tests were carried out: a) the optimal percentage of inulin gel and butter for the production of yolk bread will be prolonged, b) the processing parameters will be prolonged, c) the sensory characterization will be prolonged, d) the chemical characterization will be reduced, e) the centurion stratographic statistical package will be extracted and with the response surface method the optimal percentage of butter and inulin will be reduced, which was 0% butter and 2% inulin gel.

Keywords: Yolk bread, inulin, inulin gel, Maillard reaction.

## INTRODUCCION

Este trabajo de investigación consiste en la elaboración de un pan de yema en el cual se utiliza inulina en forma de gel para poder determinar los parámetros de proceso tanto tiempo y temperatura, para ver el efecto de la inulina en la reacción de Maillard.

Numerosas investigaciones han mostrado que “la inulina acelera la formación de la corteza del pan y la reacción de Maillard” (Artes blancas,2010)., En donde la reacción de Maillard es “una primordial reacción química que provee a los alimentos de un agradable olor y sabor” (Frye, 1998, pp.18714-18719)., además estas reacciones generan el cambio de color pardo en la corteza del pan.

El propósito de esta investigación es determinar el efecto de la inulina en la reacción de Maillard y parámetros de horneado en la elaboración del pan de yema.

## CAPITULO I: BASES TEORICAS

### 1. Pan

"En algunos países, el pan es una parte importante de la dieta y se prepara cuidadosamente

Principalmente de harina de trigo con gluten" (Shin, 2013, p. 517) Es un producto fermentado que fermenta los azúcares de la harina de trigo por acción de la levadura, resultante de la hidrólisis del almidón. Durante la fermentación se produce gas como producto de la actividad metabólica de la levadura. Muchos microorganismos pueden fermentar azúcar para producir dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero el microorganismo más eficiente en la masa de pan es *Saccharomyces cerevisiae*. En este caso, los principales productos de la fermentación son el dióxido de carbono y el etanol, que se producen en una serie de reacciones complejas controladas por enzimas. El dióxido de carbono es responsable de agregar volumen a la masa, mientras que el alcohol funciona de manera sinérgica para crear los sabores complejos de estos productos horneados. (Sciarini, 2016, p.64).



## *Figura 1. Pan*

### **1.1. Pan de yema**

Es un pan especial hecho a base de yemas de huevo que es muy suave y dulce. La masa de la que está hecha contiene harina de trigo, levadura, azúcar, mantequilla, sal, agua, muchas yemas de huevo y huevos enteros; a veces se le añade una masa en lugar de levadura, tradicionalmente de 10-12 cm de diámetro y 8-10 cm de altura entre los hemisferios, con un hueco en la mitad de la superficie (Muñoz, s.f).



*Figura 2. Pan de yema.*

#### **1.1.1. Ingredientes utilizados en la elaboración del pan**

##### **1.1.1.1. Harina**

El término harina se define específicamente como el producto obtenido de la molienda del endospermo puro de los granos de trigo. Para otros cereales o legumbres, por ejemplo: harina de maíz, harina de centeno, etc. Si la harina contiene no solo el endospermo, sino todos los componentes del grano, se llama harina integral. (Mesas,2002, p.308)

Se dice que la harina de trigo da un pan suave porque crea una masa elástica y pegajosa cuando se mezcla con agua y bajo condiciones mecánicas de trabajo apropiadas. Esto se debe a la presencia de dos proteínas que, al hidratarse, forman una sustancia flexible llamada gluten. (Quiminet, 2006)

**Tabla 1**

**Composición química de la harina**

<b>composición química</b>	<b>100gr de SS</b>
Proteína	10.6 gr
Lípidos	1.3 gr
Glúcidos	68.38
Calcio	28 mg
Fósforo	15. mg
Hierro	38 mg
Vit B	1400 mg

Fuente:<https://www.quiminet.com/articulos/composiciondel-pan-2561062.htm> :18- 11- 2017

Según su contenido proteico la harina se clasifica en:

- **Harina panificable:** “Su porcentaje de proteína oscila entre el 9 y el 11 %, y por esta característica se utilizan en la elaboración de pan, ya que equilibran la firmeza y la elasticidad ideales para el correcto desarrollo del pan” (Creative signatures,2015).
- **Harinas flojas:** “Tienen un porcentaje de proteína del 7 al 9%, por lo que son los de menor intensidad de fritura. Se utilizan principalmente para hacer galletas y pasteles” (Creative signatures,2015).
- **Harina extrafuerte:** “Estos son los que tienen un alto contenido en proteínas, más del 13%. Se utilizan para hacer brioches o productos similares al pan italiano, ya que requieren un gluten firme para permitir que el producto suba” (Creative signature,2015).  
“También son empleadas en productos que no requieren fermentación y por su alta concentración proteica forman una estructura rígida y resistente” (Quiminet,2016).

#### 1.1.1.2. Gluten

En el trigo las prolaminas y las glutelinas se denominan gliadinas y gluteninas, respectivamente; estas fracciones son las que constituyen el gluten y forman alrededor de 75-80% del total de proteínas. Las albúminas y globulinas son proteínas no formadoras de gluten y representan 20-25% del total. Las proteínas formadoras de gluten tienen un rol fundamental en la elaboración de productos de panificación, fundamentalmente en aquellos

que son sometidos a un proceso de leudado. (sciarini, 2016, p.62)  
“Por otro lado, incluso pequeñas cantidades de gluten pueden causar varias afecciones en algunas personas, como dermatitis herpetiforme, ataxia por gluten, sensibilidad al gluten no celíaca y enfermedad celíaca” (Ludvigsson, 2013, pp. 43-52).

### **1.1.1.3. Agua**

El agua como medio líquido es fundamental para iniciar el proceso de horneado, dependiendo del tipo de masa que quieras obtener, puedes aumentar la temperatura del agua de 18 a 35°C, si la temperatura es más baja, afectará la ralentización. abajo de la levadura. abajo. ralentizará su proceso y provocará su inactivación a temperaturas superiores a la nominal. (Villalón ,2012)

#### **Funciones:**

- Participa en la hidratación del almidón, la sal, el azúcar y el gluten, al mezclarse con la levadura puede actuar como enzima, mientras que los minerales disueltos en el agua hacen que la masa sea más manejable, para que alcance al mismo tiempo. se mantiene y determina la consistencia de la masa, por lo que es importante mantener el agua en la proporción adecuada y seguir midiendo cuando se agrega a la masa, porque las proteínas y el almidón lo absorberán, lo que puede resultar en una masa que pesa varios kilogramos. (Quiminet,2006)

#### **1.1.1.4. Sal**

Un elemento esencial de la masa de pan, la sal de mesa o el cloruro de sodio es barato, debe estar limpio y sin depósitos insolubles en el fondo, que a su vez contienen sales de calcio y magnesio. (Quiminet,2006)

“juega un importante rol en el perfil sensorial del pan, mejorando el aroma, sabor y textura” (Quitral,2015, p.295).

#### **Funciones:**

- Actúa principalmente a la formación de gluten, ya que la gliadina es menos soluble en salmuera, lo que genera más gluten, grumos más firmes y ralentiza el crecimiento de microorganismos de fermentación secundaria, como los productores de ácido acético. (Quiminet,2006)
- Aumenta la unión del agua al gluten para aportar más humedad al pan, al mismo tiempo que aumenta la humedad retenida en el gluten y la sal asociada a algunas reacciones que ocurren durante la fermentación y la cocción, mejora el aroma, el color, el sabor y proporciona efectos antioxidantes. (Tejero, s.f)
- “La sal deprime la actividad de la levadura, así como la actividad de otros microorganismos, por lo que al contener poco aumenta la tasa de fermentación” (Taormina,2010, p.222).

#### **1.1.1.5. Azúcar**

Los términos más usados son de cuatro tipos:

- Hidratos de carbono totales: “Se encuentra en la harina, de la cual solo el 1% se puede fermentar” (Quiminet,2006).
- Azúcares totales: “La maltosa es un azúcar que se obtiene por la acción de la alfa-amilasa sobre el almidón y está presente en las harinas; este tipo de azúcar es más fácil de fermentar” (Quiminet,2006).
- Azúcares añadidos: “La lactosa es un azúcar que no es susceptible a la fermentación de la leche y solo se encuentra en algunas recetas de pan” (Quiminet,2006).
- Azúcares libres: “Entre los azúcares añadidos comúnmente añadidos a la masa de pan se encuentran los derivados de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera” (Quiminet,2006).

#### **Funciones:**

- Alimento de la levadura: “La levadura consume rápidamente los azúcares añadidos, mientras que las enzimas convierten los azúcares complejos en monosacáridos y disacáridos que la levadura puede consumir, lo que da como resultado una fermentación más suave” (Quiminet,2006).
- Da color al pan: “El color marrón típico proviene de la caramelización de los azúcares que quedan en la corteza después de que la masa haya fermentado” (Quiminet,2006).

- “Funciona mejorando las propiedades sensoriales (por ejemplo, producción de aroma, color de la superficie)” (Quiminet,2006).
- “Mayor resistencia, ya que retiene mejor la humedad, conserva la suavidad inicial por más tiempo, retrasa el proceso de endurecimiento” (Quiminet,2006).

