

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**OBTENCIÓN DE HARINA DE PAPA
(VARIEDAD MARCELA OJOSA)
MEDIANTE EL SECADO POR AIRE CALIENTE**

Por:

ANA GABRIELA SALAZAR SALAZAR

**Proyecto Investigación aplicada presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como
requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería
Química.**

8 de marzo de 2016

TARIJA-BOLIVIA

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre Gaby Salazar Bellido que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga, dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión. “Mami sin ti no se qué sería de mi, gracias por tus enseñanzas y por guiarme siempre por el camino del bien, Eres lo más valioso en mi vida, gracias por traerme al mundo”

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme una hermosa familia que me apoya en todo momento y que no necesito nombrar porque tanto ellos como yo lo sabemos, se los agradezco desde lo más profundo de mi corazón.

A mi segunda mamá Encarnación
Bellido quien está en el cielo, y en
todo el tiempo de haberla tenido a

mi lado se esmeró con su buen ejemplo y grandioso amor.

A todo el personal del CEANID por su ayuda desinteresada, de igual forma a mi hermana y tutor del presente trabajo Ing. Claudia

Salazar Bellido por la colaboración, paciencia y apoyo brindado.

Finalmente a una persona muy especial que no necesito nombrar porque él sabe el lugar que ocupa en mi vida. Gracias por tu paciencia, comprensión y amor, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir mi meta.

Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado.

PENSAMIENTO

Es mejor ser osadamente decidido y correr el riesgo de equivocarse que sopesar mil veces las cosas y tomar la mejor dedición demasiado tarde.

INDICE

	Página
ADVERTENCIA.....	
..... i	
DEDICATORIA.....	
..... ii	
AGRADECIMIENTO.....	
..... iii	
PENSAMIENTO.....	
.....viii	
RESUMEN.....	
.....iv	

INTRODUCCIÓN

SIMBOLOGÍA.....	1
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS.....	6
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
JUSTIFICACIÓN.....	7

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1 MARCO TEÓRICO.....	8
1.1 GENERALIDADES SOBRE CULTIVO DE PAPA.....	8
1.2 COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE LA PAPA COMÚN.....	9
1.3 COMPONENTES NUTRITIVOS.....	10
1.4 COMPONENTES NO NUTRITIVOS.....	12
1.5 PROCESAMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE LA PAPA.....	12
1.6 LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA PAPA Y SU FORMA DE CONSUMO.....	13
1.7 HARINAS.....	15
1.7.1 CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS.....	15
1.8 DESCRIPCIÓN DE LA HARINA DE PAPA.....	16

1.9 PROPIEDADES DE LA HARINA DE PAPA	17
1.10 USOS DE LA HARINA DE PAPA.....	17
1.11. METODOS PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE PAPA	17
1.12. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	20
1.13 MÉTODOS ESTADÍSTICOS EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS	23

CAPITULO II PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL	26
2.1. INTRODUCCIÓN	26
2.2. MATERIA PRIMA Y REACTIVOS.....	26
2.3. DISEÑO FACTORIAL.....	26
2.4. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE PAPA POR SECADO CON AIRE CALIENTE	27
2.4.1 RECEPCIÓN DE LA PAPA.....	28
2.4.2. ESCALDADO	28
2.4.3 CORTADO	28
2.4.4 INMERSION EN LA SOLUCION DE NAHSO_3	28
2.4.5 SECADO.....	28
2.4.6 MOLIENDA	29
2.4.7 TAMIZADO	29
2.4.8 ENVASADO.....	29
2.4.9 DETERMINACION DE LA VIDA EN ANAQUEL DE LA HARINA DE PAPA	29

CAPITULO III BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

3.1 BALANCE DE MATERIA	31
3.2 BALANCE DE ENERGIA	38

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSION	42
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	42
4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	42
4.1.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA ..	43
4.2 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL PROCESO DE SECADO.....	44
4.3 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DEL DISEÑO FACTORIAL.....	50
4.4 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE TAMIZADO Y SELECCIÓN	52

4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO OBTENIDO	53
4.6 VIDA ANAQUEL	56
4.7 PREDICCIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL.....	58

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	59
5.2 RECOMENDACIONES	60

FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de harina de papa a partir de papa precocida	18
Figura 1.2: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de harina de papa a partir de papa cruda.....	19
Figura 1.3 : Evaluación de las respuestas sensoriales de manera discriminativa, descriptiva y afectiva.....	22
Figura 2-1 Diagrama de flujo para la elaboración de harina de papa	27
Figura 4-1: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca E_1 y C_1 constantes	46
Figura 4-2: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca a E_2 y C_1 constantes.....	47
Figura 4-3: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca a E_2 y C_2 constantes	48
Figura 4-4: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca a E_1 y C_2 constantes.....	49

TABLAS Y CUADROS

Tabla I.1: Propiedades fisicoquímicas de la papa	10
Tabla III-4: Propiedades psicométricas del aire de entrada y salida del secador..	34
Tabla IV-1 Características físicas de la papa variedad marcela ojosa	43
Tabla IV-2 Composición fisicoquímica de la papa variedad marcela ojosa.....	43
Tabla IV-3: Resultados del peso de las rodajas y el promedio de la variación del contenido de humedad en base seca de la papa variedad Marcela Ojosa	45
Tabla IV-4: Valores observados de la variable respuesta	51
Tabla IV-5: Granulometría de harina de papa.....	52
Tabla IV-6 Características del envase utilizado en la determinación del coeficiente de permeabilidad de vapor de agua	57
Tabla VI-8 Datos cálculo del Coeficiente de permeabilidad de vapor de agua del polipropileno flexible	58

Cuadro 4.1. Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos de sabor, olor, color y textura.	54
---	----

ANEXOS

ANEXO A (PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA PAPAY HARINA DE PAPA VARIEDAD "MARCELA OJOSA").....	65
ANEXO B (DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL).....	66
ANEXO C (FOTOGRAFÍAS).....	70
ANEXO D (CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA PAPA MARCELA OJOSA)	77
ANEXO E (DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE ESCALDADO, INMERSIÓN EN LA SOLUCIÓN DE NaHSO_3 , SECADO, MOLIENDA, TAMIZADO Y ENVASADO)	82
ANEXO F (TEST DE ACEPTABILIDAD PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL)	102
ANEXO G (RESULTADO DE LAS ENCUESTAS DEL TEST DE ACEPTABILIDAD)	107
ANEXO H (RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL)	108
ANEXO I (PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR).....	118
ANEXO J (PLANILLAS DE EXCEL: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL)	122
ANEXO K (RESULTADOS DEL PROGRAMA SPSS).....	123
ANEXO L (MÉTODO PARA DETERMINAR LA VIDA ANAQUEL DE LA HARINA DE PAPA)	125
ANEXO M (MÉTODO PARA DETERMINAR LA HUMEDAD EN EQUILIBRIO (ISOTERMAS DE SORCIÓN DE LA HARINA DE PAPA)....	130
ANEXO N (DATOS EXPERIMENTALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA HARINA DE PAPA PARA LA HUMEDAD EN EQUILIBRIO E ISOTERMA DE SORCIÓN)	133
ANEXO O (VARIACIÓN DE PESO DE LA HARINA DE PAPA EN EL ENVASE DE POLIPROPILENO)	139
ANEXO P (DETERMINACIÓN DE LA VIDA ANAQUEL).....	141

Resumen

La papa variedad “marcela ojosa” es un tubérculo que presenta características tanto fisicoquímicas, organolépticas como físicas que son favorables para su procesamiento y además actualmente esta variedad, está siendo cultivada de forma extensiva en el Departamento de Tarija.

La harina de papa es un producto obtenido como resultado del secado del tubérculo, después de ser molido pero sin modificar los almidones, ni eliminar grasas ni proteínas; este producto aún no está siendo elaborado ni comercializado en el mercado nacional, sin embargo si se produjera aportaría a la industria alimentaria un gran beneficio como sustituto parcial de la harina de trigo debido a su gran aporte nutricional, estas razones impulsaron la elaboración de la presente investigación aplicada, la cual se desarrollo en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho en los predios del laboratorio del área fisicoquímica del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) y el tamizado se realizó en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la carrera de Ingeniería Química

Para obtener la harina de papa se seleccionó, el diseño factorial de tipo 8 ($= 2^3$), es decir, que es un diseño experimental en el cual hay tres factores o variables, cada uno con dos niveles, por lo que el número de combinaciones de tratamientos entre las variables o número de pruebas será igual a 8, las variables establecidas son las siguientes:

A: temperatura de secado	$a_1 = 60^\circ\text{C}$
	$a_2 = 70^\circ\text{C}$
B: concentración de la solución	$b_1 = 0,1\text{g/ml}$
	$b_2 = 0,2\text{g/ml}$
C: espesor de la papa	$c_1 = 0,2\text{mm}$
	$c_2 = 0,4\text{mm}$

Luego de realizar los ensayos respectivos y someter los productos obtenidos a la evaluación sensorial en base a la escala hedónica respectiva, aplicada a un panel conformado por docentes de la carrera de Ingeniería Química, se determinó que el producto debe ser elaborado a una Temperatura de 60°C , con un espesor de rodaja de 2mm y una concentración de meta bisulfito de sodio de 0,2g/ml.

El 85 % de la harina obtenida posteriormente a su tamizado posee una granulometría que oscila entre 0,20mm y 0,25mm (similar a la harina de maíz) y el 15% restante contenía granulometrías entre 0,20mm y 0,063mm (similar al almidón de maíz).

Los análisis fisicoquímicos del producto obtenido fueron realizados en el Instituto Nacional de Laboratorio en Salud (INLASA) donde se determinó: -Valor energético 367 Kcal/100g, - Humedad 7,63g/100g, -Proteína 7,93g/100g, -Materia grasa (no se detecta), -Carbohidratos 81,63g/100g, -Fibra cruda 0,41g/100g, -Cenizas 0,81 g/100g. Estos valores se encuentran acordes con lo establecido para el consumo de harinas puesto que actualmente no se cuenta con una normativa específica para la harina de papa.