#### **1.1.1.6. Leche**

La principal leche utilizada para hornear es la leche en polvo por varias razones, tales como: su homogeneidad, fácil procesamiento, no necesita refrigeración, alto costo, uso conveniente con desperdicio mínimo, pequeño espacio de almacenamiento, vida útil corta. (Quiminet,2006)

“Después del agua, la leche es el líquido más importante en la repostería; dado que la leche es 88-91% agua, tiene la misma función de ayudar a crecer el gluten” (D’Santiago,2012).

#### **Funciones:**

- Mejora la apariencia y tonalidad del pan: la levadura no fermenta la lactosa en la leche, lo que le da a la corteza un bonito color dorado como resultado de estas reacciones de dorado no enzimático con las proteínas debido al calor del horno. (quiminet,2006)
- “las proteínas de la leche vuelven a la masa más esponjosa, debido a la caseína que es sensible al ácido y la albúmina sensibles al calor” (D’Santiago,2012).

- La caseína constituye aproximadamente el 75% de la proteína de la leche y es casi una proteína perfecta desde el punto de vista del equilibrio de aminoácidos, elevando así el valor nutricional a un alto nivel. Además, la lisina de la leche ayuda a prevenir la deficiencia de este aminoácido en la harina de trigo. Además, la leche aporta minerales y vitaminas. (Quiminet,2006)
- “Alarga la vida útil del pan, ya que retiene la humedad” (D’Santiago,2012).

#### **1.1.1.7. Levadura**

“La levadura es reconocida como un actor importante en la producción de alimentos y bebidas a través de la fermentación” (Johnson, 2013, p.503).

“Se entiende por levaduras a un grupo especial de hongos unicelulares caracterizados por su capacidad de convertir azúcares a través de mecanismos reductores u oxidativos. Se reproduce por brotación y es especialmente activa en condiciones aeróbicas” (Quiminet,2006).

“La levadura del género *Saccharomyces cerevisiae* es capaz de fermentar dióxido de carbono y azúcares productores de alcohol para la fermentación de sustancias primarias” (Quiminet,2006).

La levadura seca activa es otra variante de la levadura de pan que se utiliza cuando no se dispone de refrigeración o se requiere un período de almacenamiento continuo. Esto implica secar la levadura en un rociador de

lecho fluido o en un secador al vacío. La levadura se obtiene con un 8% de humedad y conserva su actividad biológica. (Suarez, 2016, p.22)

**Funciones:**

- “En la elaboración del pan la función de la levadura es la de generar CO<sub>2</sub>, provocando que la masa incremente su tamaño y que se forme la estructura suave y esponjosa de la miga” (Ylla, s.f).
- “A nivel de fabricación la levadura contribuye mejorando el sabor y aroma del pan” (Ylla, s,f).

**1.1.1.8. Materia grasa**

La grasa es una de las sustancias más utilizadas en la elaboración de bollería y repostería. Su uso como mejorador y conservante de la masa está avalado por numerosos estudios. (Quiminet,2006)

“os tipos de grasas que se encuentran en el pan pueden provenir de una variedad de fuentes, desde fuentes animales como la manteca de cerdo y la mantequilla hasta fuentes vegetales como los aceites y las margarinas” (Quiminet,2006).

**Funciones:**

- “Plastificante, forman una fase intersticial en las paredes de las burbujas evitando que se colapsen y mejora la palatabilidad” (Broker,

1996, p.187).

- “Extiende la vida de anaquel” (Broker, 1996, p.187).
- “Aumento del volumen de la masa y la suavidad de la miga” (Broker, 1996, p.187).
- “Los lípidos actúan como emulsionantes, ya que facilitan la emulsión, confiriéndole a esta mejor estabilidad respecto a la que se puede obtener solamente con proteínas” (Quiminet,2006).
- “Dilata el endurecimiento del pan y mejora las características de la masa” (Quiminet,2006).

## 1.2. Valor nutricional del pan de yema

El pan se considera un producto de panadería universal. Para lograr buenas propiedades físicas y organolépticas, es importante un buen desarrollo de la estructura de la masa. El gluten en la harina de trigo es de alrededor del 12%. Esto ha impulsado un esfuerzo concertado para encontrar sustitutos adecuados para el trigo y nuevas alternativas para los productos de pan donde el clima no es adecuado para el cultivo o donde el pan se hace con trigo importado. (watters, 2003, pp. 403-410).

### Tabla 2

#### Valor nutricional de pan de yema

Tamaño de porción	1 unidad
-------------------	----------

<b>Calorías</b>	165 kcal
<b>Proteína</b>	3,6 g
<b>Grasa</b>	5,7 g
<b>Colesterol</b>	49 mg
<b>Carbohidrato</b>	24,75 g
<b>Fibra</b>	0,7 g
<b>Azúcar</b>	8,08 g

---

Fuente:[https://www.fatsecret.cl/calor%C3%ADas-](https://www.fatsecret.cl/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/pan-de-yema)

[nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/pan-de-yema](https://www.fatsecret.cl/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/pan-de-yema) :18-11- 2017

### 1.2.1. Inulina

La inulina es un carbohidrato que se encuentra en muchas plantas. es el nombre de una familia de carbohidratos complejos (polisacáridos), cuyas estructuras consisten en moléculas de glucosa unidas a varias unidades de fructosa. Es un componente alimentario natural que se encuentra en más de 36.000 plantas que almacenan carbohidratos que contienen inulina. (Azar, 2010, pág. 1 1297-1309). Como prebióticos, contribuyen significativamente a la fibra dietética, al bajo contenido calórico, a reducir los niveles de azúcar en la sangre y a enriquecer la biodisponibilidad del calcio y el magnesio. Evidencia prometedora sugiere un papel en la modulación de los parámetros de lípidos, la reducción del riesgo de cáncer, la mejora de la respuesta inmune y la prevención de enfermedades intestinales. En diversos productos alimenticios, la inulina y sus derivados se utilizan como espesantes, emulsionantes, gelificantes, sustitutos de azúcar y grasas, humectantes y anticongelantes. También se utilizan como excipientes, aditivos, agentes de procesamiento o auxiliares en las industrias química, farmacéutica y de procesamiento; en la industria de alimentos para animales se considera una parte integral del empaque debido a sus propiedades de material biológicamente activo. (Madrigal, 2007, p.387).



*Figura 3. Inulina.*

#### **1.2.1.1. Características fisicoquímicas de la inulina**

“La inulina es un polvo blanco, inodoro, de sabor neutro y sin efecto residual, es un fructooligosacárido. Por lo tanto, no cambia sus propiedades físicas y organolépticas a gran escala cuando se utiliza en diferentes productos” (Madrigal, 2007, p. 389). “Los fructooligosacáridos tienen la viscosidad más baja de los fructanos en una solución acuosa al 5 % p/p a 10 °C y son una propiedad clave para la gelificación y el uso como sustituto de grasas” (Madrigal, 2007, p. 389). La inulina también mejora la estabilidad de emulsiones y espumas, por lo que se utiliza como estabilizante en diversos tipos de industria alimentaria (pan, helados, cárnicos, etc.). Se observó sinergia entre la inulina y otras sustancias mucilaginosas como la gelatina, la carragenina, la goma y la maltodextrina. En general, la inulina HP (alto rendimiento) funciona mejor que la inulina natural. (Madrigal, 2007, pp.389-390)

**Tabla 3****Características físico-químicas de la inulina**

<b>Característica</b>	<b>Inulina</b>
Gp <sub>mn</sub>	12
Materia seca (g/100g)	95
Azúcares (g/100g)	8
pH	5-7
Cenizas (g/100g)	<0,2

**Fuente:** (Madrigal & Sangronis , 2007)

**1.2.1.2. Beneficios a la salud de la inulina**

El consumo de inulina tiene beneficios para la salud que van desde su función como fibra dietética, un compuesto que tiene efectos fisiológicos como la reducción de los niveles de lípidos y glucosa en sangre, y su efecto laxante. Otro beneficio probado relacionado con el anterior es la capacidad de la inulina para modular la microbiota intestinal debido a su efecto prebiótico. Los estudios in vivo han demostrado que tan solo 4 gramos de inulina o compuestos relacionados por día pueden aumentar efectivamente la cantidad de bacterias beneficiosas en el colon. (Madrigal, 2007, p. 394)

El menor consumo calórico de inulina y sus derivados (máximo 1,5 kcal/g) está asociado a la resistencia de la flora intestinal selectiva del intestino grueso a la digestión y posterior hidrólisis y fermentación. Sólo los ácidos

grasos de cadena corta obtenidos como metabolitos de la actividad de las bacterias coliformes contribuyen al aporte energético del individuo. Se utiliza un valor calórico de 1,5 kcal/g para la información de etiquetado reglamentaria. Debido a su efecto hipoglucemiante, la inulina se recomienda para diabéticos. (Sangroni, 2007, p. 394)

El uso de inulina proporciona varios beneficios para la salud, el más importante de los cuales es la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales, osteoporosis y diabetes (Marquina, 2001, p. 26). Y cáncer de colon (Roberfroid, 2000, pp.1660-1664)

#### **1.2.1.3. Beneficios tecnológicos de la inulina en la panificación**

La inulina tiene importantes ventajas, principalmente en la industria alimenticia y farmacéutica, en formulaciones de alimentos, mejora las propiedades organolépticas, además de ser un buen sustituto de grasas sin cambiar la textura, podemos mencionar productos lácteos fermentados, confitería, chocolate, bebidas, congelados postres, cereales, barritas energéticas, productos cárnicos, productos bajos en grasas o bajos en azúcar porque aporta bajo contenido calórico, productos de frutas y jarabe de fructosa. (Continental, 2013)