El tiempo de vida útil del producto ha sido determinado mediante pruebas aceleradas de vida en anaquel, este método consiste en realizar experimentos de almacenamiento en condiciones extremas, para este caso 100% de humedad relativa y 40oC, bajo estas condiciones se estableció que el tiempo de vida útil de la harina de papa es de 455 días, del producto en conjunto con el empaque de polipropileno flexible.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

1 MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES SOBRE CULTIVO DE PAPA

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. La papa pertenece a la familia de floríferas de las solanáceas, del género *Solanum*, formado por otras mil especies por lo menos, como el tomate y la berenjena. La investigación reciente revela que el *S. tuberosum* se divide en dos grupos de cultivares ligeramente distintos: el Andigenum, adaptado a condiciones de días breves, cultivado principalmente en los Andes, y el Chilotanum, la papa que hoy se cultiva en todo el mundo. También denominada papa “europea”, se piensa que el grupo Chilotanum procede de cultivares andinos que primero llegaron a Chile y de ahí, en el siglo XIX, a Europa (FAO, 2008)

Al crecer, las hojas compuestas de la planta de la papa producen almidón, el cual se desplaza hacia la parte final de los tallos subterráneos, también llamados estolones. Estos tallos sufren la consecuencia de un engrosamiento y así se producen unos cuantos o hasta 20 tubérculos cerca de la superficie del suelo. El número de tubérculos que llegan a madurar depende de la disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo. El tubérculo puede tener formas y tamaños distintos y por lo general pesa hasta 300 g (FAO, 2008)

Al terminar el período de crecimiento, las hojas y tallos de la planta se marchitan y los tubérculos se desprenden de los estolones. A partir de este momento, los tubérculos funcionan como depósito de nutrientes que permite a la planta subsistir en el frío y posteriormente reverdecer y reproducirse. Cada tubérculo tiene de 2 hasta 10 brotes laterales (los «ojos»), distribuidos en espiral en toda la superficie. De estos ojos brotan las nuevas plantas, cuando las condiciones vuelven a ser favorables. Un tubérculo de papa crudo tiene un gran contenido de micronutrientes, las vitaminas y minerales esenciales para la salud. Una papa de tamaño medio contiene una gran cantidad de potasio, y casi la mitad de la vitamina C necesaria a diario para los

adultos. También es una fuente importante de vitaminas del complejo B y minerales, como el fósforo y el magnesio (FAO, 2008)

1.2 COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE LA PAPA COMÚN

Según Pertuz, (2014) la papa es un alimento de consumo básico, el cuarto de mayor ingesta en el mundo, que por sus características sensoriales, sabor y color neutro, puede ser parte de una alimentación saludable y variada.

En la papa se encuentran componentes nutritivos (energía, macro y micronutrientes) y componentes no nutritivos (agua, celulosa, hemicelulosa, pectina, glucoalcaloides, ácidos orgánicos, enzimas, entre otros minoritarios. Luego de su cosecha los tubérculos contienen en promedio 80% de agua y 20% de materia seca (60% de esta corresponde a almidón).

La composición se puede modificar por factores tales como la variedad, la localidad donde se produce, el tipo de suelo, el clima y las condiciones de cultivo. Las enfermedades, las plagas, la duración de los ciclos productivos también afecta. De igual manera la composición se modifica con la preparación a nivel casero y con su procesamiento a nivel industrial.

El aporte nutricional de los tubérculos está dado por el contenido de macro y micronutrientes En promedio 100 gramos de papa, la porción que consume un individuo adulto, contiene:

Tabla I.1: Propiedades fisicoquímicas de la papa

COMPONENTES	VALOR
Energía	78,00 kcal
Humedad	79,89 g
Proteínas	2,43 g
Grasas	0,11 g
Hidratos de carbono	16,75 g
Fibra cruda	0,25 g
Ceniza	0,85 g
Potasio	440,00 mg
Sodio	7,00 mg
Calcio	7,30 mg
Fósforo	30,50 mg
Hierro	1,23 mg
Riboflavina	0,06 mg
Niacina	1,09 mg
Vitamina C	10,55 mg

Fuente: INLASA, 2005.

1.3 COMPONENTES NUTRITIVOS

- **Energía**

Tradicionalmente se ha reconocido que los tubérculos cumplen un rol energético en la alimentación por cuanto su componente mayoritario en materia seca corresponde al almidón. A pesar de ello, comparado con alimentos equivalentes tales como el plátano y la yuca, su aporte calórico es menor y se le considera de baja densidad calórica (Pertuz, 2014).

- **Carbohidratos**

La papa es un alimento que contiene cantidades importantes de carbohidratos los cuales se encuentran mayoritariamente como almidón y un pequeño porcentaje como azúcares (sucrosa, fructosa, glucosa) (Pertuz, 2014).

- **Proteína**

La proteína de este alimento sobresale por un alto contenido de lisina y bajos contenidos de aminoácidos azufrados. El contenido de proteína de la papa, aunque inferior al aportado por alimentos de origen animal, es superior al aportado por la

mayoría de los cereales, tubérculos y raíces. La calidad de la proteína es inferior por la presencia de glucoalcaloides y de inhibidores de las proteínas. Para mejorar el perfil de aminoácidos de su proteína y por ende la calidad de la proteína consumida, se recomienda el consumo de papa en preparaciones que se combinen o incluyan ingredientes como leguminosas, carnes, leche o derivados (Pertuz, 2014).

- **Grasa**

El contenido de grasa de las papas es muy bajo lo cual constituye una ventaja para individuos con restricciones de calorías y/o de grasas dietarias. Dado el incremento en la población de morbilidad por enfermedades crónicas no transmisibles y patologías quieren limitar el consumo de calorías, se recomienda la moderación en el consumo de papas fritas (Pertuz, 2014).

- **Vitaminas**

Los tubérculos aunque contienen vitaminas, no son considerados alimentos fuente de estos nutrientes. Las vitaminas que se encuentran en el tubérculo son el ácido ascórbico, B1, B6 y niacina. Se concentran principalmente en la piel y en la cáscara. La vitamina C sobresale por su alta reactividad y por las altas pérdidas por oxidación. Tras la cocción o el procesamiento a nivel industrial las pérdidas son significativas (Pertuz, 2014).

- **Minerales**

El contenido de minerales en el tubérculo depende directamente de la naturaleza del suelo donde es cultivado, por tal razón el contenido de minerales es variable. Sobresalen los altos aportes de potasio, fósforo y el bajo contenido de ácido fítico y de sodio. Este último aspecto es una ventaja para personas con regímenes alimentarios que restringen el aporte de sodio en la dieta (Pertuz, 2014).

1.4 COMPONENTES NO NUTRITIVOS

Incluyen los siguientes componentes:

- **Fibra:**

En la cáscara o piel los tubérculos tienen pectina en forma de pectatos solubles de calcio que favorecen la adhesión a la médula, celulosa, lignina y hemicelulosas. Aunque los tubérculos aportan estos componentes se hace necesario complementar dicha ingesta con el consumo de alimentos tipo leguminosas, frutas y hortalizas (Pertuz, 2014).

- **Enzimas**

La papa contiene las siguientes enzimas endógenas: fosforilasas, polifenoloxidasas, lipooxigenasas (Pertuz, 2014).

- **Ácidos orgánicos**

Los ácidos orgánicos contribuyen con el pH característico del alimento: pH de 5,6 a 6,2. Los más representativos son el málico, el cítrico y el clorogénico que reacciona con iones de hierro (Pertuz, 2014).

- **Flavonoides**

Los flavonoides presentes en la papa son las flavonoles y las antocianinas, tales como la rutina, quercetina, miricetina, kaempferol, naringenina principalmente.

1.5 PROCESAMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE LA PAPA

Según Pertuz, (2014) la cocción y el procesamiento son necesarios para mejorar la palatabilidad y la digestibilidad del tubérculo. En mayor o menor grado estas operaciones causan pérdida de nutrientes, específicamente de las vitaminas hidrosolubles. Para minimizar dicha pérdida se recomienda:

- ✓ Dejar la papa con cáscara, puesto que esta actúa como barrera, previniendo o reduciendo la pérdida de algunos nutrientes.

- ✓ Aplicar procesos de cocción en medio húmedo, ya que estos mejoran significativamente la digestibilidad del almidón y de la proteína, pero disminuye el contenido de vitaminas que se solubilizan en el líquido de cocción, se oxidan o se modifican por calor.
- ✓ También se inducen pérdidas de ácido glutámico, ácido aspártico y de aminoácidos azufrados. Por tal razón se recomiendan procesos de cocción con tiempos controlados
- ✓ Aplicar procesos de cocción en medios secos causan disminución en el contenido de humedad, concentración de los nutrientes, pérdidas de nitrógeno y aminoácidos (5-7%), principalmente de lisina, pérdidas de vitaminas según impacto térmico. Por tal razón se recomiendan específicamente procesos de cocción con tiempos controlados y moderación en el uso de aceites para fritura o la incorporación excesiva de grasas a las preparaciones.
- ✓ Aplicar horneado como un método de mínimo impacto sobre el aporte nutritivo.

1.6 LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA PAPA Y SU FORMA DE CONSUMO

La FAO, (2008) calcula que poco más de dos terceras partes de los 320 millones de toneladas de papa que se produjeron en 2005 se destinaron al consumo alimentario de las personas, en una u otra forma. Cultivadas en casa o compradas en el mercado, las **papas frescas** se cuecen al horno, hervidas o fritas, y se utilizan en una asombrosa variedad de recetas: en puré, tortitas, bolas de masa, croquetas, sopas, ensaladas o gratinadas, entre muchas otras modalidades de preparación. Pero el consumo mundial de la papa está pasando del producto fresco a los **productos alimentarios industriales**, tal como se detalla a continuación:

- **Papas congeladas**, comprende la mayor parte de las *papas fritas* a la francesa que se sirven en los restaurantes y en las cadenas de alimentación rápida de

todo el mundo. El procedimiento de producción es muy sencillo: las papas peladas se pasan por unas cuchillas que las cortan, a continuación se cuecen ligeramente, se secan con aire, se fríen ligeramente, se congelan y se envasan. Se ha calculado el apetito mundial por estas papas fritas a la francesa de fábrica en más de 11 millones de toneladas al año.