La inulina puede formar parte de un ingrediente alimentario esencial o añadirse a los alimentos (alimentos funcionales) y se utiliza en la industria alimentaria como sustituto del azúcar y las grasas, a menudo para aportar

textura, estabilizar la espuma y mejorar las propiedades organolépticas (propiedades sensoriales) de los productos lácteos fermentados. productos, galletas, mermelada, pan y leche. (Laura, 2017, pág. 358)

Agregar inulina a la harina utilizada para hacer pasta puede dar como resultado un producto con buen cuerpo y firmeza, un mejor índice de valor nutricional y un índice glucémico 15% más bajo. Cabe señalar que la inulina comienza a hidrolizarse a una temperatura de 135 - 190 °C, por lo que se reduce la cantidad, por lo que se debe considerar el tratamiento térmico en este sector. La inulina también es conocida por su capacidad para estabilizar espumas y lociones en un estado hidratado, especialmente cuando se incluye al 1-5 % (Van, 1995, pp.525–552)

### **1.2.2. Reacción de Maillard**

Una reacción química primitiva que da a los alimentos un olor y sabor agradables. Durante la cocción tiene lugar una compleja serie de reacciones químicas que provocan cambios en su composición y textura que los consumidores reconocen por cambios en el color y sabor del alimento. Esta cascada culmina en la reacción de Maillard, que da como resultado un pardeamiento no enzimático. Básicamente, se describen reacciones entre aminos y grupos carbonilo, especialmente azúcares reductores. Se sabe que la reacción de Maillard ocurre durante el calentamiento, procesamiento y almacenamiento de alimentos, aunque también se ha descrito en mamíferos. (Fry, 1998, págs. 18714–18719)

“Se ve afectado por muchos factores como: reactivos, temperatura, pH, tiempo, actividad del agua y concentración de reactivos” (Fry, 1982, pp. 1631-1637). La reacción de Maillard se basa en la interacción entre azúcares reductores y aminoácidos libres o grupos amino terminales de proteínas para formar bases de Schiff, seguido de reordenamientos de Amadori para formar dicetoaminas, enolaciones y reacciones de Streck (Borelli, 2002, pp.6527-6533)

### **1.2.3. Metodología de superficie de respuesta**

Es una estrategia de experimentación y modelado continuo que permite evaluar las condiciones óptimas de operación del proceso y mejorar significativamente sus resultados en términos de costo, tiempo, eficiencia, productividad, cumplimiento de especificaciones y en definitiva mejorar su calidad. Un proyecto bien planificado y ejecutado debe reflejar sus resultados no solo en métricas de productividad y gestión de procesos, sino a mediano plazo en los informes financieros de la empresa. Las superficies de respuesta permiten a los investigadores examinar visualmente la respuesta promedio al nivel de factores de interés en regiones específicas y evaluar su sensibilidad a esos factores. La estrategia de análisis asume que la media (media) de la variable respuesta es función del nivel de cuantificación representado por los factores  $x_1, x_2, \dots, x_k$ . Los modelos polinómicos se utilizan para hacer una aproximación práctica de funciones reales o de respuesta real (funciones que "solo Dios sabe"). Los desarrollos actuales en programas de computadora (como MINITAB) permiten un análisis gráfico simple de modelos polinómicos de primer

orden (efectos lineales y de interacción) y de segundo orden (efectos lineales, cuadráticos y de interacción). (Cuesta, 2011)

Para la implementación exitosa de la metodología de Superficies de Respuesta, se aconseja tener muy en cuenta los siguientes aspectos:

1. La implementación debería estar enmarcada dentro de un proyecto de mejoramiento acorde con los objetivos estratégicos de la compañía, de tal manera que se cuente con el apoyo total en aspectos económicos y administrativos; puesto que el proyecto en sí es una inversión que en su etapa inicial demandará recursos de la compañía. (Cuesta, 2011)
2. “Se deben tener claramente cuantificados en términos de indicadores de gestión y de indicadores financieros, los beneficios que se espera obtener como resultado de la implementación” (Cuesta, 2011).
3. “Su aplicación será más efectiva en procesos con nivel de calidad  $2.8\sigma$  o superior” (Cuesta, 2011).
4. “Su aplicación requiere que tanto la característica de calidad como los factores sean de tipo cuantitativo” (Cuesta, 2011).
5. Se debe tener un alto grado de confiabilidad en los datos recolectados del proceso, se recomienda verificar previamente el comportamiento de los sistemas (instrumentos) de medición, aplicando en lo posible metodología estadística para evaluar su estabilidad y determinar el grado de incertidumbre. (Cuesta, 2011).
6. Se debe contar con amplio conocimiento técnico sobre el proceso a optimizar,

experiencia sobre sus variables de entrada, variables de salida, causas probables de variación y en general factores que pueden afectar el resultado de las salidas o características de calidad. (Cuesta, 2011)

7. “Se debe contar con conocimientos básicos en inferencia estadística, muestreo, modelos de regresión y planeamiento de experimentos; estos conocimientos previos se pueden adquirir con aproximadamente 100 horas de capacitación” (Cuesta, 2011).

En términos generales, para aplicar RSM se requiere cumplir con los siguientes pasos:

Reducción de dimensionalidad: Algunos autores lo llaman cribar, otros tamizar; pero consiste esencialmente en seleccionar de entre muchos, los factores que más significativamente afectan la característica o características de calidad que se pretenden optimizar. Si bien debe ser claro que el resultado de cada característica de calidad se produce por la interacción de miles y hasta millones de otras variables que la afectan en mayor o menor proporción; será bastante complicado y además costoso manipular muchos factores, por experiencia se conoce que al manejar información con más de cuatro factores los análisis comienzan a ser muy dispendiosos y los efectos tienden a confundirse. Entonces se puede proceder con información histórica reciente recolectada del proceso a estimar la influencia de cada uno de los factores sobre la variable de respuesta (para este procedimiento se recomienda en Análisis de Varianza – ANOVA), existe la alternativa de correr un experimento factorial; pero de ambas formas y con el concurso del conocimiento

técnico que sobre el proceso se tenga, el resultado esperado es seleccionar en lo posible de 2 a 4 factores como aquellos que con mayor probabilidad afectan significativamente la característica a optimizar. Experimento con modelo de primer orden: Una vez cumplida la etapa de reducción de dimensionalidad, se efectúa un estudio más completo y controlado de dichos factores. (Cuesta, 2011)

Los tipos de diseño más utilizados en esta etapa son:

- Diseños  $2^k$ : “el cuál indica que se estimará el efecto que sobre la característica de calidad presentan  $k$  factores, cada uno de estos probado en 2 niveles (nivel alto y nivel bajo); se probarán entonces  $2^k$  tratamientos” (Cuesta, 2011).
- Diseños fraccionados  $2^{k-p}$  : “el cuál indica que se estimará el efecto que sobre la característica de calidad presentan  $k$  factores, pero no se probarán todos los  $2^k$  posibles tratamientos, sino que el número de tratamientos se reduce a  $2^{k-p}$  , permitiendo de esta manera estimar más efectos a un menor costo” (Cuesta, 2011).
- Otros métodos alternativos son los diseños Simples y los diseños de PlacketBurman. La ecuación matemática de un modelo de primer orden con factores  $x_1$  y  $x_2$  es:  $\mu y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \xi$  donde:  
 $\mu y$  = Valor promedio de la variable de respuesta (Rendimiento).  $\beta_0$  = Valor promedio de la respuesta, en ausencia del efecto de los factores  $x_1$  y  $x_2$   
 $\beta_1$  = Razón de cambio (efecto lineal) del factor 1 sobre la respuesta promedio.  $\beta_2$  = Razón de cambio (efecto lineal) del factor 2 sobre la respuesta promedio. (Cuesta, 2011)

$\beta_{12}$  = Razón de cambio del efecto de interacción entre  $x_1$  y  $x_2$  sobre la respuesta promedio.  $\xi$  = Término de error (efectos no explicados por el modelo). El objetivo principal de esta etapa es confirmar la influencia significativa de los factores sobre la característica de calidad a optimizar, determinar la significancia de las interacciones entre dichos factores, estimar el modelo de regresión que describa el comportamiento del efecto de dichos factores y determinar en que dirección se encuentran las condiciones más probables para optimizar la característica de calidad. Para efectos de nuestro ejemplo como modelo de primer orden se corrió un diseño 2<sup>2</sup> con niveles de Tiempo de 70 y 80 minutos, y niveles de temperatura de 127,5 y 132,5 grados Celsius. corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que el factor Tiempo resulta ser significativamente influyente sobre el Rendimiento en razón a su p-value = 0,0406 (menor que el 5% de significancia); además el factor Temperatura también resulta ser significativamente influyente sobre el Rendimiento en razón a su p-value = 0,0125; no ocurre de la misma manera con el factor de interacción Tiempo-Temperatura que resulta no ser significativo en razón a su p-value = 0,1488. Además, la interpretación del  $R^2$  ajustado = 87,4431% nos indica que el modelo ajustado explica el 87,4% de la variabilidad del rendimiento, lo que en pocas palabras significa un buen ajuste y que se va por buen camino hacia la optimización. Se recomienda que el  $R^2$  ajustado sea de al menos 75% para

considerar la posibilidad de continuar la metodología, de no ser así es muy probable que el procedimiento nos lleve por un camino errado que hará desperdiciar recursos. (Cuesta, 2011)

Adicionalmente, para completar la validez estadística tanto de modelos de primer como de segundo orden, se deben efectuar las respectivas pruebas a los residuos del modelo, tales como:

- “Prueba de normalidad: aquí se recomienda efectuar prueba de KolmogorovSmirnov, o prueba de Shapiro-Wilks, o prueba de Anderson-Darling” (Cuesta, 2011).
- “Prueba de Independencia: aquí se recomienda efectuar prueba de DurbinWatson” (Cuesta, 2011).
- Prueba de Homoscedasticidad: Aquí se recomienda formar grupos de 4 o 5 residuos consecutivos, para cada grupo calcular promedio y varianza, y posteriormente validar la relación lineal entre promedios de residuos y varianzas de residuos; si se encuentra una relación lineal significativa habrá indicio de Heteroscedasticidad, es decir, que no se estará cumpliendo el supuesto y habrá que revisar y corregir el modelo. (Cuesta, 2011)

#### **1.2.4. Técnicas o procedimientos experimentales**

Formulaciones o tratamientos: se elaboraron siete formulaciones, incluyendo el control, siendo este una formulación con harina de trigo. Para los otros tratamientos se modificó la fórmula control, reemplazando parcialmente la mantequilla con diferentes porcentajes de gel de inulina.