- ***Hojuelas y chips crocantes de papa***, el rey indiscutible de los aperitivos en muchos países desarrollados. Elaboradas con delgadas hojuelas de papa fritas en abundante aceite o cocidas al horno, se presentan en una variedad de sabores: desde sencillamente saladas, hasta las variedades «gourmet» con sabor a carne o picantes. Algunas variedades de hojuelas se producen con masa de papa deshidratada.
- ***Los copos de papa deshidratada y la papa granulada*** se obtienen secando la papa cocida y molida, hasta lograr un nivel de humedad del 5 por ciento al 8 por ciento. Con estos copos se elabora el puré de papas que se vende en cajas, como ingrediente para preparar aperitivos y hasta como ayuda alimentaria: los Estados Unidos de América han distribuido como ayuda internacional copos de papa a más de 600 000 personas.
- ***Harina de papa***, se obtiene del procesamiento del tubérculo, el cual inicialmente es pelado y cortado, luego es sometido a un proceso de secado para finalmente proceder con la molienda.

La industria alimentaria utiliza la harina de papa, que no contiene gluten pero sí abundante almidón, para aglutinar productos compuestos de diversos tipos de carnes e impartir espesor a salsas y sopas.

- ***El almidón de papa***, un polvo fino y sin sabor, de «excelente textura», da mayor viscosidad que los almidones de trigo o de maíz, y permite elaborar productos más gustosos. Se utiliza para hacer espesas las salsas y los cocidos, y como aglutinante en las harinas para pastel, las masas, las galletas y el helado. Por último, en Europa oriental y en los países escandinavos, las papas

molidas se someten a tratamiento térmico para convertir su almidón en azúcares que se fermentan y destilan para producir *bebidas alcohólicas*, como el vodka y aguardientes típicos de esas regiones.

1.7 HARINAS

La harina es un producto obtenido de la molienda de diferentes especies vegetales, llevadas a contenidos óptimos de humedad para su almacenamiento y adecuada conservación (Rodríguez B. G. y col, 2004).

Se puede obtener harina de distintos cereales y de otros alimentos ricos en almidón, aunque la más habitual es la harina de trigo (Rodríguez B. G. y col, 2004).

1.7.1 CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS

La harina puede ser clasificada de distintos modos y poseer múltiples finalidades, sin embargo estas clasificaciones son aplicadas a las harinas provenientes de los cereales, de las cuales se utilizarán para hacer referencia a la harina de papa, las siguientes:

- **POR EL CONTENIDO DE GLUTEN**

Según Bonilla, (2013) las harinas en general, se clasifican teniendo en cuenta la cantidad de gluten que poseen, según esto pueden ser Flojas o Fuertes:

1. **Harina floja:** Se conoce como harina floja, a aquella que en su composición contiene poco porcentaje de Gluten, con este tipo de harina el pan resulta bajo y de apariencia deficiente. La característica primordial de este tipo de harina es que retiene muy poca agua, por ello forman masas muy débiles (flojas).
2. **Harina fuerte:** La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, posibilitando la formación de masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios.

- **POR EL GRADO DE PUREZA**

Según Bonilla, (2013) una de las clasificaciones de la harina más habitual en Argentina y los países de Sudamérica, es mediante ceros; un cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000). Los ceros determinan los grados de pureza de la harina.

1. **Las harinas 0:** Son las más bastas, con más impurezas y posibles restos de granos. Son menos refinadas, y se utilizan para elaboraciones más espesas.
2. **Las harinas 00 y 000:** Se utilizan siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma.
3. **La harina 0000:** Es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo solo se utiliza en pastelería, repostería, hojaldres, etc, y masas que tengan que ser ligeras. El equivalente entre esta clasificación de la harina y clasificación de su fuerza podríamos decir que:
 - Harina 0 = harina de gran fuerza
 - Harina 00 = harina de media fuerza
 - Harina 000 = harina floja
 - Harina 0000 = harina muy floja

1.8 DESCRIPCIÓN DE LA HARINA DE PAPA

Según Córdova, (2000) la harina de papa contribuye contra la anemia y propicia la adopción de prácticas adecuadas en seguridad alimentaria en niños, niñas, padres y madres, coadyuvando a mantener un estado nutricional adecuado.

Aporte nutricional que brinda la energía y nutrientes necesarios para el mejor desenvolviendo de los niños y niñas en el proceso de aprendizaje.

De igual forma el contenido de vitaminas C, B1, B2, B6 dentro de su composición le da un valor súper energético para la salud

1.9 PROPIEDADES DE LA HARINA DE PAPA

El contenido de humedad apropiado de la harina de papa para su conservación está entre 6 y 9%. En condiciones de almacenamiento favorables (una bodega seca y fresca), la harina de papa puede ser almacenada durante varios años sin que sufra deterioro alguno. Por estas razones junto con las sugeridas por la normatividad alimentaria Argentina, se establece una humedad máxima del 9% (Devia P. J., 2010)

1.10 USOS DE LA HARINA DE PAPA

La harina de papa proporciona buenas soluciones para la producción de diversos tipos de papas: a la francesa, ensalada de papa, tortas de papa, también mediante la mezcla de harina de papa con agua, obtener puré de papas. Otras aplicaciones que se puede mencionar son:

- Coingrediente en productos de carne.
- Ingrediente para panadería y repostería.
- Ingrediente para concentrados de alimentación de animal.
- Espesante de sopas.
- Ingredientes para el puré de papa instantáneo.
- Como aditivo alimentario.
- Ingrediente para la fabricación de snacks.
- Se usa comúnmente para producir compuesto de papas fritas por los fabricantes de alimentos.

1.11. METODOS PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE PAPA

Según Núñez, A. (1988), La harina de papa puede elaborarse a partir de dos métodos los cuales se detallan a continuación. :

a) Método para la elaboración de harina de papa a partir de papa precocida

Este método se sistematiza en el diagrama de bloques que se muestra a continuación:

Figura 1.1: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de harina de papa a partir de papa precocida



Fuente: Núñez, A. 1988.

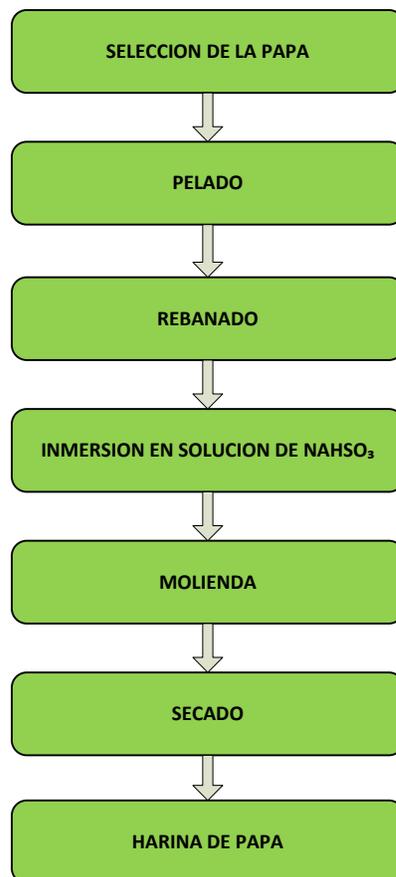
En este método, en primer lugar se realiza la selección manual de la papa cuidando que esté libre de daños por microorganismos; sigue el lavado para eliminar tierra y otros materiales extraños; luego de esto las papas son peladas e inmediatamente después se realiza el precocido, mediante su inmersión en agua hirviendo, posteriormente se elimina el exceso de agua, mediante la decantación correspondiente. Como paso siguiente se procede a realizar el corte de las papas precocidas, continuando con una molienda húmeda, posterior filtración y prensado

con ayuda de una tela de poca porosidad, para luego realizar el secado en estufa o secador de bandejas seguida de la molienda para la reducir el tamaño de las partículas, para finalmente homogeneizar las partículas a través del tamizado, de donde se obtiene la harina de papa como producto final.

b) Método para la elaboración de harina de papa a partir de papa cruda

Este método se sistematiza en el diagrama de bloques que se muestra a continuación:

Figura 1.2: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de harina de papa a partir de papa cruda



Fuente: Núñez, A. 1988.

Al igual que en el método anterior, la primera etapa del proceso es la selección de la materia prima, a fin de cuidar que esté libre de daños por microorganismos; sigue el lavado para eliminar tierra y otros materiales extraños. Después de esto las papas son peladas y rebanadas, lo más delgado posible y rápidamente se sumerge en una solución de bisulfito de sodio a concentración de 0,1 a 0,4 % durante un tiempo de 20 a 30 min, a fin de evitar el pardeamiento de las rodajas de papa. Como paso siguiente se procede a realizar un secado directo en la estufa o secador de charolas, para finalmente proceder con la molienda y tamizado, obteniendo de esta manera la harina de papa como producto final.

Núñez, A. (1988), en su investigación realizada para la elaboración de harina de papa para uso en alimentos, en cuanto a la selección del método, determinó que cuando se utiliza el proceso con papa precocida se presentan problemas de manejo ya que no se pueden obtener rebanadas de espesor uniforme, además que durante el precocido se gelatiniza una parte del almidón y se obtiene una consistencia pegajosa que dificulta su manipulación, existiendo más pérdidas; en cambio, cuando el proceso parte de papas sin cocer se obtienen las mejores características de color y apariencia en la harina y no se presentan problemas de manipulación. Por los motivos expuestos de forma precedente, el método seleccionado para el desarrollo de la presente investigación es el ***Método para la elaboración de harina de papa a partir de papa cruda*** y la descripción general de las características propias de las etapas de este proceso, tales como: escaldado, inmersión en la solución de NAHSO_4 , molienda y tamizado, se encuentran descritas en el anexo E.