**Tabla 4****Formula del pan control**

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso por gramo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina	145	50.00
Azúcar	23	7.93
Mantequilla	30	10.34
Huevo	50	17.24
Semilla de anís	3	1.03
Agua tibia	15	5.175
Levadura	6	2.07
Sal	3	1.03
Leche	15	5.175
Total	290	100.00

Fuente: Elaboración propia

### 1.2.4.1. Formulación Gel de inulina 1: agua 1

1.2.4.1.1. Relación Gel de inulina: 8% y Mantequilla: 0%

**Tabla 5**  
**Formulación 1 con código 625**

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso por gramo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina	61.7	50.70
Azúcar	7.7	6.33
Gel de Inulina	10	8.22
Mantequilla	0	0
Huevo	23.3	19.15
Semilla de anís	1	0.82
Agua tibia	10	8.22
Leche	5	4.11
Levadura	2	1.63
Sal	1	0.82
Total	121.7	100.00

Fuente: Elaboración propia

1.2.4.1.2. Relación Gel de inulina: 6% y Mantequilla: 2%

**Tabla 6**  
**Formulación 3 con código 212**

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso por gramo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina	61.7	50.70
Azúcar	7.7	6.33
Gel de Inulina	7.4	6.08
Mantequilla	2.6	2.14
Huevo	23.3	19.15
Semilla de anís	1	0.82
Agua tibia	10	8.22
Leche	5	4.11
Levadura	2	1.63
Sal	1	0.82
Total	121.7	100.00

Fuente: Elaboración propia

1.2.4.1.3. Relación Gel de inulina: 4% y Mantequilla: 4%

**Tabla 7**  
**Formulación 5 con código 367**

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso por gramo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina	61.7	50.70
Azúcar	7.7	6.33
Gel de Inulina	5	4.11
Mantequilla	5	4.11
Huevo	23.3	19.15
Semilla de anís	1	0.82
Agua tibia	10	8.22
Leche	5	4.11
Levadura	2	1.63
Sal	1	0.82
Total	121.7	100.00

Fuente: Elaboración propia

#### 1.2.4.2. Formulación Gel de inulina 1: agua 2

1.2.4.2.1. Relación Gel de inulina: 8% y Mantequilla: 0%

**Tabla 8**  
**Formulación 2 con código 378**

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso por gramo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina	61.7	50.70
Azúcar	7.7	6.33
Gel de Inulina	10	8.22
Mantequilla	0	0
Huevo	23.3	19.15
Anis	1	0.82
Agua tibia	10	8.22
Leche	5	4.11
Levadura	2	1.63
Sal	1	0.82
Total	121.7	100.00

Fuente: Elaboración propia

1.2.4.2.2. Relación Gel de inulina: 6% y Mantequilla: 2%

**Tabla 9**  
**Formulación 4 con código 684**

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso por gramo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina	61.7	50.70
Azúcar	7.7	6.33
Gel de Inulina	7.4	6.08
Mantequilla	2.6	2.14
Huevo	23.3	19.15
Anis	1	0.82
Agua tibia	10	8.22
Leche	5	4.11
Levadura	2	1.63
Sal	1	0.82
Total	121.7	100.00

Fuente: Elaboración propia

1.2.4.2.3. Relación Gel de inulina: 8% y Mantequilla: 0%

**Tabla 10**  
**Formulación 6 con código 251**

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso por gramo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina	61.7	50.70
Azúcar	7.7	6.33
Gel de Inulina	5	4.11
Mantequilla	5	4.11
Huevo	23.3	19.15
Anis	1	0.82
Agua tibia	10	8.22
Leche	5	4.11
Levadura	2	1.63
Sal	1	0.82
Total	121.7	100.00

Fuente: Elaboración propia

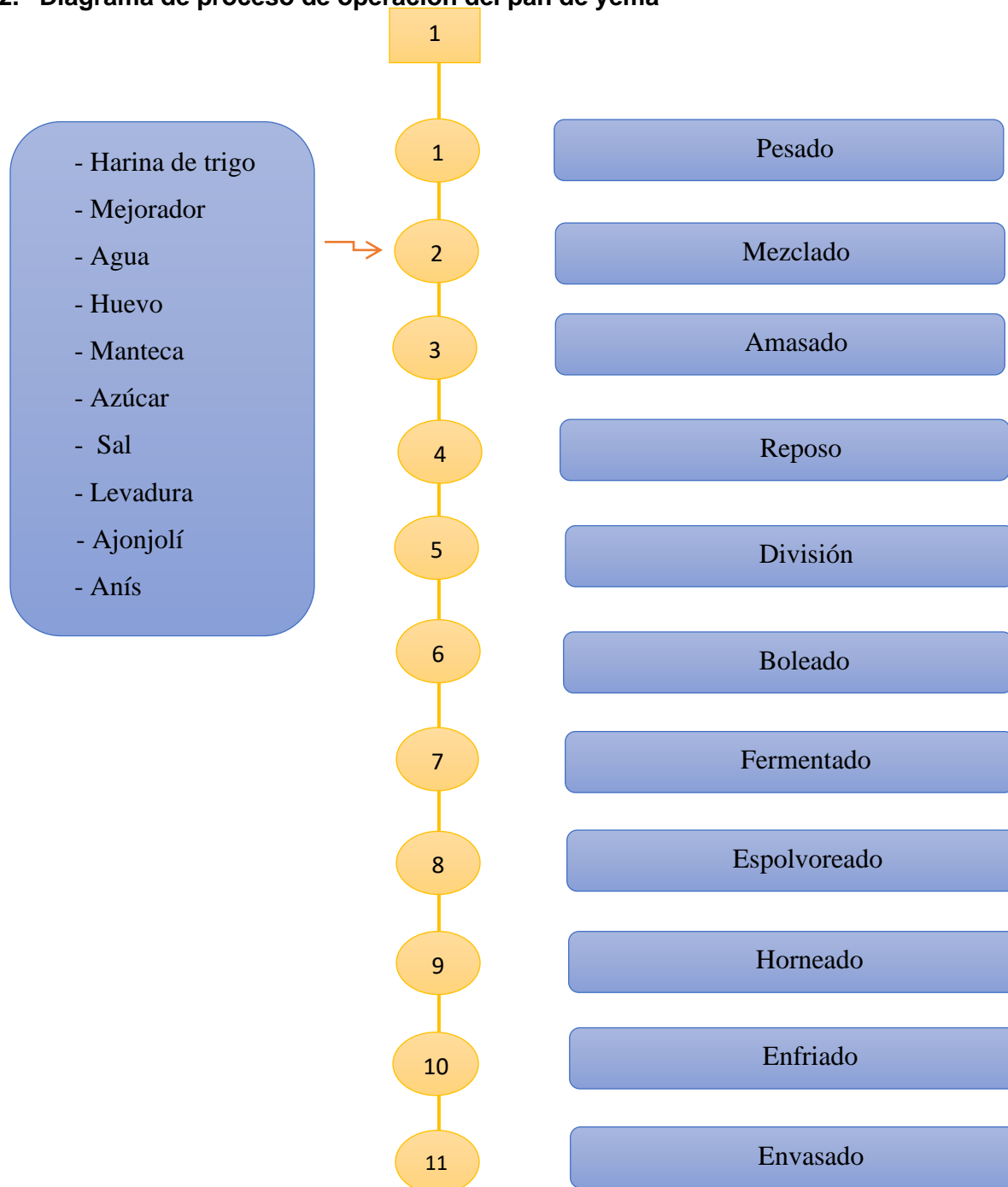
**Tabla 11****Resumen de relación gel de inulina y agua**

RELACION	GEL DE INULINA 1: AGUA 1			GEL DE INULINA 1: AGUA 2		
	F1	F3	F5	F2	F4	F6
GEL INULINA	<b>8%</b>	<b>6%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>6%</b>	<b>4%</b>
MANTEQUILLA	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>

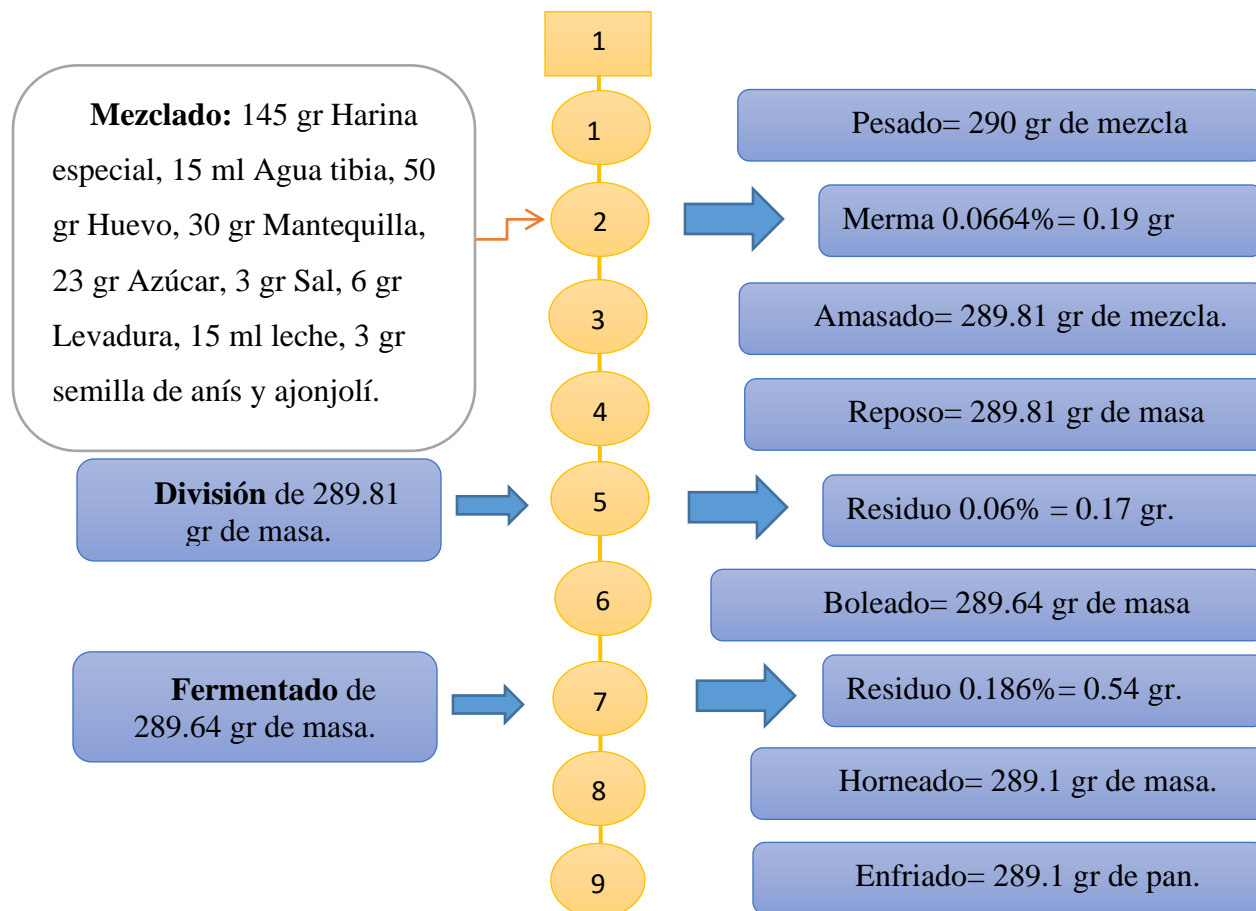
Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO II: La producción del pan de yema

### 2. Diagrama de proceso de operación del pan de yema



## 2.1. Balance de materia de la elaboración del pan de yema (Pan control)



## 2.2. Rendimiento de elaboración del pan de Yema (sin adición de inulina)

$$R = (vf/vi) * 100\%$$

vf= valor final.

$$R = (289.1/290) * 100\%$$

vi=valor inicial.

$$R=99.69\%$$

R= rendimiento.

## 2.3. Descripción del diagrama de proceso de operación del pan de yema

### 2.3.1. Inspección de la materia prima

En este proceso se inspecciono que la materia prima esté libre de contaminantes, no haya expirado su fecha de caducidad y las cantidades requeridas para la elaboración del pan de yema.

Las materias primas utilizadas son:

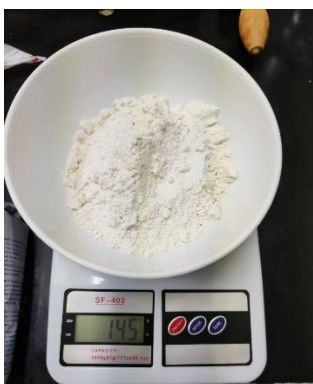
- Harina de trigo, Inulina, Agua dura, Azucar, Sal, Leche, Huevo, Levadura, Anis y Ajonjoli.



Figura 4. Ingredientes del pan de yema

### 2.3.2. Pesado

Se realizó el pesado con la ayuda de la balanza analítica electrónica de los ingredientes: 145gr de harina de trigo, 23gr de azúcar, 30 gr de mantequilla, 50gr de huevo, 3gr de anís, 15 ml de agua, 15 ml de leche, 6 gr de levadura y 3 gr de sal.



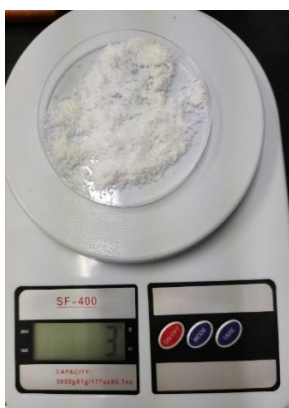
*Figura 5.* Harina de trigo



*Figura 6.* Azúcar



*Figura 7.* Mantequilla



*Figura 8.* sal



*Figura 9.* Semilla de Anís



*Figura 10.* Agua hervida

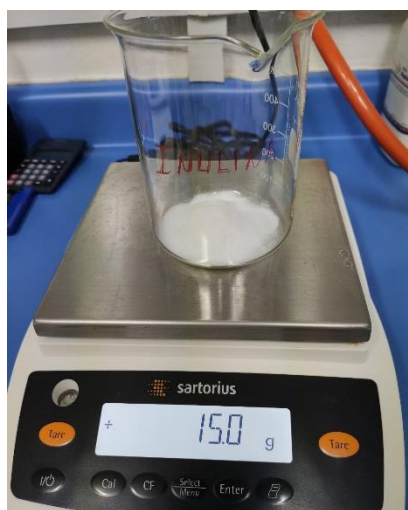


*Figura 11. Huevo*

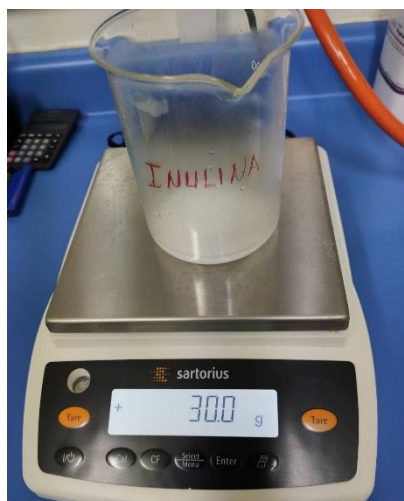


*Figura 12. Levadura*

También se pesó la proporción para (inulina 1: agua 1) de 15gr de inulina y 15 gr de agua y para (inulina 1: agua 2) de 15 gr de inulina y 30 gr de agua.



*Figura 13. pesado de inulina (inulina 1: agua 1)*



*Figura 14.* pesado de inulina (inulina 1: agua 2)

### **2.3.3. Mezclado**

Primero se mezcló la leche con el agua tibia, la mitad se disolvió en levadura y la otra mitad de se mezcló con 5gr de harina de trigo calentándolo levemente en la cocina, luego se añadió con los siguientes ingredientes en la batidora a primera velocidad: harina de trigo, sal, azúcar, y huevo por 2 minutos y después a segunda velocidad: mantequilla y anís.



*Figura 15.* Mezclado de ingredientes secos



Figura 16. Mezclado de ingredientes secos y líquidos

Se preparo una mezcla con gel de inulina (1 inulina:1 agua) de acuerdo a los pesos establecidos en las tablas 5,6,7 y otra mezcla con gel de inulina (1 inulina;2 agua) en las tablas 8,9,10.

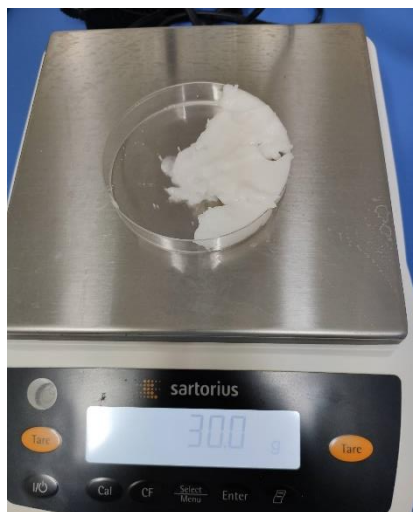


Figura 17. Mezcla de inulina (1 inulina:1 agua)

#### 2.3.4. Amasado

En esta operación la mezcla inelástica es amasado en la batidora por 5 minutos formando así una masa elástica.



*Figura 18.* Amasado con inulina (1 inulina:2 agua)

#### 2.3.5. Reposo

Al obtener la masa se dejó reposar 45 minutos a temperatura ambiente.