1.12. EVALUACIÓN SENSORIAL

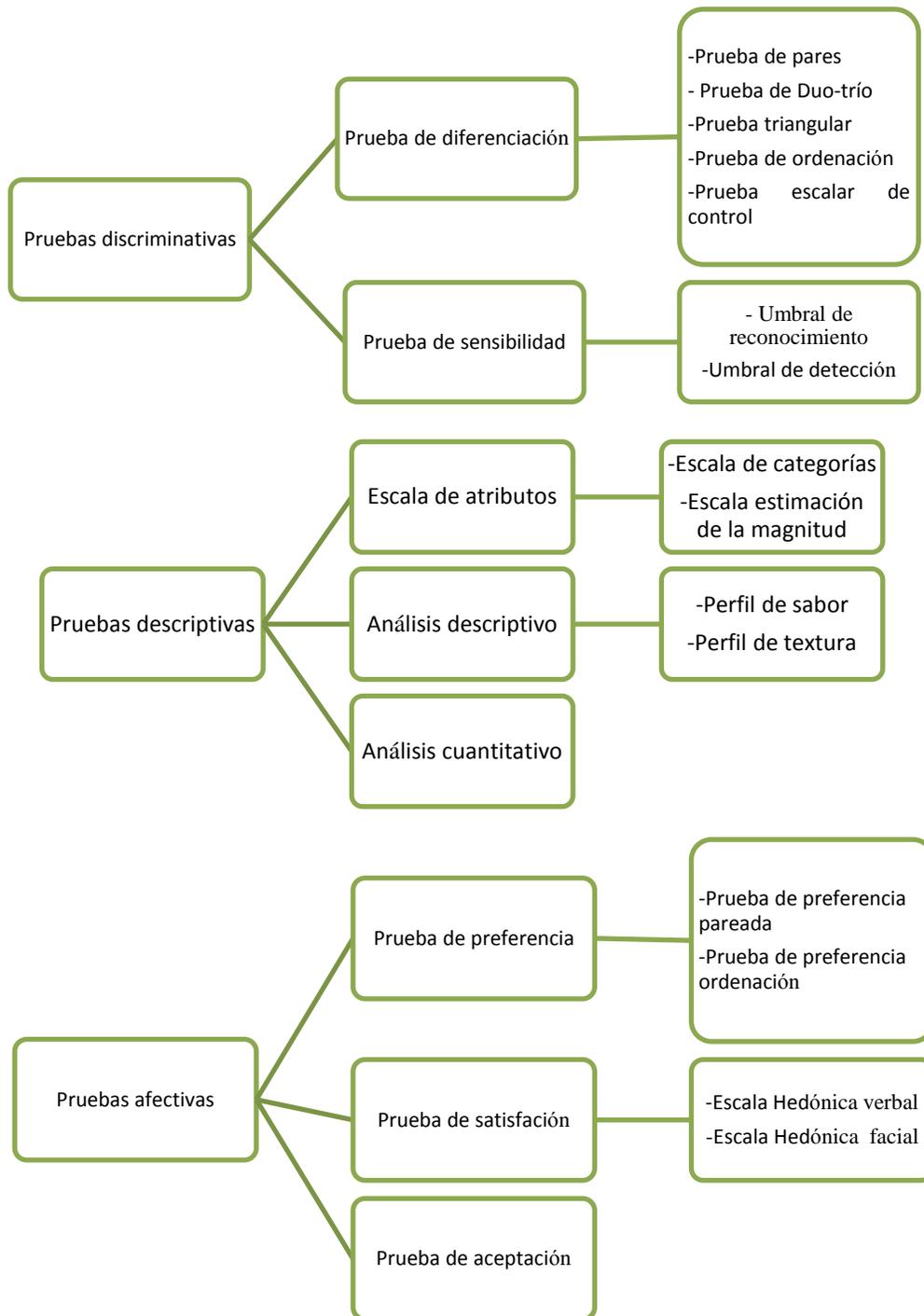
Lees (1984) indica que el análisis sensorial puede utilizarse en el control de calidad de los alimentos para resolver problemas de distinta índole; en cada caso concreto, la naturaleza de los mismos determina el tipo de prueba a realizar, las características del grupo de jueces y las condiciones de análisis.

La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos físicos, químicos y microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja

de que lleva sus propios instrumentos de análisis, es decir sus cinco sentidos. Es un instrumento importante cuando se trata de evaluar la textura de productos con bajo contenido de humedad y más aún cuando la crocantes es una característica indispensable para el alimento.