*Figura 19.* Masa en reposo inicial



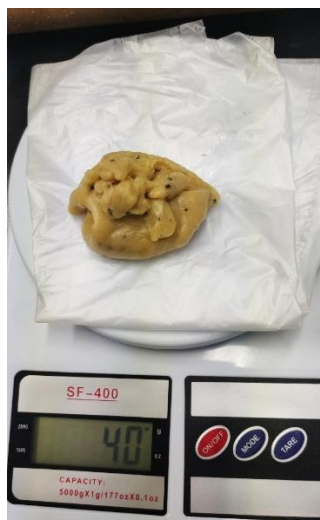
*Figura 20.* Masa a los 25 minutos de reposo



*Figura 21.* Masa a los 45 minutos de reposo

### 2.3.6. División

Se peso las piezas de 40 gr



*Figura 22.* División de masa

### 2.3.7. Boleado

Se boleó cada pieza y se dejó reposar en la placa por 5 minutos a temperatura ambiente, luego con la palma de la mano se bajó las piezas aplastándolas.



*Figura 23.* Boleado de masa (control)



*Figura 24.* Boleado de masa (inulina 1: 2 agua)



*Figura 25.* Boleado de masa (inulina 1: 1 agua)

### **2.3.8. Fermentado**

Se dejó fermentar durante 25 minutos en la placa a temperatura ambiente.



*Figura 26.* Fermentado de masa

### 2.3.9. Horneado

Luego del fermentado se hizo un corte fino transversal, se espolvoreo ajonjolí y se procedió al horneado en un horno precalentado a 160 °C por un tiempo de 32 minutos, es ahí donde se logran inactivar las levaduras que da el volumen, color y corteza característico de un pan.



*Figura 27.* Horneado de masa (control)



*Figura 28.* A los 5 minutos de Horneado de masa (control)



*Figura 29.* A los 20 minutos de horneado de masa (control)



*Figura 30.* A los 32 minutos de Horneado de masa (control)

### **2.3.10. Enfriado**

Una vez que el pan sale del horno se enfría a temperatura ambiente por un tiempo de 90 a 120 minutos para lograr ser manipulados sin dificultad.



*Figura 31.* Enfriado en los 32 minutos de horneado (control)



*Figura 32.* Enfriado después de 28 minutos horneado (1 inulina:2 agua)



*Figura 33.* Enfriado después de 26 minutos horneado (1 inulina:1 agua)

## CONCLUSION

El porcentaje óptimo de gel de inulina en la elaboración de pan de yema es de 8% con la formulación (1 inulina:2 agua) para el gel de inulina.

Los parámetros de procesamiento en las formulaciones del pan de yema son: temperatura de leudado= 23 °C, tiempo de leudado= 25 minutos, temperatura de cocción=160°C y tiempo de horneado= 28minutos.

Según la respuesta optima de la caracterización sensorial para apariencia, sabor y textura el puntaje fue de 0 para mantequilla y 2 para gel de inulina.

En La actividad de agua de la corteza del pan de yema con la incorporación de la inulina en la formulación se obtuvo que la actividad de agua a distintos % de humedad relativa la muestra óptima presenta mayor absorción de humedad.

El contenido de humedad de la corteza del pan de yema con la incorporación de la inulina en la formulación no tuvo mucha significancia en el proceso de realización del pan de yema, lo que permite mantener la humedad y frescura.

## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar la inulina no solamente para el pan de yema sino para otros tipos de panes para mejorar el color de la corteza (reacción de Maillard).
- Aplicar en las industrias panaderas para disminuir tiempo y temperatura en otros tipos de panes.
- Desarrollar alimentos de consumo diario con adición de inulina (prebióticos) para mejorar la salud de las personas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Artes blancas (2010). La inulina podría acelerar el tiempo de cocción del pan. Recuperado de:

<http://www.artesblancas.com/la-inulina-podria-acelerar-el-tiempo-de-coccion-del-pan/>

Azza, A. (2010), "Physico-chemical properties of inulin produced from Jerusalem artichoke tubers on bench and pilot plant scale". *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 5(5), pp. 1297-1309. Recuperado de:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113219044>

Boga, O., & Magallanes, N. (2014), Influencia de la inulina (inula helenium) en el contenido de agua de un bizcocho. Universidad nacional san Luis Gonzaga de ica, ica, Perú.

Borrelli, R., Visconti, A., Mennella, C., Anese, M., & Fogliano, V. (2002). Chemical

Characterization and Antioxidant Properties of Coffee Melanoidins. *Journal of*

*Agricultural and Food Chemistry*, vol.50 (22), pp. 6527–6533. Doi:10.1021/jf025686o

Brooker, B. (1996). The Role of Fat in the Stabilisation of Gas Cells in Bread Dough. *Journal of*

*Cereal Science*, vol.24(3), pp. 187–198. Doi:10.1006/jcrs.1996.0052

Carpita, N. (1989), "Linkage structure of fructans and fructan oligomers from *Triticum*

*aestivum* and *Festuca arundinacea* leaves". *Journal Plant Physiol*, vol. 134, pp. 162-168.

Doi: 10.1016/S0176-1617(89)80050-1

Clavel, R. (2001); El sabor del pan, Molinería y Panadería. Recuperado de:

<http://www.molineriaypanaderia.com/técnica>

Corchón, L. (s.f). los glúcidos. Asturnatura. Recuperado de:

<https://www.asturnatura.com/articulos/glucidos/>

Creative Signatures(2015). La fuerza de las harinas: Definición y clasificación. Recuperado de:

<http://www.creativesignatures.com/blog/la-fuerza-de-las-harinas/>

Cuesta, C. (2011). Metodología de Superficies de Respuesta, gran alternativa para incrementar la productividad de sus procesos. *Centro de ingeniería de calidad*. Recuperado de:

<http://www.cicalidad.com/articulos/RSM.pdf>

D'Santiago, E.(2012). Los Ingredientes en el Pan (Leche y Productos Lácteos). LaChefPanadera.

Recuperado de: <http://lacheffpanadera.blogspot.com/2012/10/los-ingredientes-en-el-pan-leche-y.html>

Eurofins, A. (2013). Carbohydrates testing. Dietary fibers. *Eurofins*, Recuperado de:

<https://www.eurofins.com/food-and-feed-testing/food-testing-services/carbohydrates/routine-carbohydrate-testing/>

Figuroa, J., Chi, E., Cervantes, R., & Domínguez, I. (2006). Alimentos funcionales para cerdos al destete. *Vet. Méx.*, 37(1), pp. 117-136. Recuperado de:

[http://www.adiveter.com/ftp\\_public/Alimentos%20funcionales%20para%20cerdos%20al%20destete.pdf](http://www.adiveter.com/ftp_public/Alimentos%20funcionales%20para%20cerdos%20al%20destete.pdf)

Frye E., Degenhardt T., Thorpe S., & Baynes J. (1998). Role of the Maillard reaction in aging of tissue proteins: advanced glycation end product-dependent increased in imidazolium cross-link in human lens proteins. *J Biol Chem*; (273), pp. 18714-18719.

Doi: 10.1074/jbc.273.30.18714

- Fry, L., & Stegink, L. (1982). Formation of Maillard Reaction Products in Parenteral Alimentation Solutions. *The Journal of Nutrition*, vol.112(8), pp. 1631–1637.  
Doi:10.1093/jn/112.8.1631
- Hein G., Storey M., White J., & Lineback D. (2005). Highs and Lows of High fructose corn syrup. A Report from the Center for Food and Nutrition Policy and Its Ceres Workshop. *Nutrition Today*, vol 40(6), pp.253- 256. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/232202859\\_Highs\\_and\\_Lows\\_of\\_High\\_Fructose\\_Corn\\_Syrup\\_A\\_Report\\_From\\_the\\_Center\\_for\\_Food\\_and\\_Nutrition\\_Policy\\_and\\_Its\\_CeresR\\_Workshop](https://www.researchgate.net/publication/232202859_Highs_and_Lows_of_High_Fructose_Corn_Syrup_A_Report_From_the_Center_for_Food_and_Nutrition_Policy_and_Its_CeresR_Workshop)
- Johnson, E.(2013). Biotechnology of non-Saccharomyces yeasts-the basidiomycetes. *Appl Microbiol Biotechnol*. Vol. 97(17), 503-517. Doi: 10.1007/s00253-013-5046-z
- Lara,F. I., Lara, G., Caridad, J., Pérez,M., & Benítez,C. (2017), Avances en la producción de inulina., *tecnología química*, vol.37(2), pp. 352-366. Recuperado de:  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v37n2/rtq16217.pdf>
- Ludvigsson, J., Leffer, J., Biagi, A., Green, M., Hadjivassiliou, K. Kaukinen, C.P. Kelly, J.N. Leonard, K., Lundin, J., Murray, D., Sanders, M., Walker, F., Zingone, C., & Ciacci (2013). The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*, Vol.62(1), pp. 43-52.  
Doi: 10.1136/gutjnl-2011-301346
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007), "La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos Funcionales, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, *Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, vol. 57(4), pp. 387-394. Recuperado de:  
<http://www.piaschile.cl/wp-content/uploads/2015/04/La-inulina-y-derivados-como-ingredientes-claves-en-alimentos-funcionales.pdf>

Marquina, D. (2001), Probióticos, prebióticos y salud. *Actualidad sem.*, p.26. Recuperado de:  
[http://crinoidea.semicrobiologia.org/pdf/actualidad/SEM32\\_24.pdf](http://crinoidea.semicrobiologia.org/pdf/actualidad/SEM32_24.pdf)

Mesas, J., & Alegre, M. (2002). EL PAN Y SU PROCESO DE ELABORACIÓN. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, Vol. 3(5), pp. 307-313. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72430508>

Muñoz, R. (sin fecha). Pan de yema. *Larousse*. Recuperado de:  
<https://laroussecocina.mx/palabra/pan-de-yema/>

Oxford (s.f). levadura. Léxico. Recuperado de: <https://www.lexico.com/es/definicion/levadura>

Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Fillonneau, C., Le-Bail, A., & Prost, C. (2010), Influence of inulin on bread: Kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking. *Food Chem*, Vol. 119(4), pp.:1474-1484. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.09.029

QuimiNet (2006). Composición de pan. Recuperado de:  
<https://www.quiminet.com/articulos/composicion-del-pan-2561062.htm>

Quitral, V., Reyes, M., Albornoz, D., & Pinheiro, A. (2015). Efecto del contenido de sal en la calidad sensorial de pan. *Revista Chilena de Nutrición*, vol. 42(3), pp. 291–296.  
DOI:10.4067/s0717-75182015000300010

Roberfroid, M. (2000), Concepts and strategy of functional food science: The European perspective. *Am. J. Clin Nutr*, vol. 71(6), pp.1660-1664. Doi: 10.1093/ajcn/71.6.1660S

Rodríguez-García, Ana Puig, Ana Salvador & Isabel Hernando(2012), Optimization of a Sponge Cake Formulation with Inulin as Fat Replacer: Structure, Physicochemical, and Sensory Properties. *Journal of Food Science*. Vol. 77, (2), pp.189–197.

Saldaña, E. (s.f). reacción de maillard. Cocina científica. Recuperado de:  
<https://sites.google.com/site/cocina4ingenieros/ciencia-y-tecnologia/conceptos-basicos/Alimentacion/reaccion-de-maillard>

Sciarini, L., Steffolani, M., & León, A. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan, *Agriscientia*, Vol. 33 (2), p.62-64.  
Recuperado de: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1668-298X2016000200001&lang=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2016000200001&lang=es)

Shin, D., Kim, W., & Kim, Y. (2013). Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry*, Vol.141(1), p.517.  
DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.03.005

Suárez, C., Garrido, N., & Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *Revisión bibliográfica ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 50(1), pp. 20-28. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>

Taormina, P. (2010). Implications of Salt and Sodium Reduction on Microbial Food Safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 50(3), pp.209-227.  
DOI:10.1080/10408391003626207

Tejero, F. (s.f). la sal en panificación. Asesoría técnica en panificación. Recuperado de:

<http://www.franciscotejero.com/tecnicas/la-sal-en-panificacion/>

Van I., J. (1995), "On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet". *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, Vol., (35), p. 525–552.

Valenzuela, B., & Sanhueza, C. (2008), estructuración de lípidos y sustitutos de grasas, ¿lípidos del futuro?, *Rev. Chil Nutr. Vol. 35(4)*, pp.394-405. DOI: 10.4067/S0717-75182008000500001

Valenzuela, R., Ana María Ronco M., (2007), Acrilamida en los alimentos, *Rev. Chil. Nutr. Vol. 34(1)*, pp.8-16. Doi: 10.4067/S0717-75182007000100001

Villalón, C. (2012). El agua: teoría del pan. Missmigas. Recuperado de:

<https://www.missmigas.com/2012/08/teoria-del-pan-el-agua.html>

Wang, J., Rosell, C., & Benedito, C. (2002), Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chem.*, Vol 79(2), pp.221-226. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00135-8

Watters, K.H; Quedraogo, J.B; Resurrección, A.V; Hung, Y.C. & Phillips, (2003), R.D. Physical and sensory characteristics of sugar cookies containing mixture of wheat, fonio (*Digitaria elixis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. *J. Food Science Technol*, (38), 403-410.

Ylla (s.f). La levadura, Función y propiedades. Recuperado de:

<http://www.ylla1878.com/es/2017/07/la-levadura-funcion-y-propiedades/>

## ANEXOS

## Anexo 1. Ficha técnica de la inulina

Nutrición y Biotecnología para la Salud

GRANOTEC

## FICHA TECNICA

## Bioactiva FOS

**DESCRIPCIÓN:** Fibra Prebiótica. (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>**ESPECIFICACIONES:** Físico Químicas

Apariencia	Polvo higroscópico
Color	Bianco a crema*
Humedad	Máx. 5%
Cenizas	Máx. 0.5%
Carbohidratos totales	Min. 99.5%
Inulina/FOS	90% +/-3%
Libre de azúcar (Sucrosa, Glucosa y Fructosa)	Máx. 10 %

**Microbiología**

Mohos y Levaduras	Máx. 20 ufc/g
Recuento Total	Máx. 1000 ufc/g
Salmonella	Ausente/25g

(\*) El color puede variar de batch a batch

**APLICACIÓN:** En la Industria de alimentos en general como fuente de fibra soluble y/o prebióticos.**DOSIFICACION:** Según aplicación.**ENVASE:** Doble bolsa de polietileno grueso conteniendo 25 Kg de producto.**DURACIÓN:** 24 meses desde fecha de fabricación, en empaques originales sin abrir, almacenados en lugares frescos y secos.

UV 1404

1. Granotec Perú garantiza la calidad de sus productos en el cumplimiento de las especificaciones indicadas en sus fichas técnicas.
2. Cualquier información aquí contenida, y/o proporcionada por Granotec Perú, son sugerencias realizadas en base a pruebas de laboratorio y a la experiencia de Granotec Perú. En ningún caso estas informaciones reemplazan la necesidad del cliente de realizar sus propias pruebas para evaluar resultados y hacer los ajustes que garanticen las características deseadas en su producto final antes de cualquier aplicación comercial industrial.
3. El cliente es el responsable del adecuado almacenamiento, manipulación, dosificación, uso, aplicación, proceso productivo, etc. de los productos adquiridos, por lo tanto Granotec Perú no puede ser responsable del cumplimiento de las especificaciones en un producto final del cliente.



Granotec Perú S.A.  
Av. Los Ingenieros No. 112  
Urb. Santa Raquel II Etapa, Lima 5

Tel.: +51 (0) 543-7788  
[www.granotec.com](http://www.granotec.com)

Transferencia  
Tecnológica  
Capacitación

Innovación  
Investigación  
y Desarrollo

Nutrientes e  
Ingredientes  
Productos

Garantía  
Calidad y  
Compromiso



## Anexo 2. Formato de aceptabilidad

NOMBRES: \_\_\_\_\_

CÓDIGO:

APELLIDO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

EDAD: \_\_\_\_\_ SEXO: (M) (F)

HORA: \_\_\_\_\_

**POR FAVOR, DEGUSTE EL PAN QUE SE LE OFRECE, Y MARQUE CON UN ASPA "X" SOBRE LA LÍNEA SEGÚN SU APRECIACIÓN EN CUANTO A:**



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**GRACIAS POR TU COLABORACIÓN**

### Anexo 3. Comparación de corteza y miga de pan de diferentes formulaciones



#### Comparación de las cortezas de pan de yema



#### Muestras F2,F4,F6 de corteza de pan de yema con relación 1:2 inulina



#### Muestras F1,F3,F5 de corteza de pan de yema con relación 1:1 inulina

### Miga de pan



Muestras F5,F3,F1 de miga pan de yema con relación 1:1 inulina



Muestras F6,F4,F2 de miga pan de yema con relación 1:2 inulina

**Anexo 4. Prueba sensorial realizada con los alumnos de la facultad de ingeniera pesquera y de alimentos**



## Anexo 5. Análisis químico de la muestra control y optima del pan de yema

**MICROBAC** Laboratorio EIRL  
**Consultoría y Servicio de Análisis Microbiológico de Alimentos y Aguas Industriales**

**INFORME DE ENSAYO No. 0016 - 009 / 019 LAB**


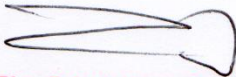
Solicitante: JEAN CARLOS PAQUIYURI QUISPE  
Dirección: Pisco - Ica

**DESCRIPCIÓN**

Muestra(s): **FORMULACION PAN CONTROL**  
Cantidad, tipo de envases: DOS (02) x 100 g  
Fecha de recepción: 21 - 09 - 2019  
Resultados: 27 - 09 - 2019

**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ENSAYO QUIMICO**  
(Composición por 100 g de porción comestible)

Muestra(s)	Proteínas (g)	Carbohidratos (g)	Grasas (g)	Humedad (g)	Calorías (Kcal)
PAN FORMULA CONTROL	11,56	70,1	22,3	27,0	527,3
PAN FORMULA OPTIMO	13,2	68,9	7,5	25,0	297,0


  
**Blgo. Roberto Vargas Quintana**  
**Col. Biol. del Perú No. 1910**

Residencial Las Palmeras E -18 San Andrés - Pisco robertvq@hotmail.com  
Celular 958 579230

## Anexo 6. Análisis microbiológico de la muestra control y optima del pan de yema

**MICROBAC** Laboratorio EIRL  
**Consultoría y Servicio de Análisis Microbiológico de Alimentos y Aguas Industriales**

**INFORME DE ENSAYO No. 0017 - 009 / 019 LAB**

Solicitante: JEAN CARLOS PAQUIYAURI QUISPE  
Dirección: Pisco - Ica

**DESCRIPCIÓN**


Muestra(s): FORMULACION CONTROL Y OPTIMA DE PAN  
Cantidad, tipo de envases: DOS (02) x 100 g.  
Fecha de recepción: 21 - 09 - 2019  
Resultados: 27 - 09 - 2019

**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO**

Muestra(s) PAN	Aerobios mesofilos Ufc/g	Escherichia coli Ufc /g	Mohos y Levaduras Ufc/g
Formulación control	940	0	< 10
Formulación Optima	850	0	< 10

Referencia  
Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano NTS No. 071 - MINSA / DIGESA - V.01 - 2010

Aerobios mesofilos < 10,000 ufc/g  
Escherichia coli < 10 ufc / g  
Mohos y Levaduras < 1000 ufc / g

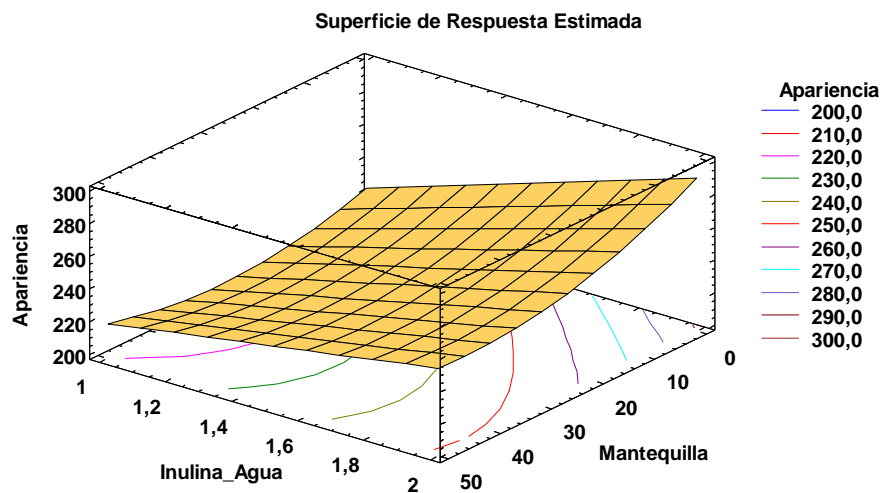
 **microBAC**  
**Bigo. Roberto Vargas Quintana**  
**Col. Biol. del Perú No. 1910**

Residencial Las Palmeras E -18 San Andrés - Pisco  
Celular 958 579230

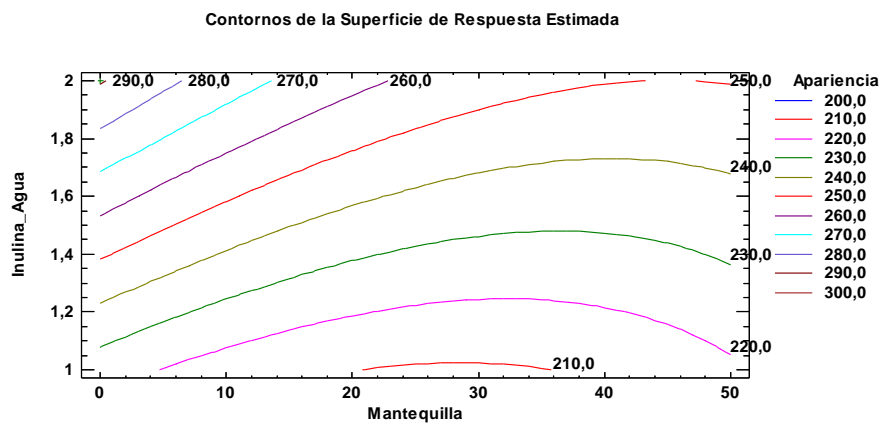
robertvq@hotmail.com

## Anexo 7. Graficas de superficies de respuesta en cuanto a apariencia, textura y sabor.

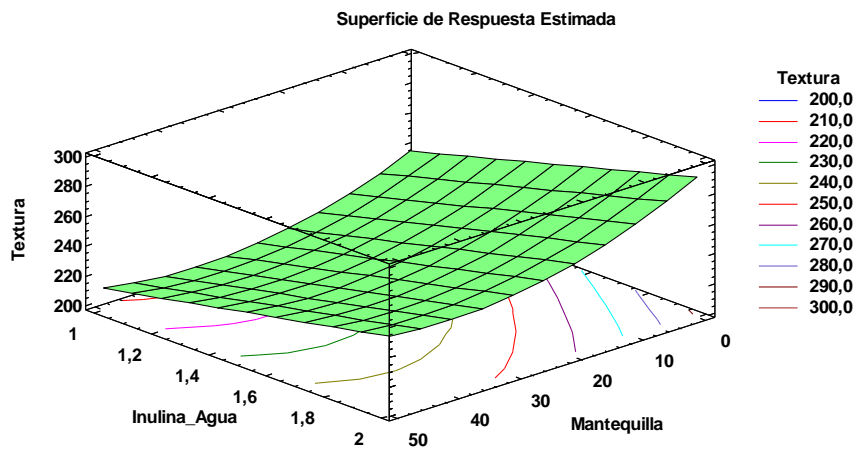
### a. APARIENCIA



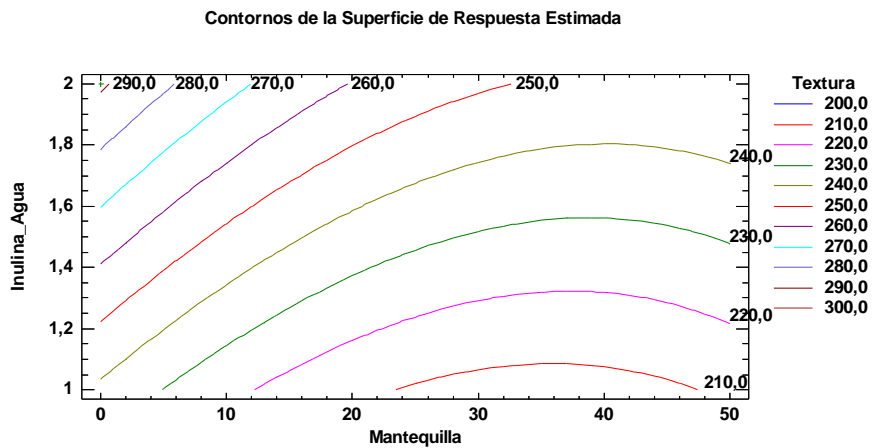
Superficie de respuesta estimada para la Apariencia



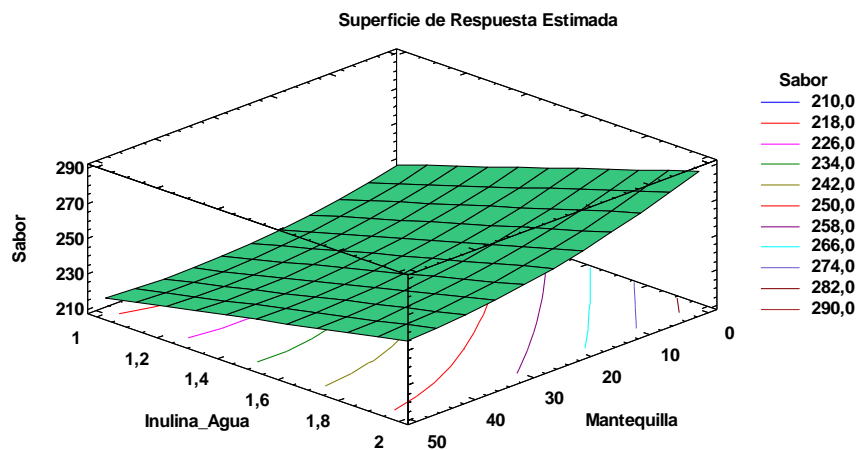
## b. TEXTURA



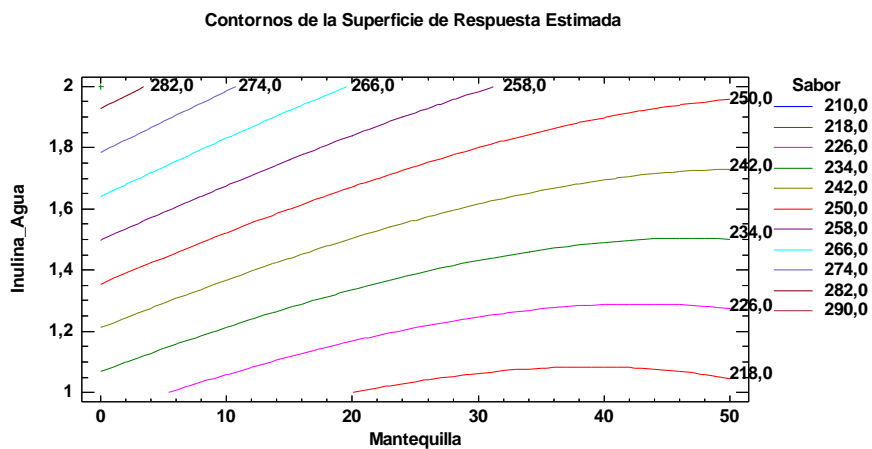
Superficie de respuesta estimada para la Textura



## c. SABOR



Superficie de respuesta estimada para el Sabor



d. Global