En este sentido, según Castañeda C. (2013), el análisis sensorial mide las respuestas de las personas hacia productos alimenticios. La industria de alimentos tiene como fin cumplir con los requerimientos de las personas, que son definidos por los gustos y preferencias del consumidor. La evaluación sensorial analiza y estudia cómo los productos, los gustos y las preferencias son percibidos por medio de los cinco sentidos. Para poder cuantificar las percepciones y medir las respuestas de los consumidores se utilizan las escalas que son fundamentales dentro del análisis sensorial. Una escala es un sistema que envuelve la asignación de valores numéricos y/o verbales a percepciones sensoriales. Se pueden evaluar las respuestas sensoriales de manera discriminativa, descriptiva y afectiva, tal como se puede observar a continuación:

Figura 1.3 : Evaluación de las respuestas sensoriales de manera discriminativa, descriptiva y afectiva



Fuente: Castañeda C. 2013

Las más utilizadas en la industria de alimentos e investigaciones son las pruebas hedónicas afectivas que prueban o miden las respuestas de agrado y desagrado del consumidor. Existen tres tipos de escala afectiva: categóricas, de proporción y las categóricas de proporción. La operación básica de una escala categórica es catalogar respuestas limitadas enumeradas junto a opciones verbales. La escala categórica más utilizada en la evaluación de alimentos es la escala hedónica de nueve puntos que fue desarrollada por el U.S Army Food Container Institute en 1950. Los rangos de los números van desde uno a nueve, siendo uno “disgusta extremadamente”, cinco “ni me gusta ni me disgusta” y nueve “gusta extremadamente”. Esta escala fue rápidamente adaptada por la industria de alimentos e investigación por su simplicidad de uso. Es así entonces que el análisis sensorial a través de cada una de las pruebas permite conceptuar sobre un producto alimenticio para así poder llegar a tomar decisiones (Castañeda C. 2013).

La metodología que se emplea para realizar una prueba de evaluación sensorial a un producto alimenticio puede ser la siguiente(Castañeda C. 2013).:

1. Qué se quiere saber acerca del producto?
2. Diseño experimental o plan a seguir
3. Prueba o pruebas a utilizar
4. Número de panelistas
5. Presentación del panel
6. Método estadístico a utilizar para el tratamiento de los datos
7. Presentación del informe

1.13 MÉTODOS ESTADÍSTICOS EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS

El análisis de los datos se puede realizar a través de diferentes métodos estadísticos, es necesario cuando se entrega un informe sobre los resultados obtenidos de la aplicación de un panel de evaluación sensorial, hacer referencia al método o métodos estadísticos utilizados; no necesariamente se deben mostrar las fórmulas con detalle,

si lo requiere el informe o el interesado lo solicita, estas pueden ubicarse como anexo (Castañeda C. 2013)..

Los métodos estadísticos empleados para analizar los datos obtenidos son principalmente: métodos visuales, estos métodos permiten analizar los datos sin necesidad de identificar las tendencias, facilitan el trabajo, resumen de datos y son sencillos de utilizar (histogramas y graficas lineales entre otros); métodos univariantes, permiten analizar cada una de las variables de forma como si fueran independientes; método multivariantes, permite analizar todos los atributos presentes, esto con el fin de saber cuál es la diferencia entre una muestra u otra; métodos paramétricos, proporcionan unos resultados precisos siempre y cuando se conserven los supuestos, y que se ajusten la distribución normal de lo contrario los resultados no son tan seguros; métodos no paramétricos, son mas sólidos que los paramétricos aunque los resultados son menos exactos (Castañeda C. 2013).

Los análisis estadísticos que se aplican a cada uno de los métodos son, entre otros, (Castañeda C. 2013):

- Representación gráfica
- Distribución binominal
- Análisis de varianza, ANOVA
- Análisis secuencial
- Análisis multivariado
- Análisis de ordenamiento por rangos
- Regresión
- Análisis de factor

Actualmente se emplean paquetes estadísticos que agilizan el trabajo y la consecución de los resultados; para elegir un paquete estadístico, se debe tener en cuenta algunos aspectos como (Castañeda C. 2013):

- Que sean para capturar datos sensoriales
- Facilidad en su uso

- Usuarios con o sin experiencia
- Costos

Algunos de los paquetes estadísticos que se encuentran en el mercado son:

- GENSTAT
- COMPUSENSE
- MINITAB
- SAS
- S-PLUS
- SPSS
- SYSTAT
- STAT-GRAPHICS
- SENSTAT
- SENPAK

CAPITULO II
PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. INTRODUCCIÓN

La parte experimental de la investigación para la “Obtención de harina de papa variedad Marcela Ojosa mediante el secado por aire caliente” se realizó en los predios del laboratorio del área fisicoquímica del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química

2.2. MATERIA PRIMA Y REACTIVOS

La materia prima y los reactivos a utilizar son:

- **MATERIA PRIMA**

La materia prima que se utilizará para realizar el trabajo de investigación es *papa* variedad Marcela Ojosa, la misma que es adquirida en el Mercado Campesino de la ciudad de Tarija

- **REACTIVOS**

Para el presente trabajo de investigación se utilizan los siguientes reactivos:

- Agua destilada
- Bisulfito de sodio

2.3. DISEÑO FACTORIAL

El diseño seleccionado en la presente investigación es de tipo 2^3 , es decir, que es un diseño en el cual hay tres factores o variables, cada uno con dos niveles, por lo que el *número de combinaciones de tratamientos* entre las variables será igual a 8.

En el experimento 2^3 , el conjunto de contrastes ortogonales está constituido por los efectos principales A, B y C, las interacciones dobles AB, AC y BC, y la interacción triple ABC. También contiene la identidad (que no es contraste).

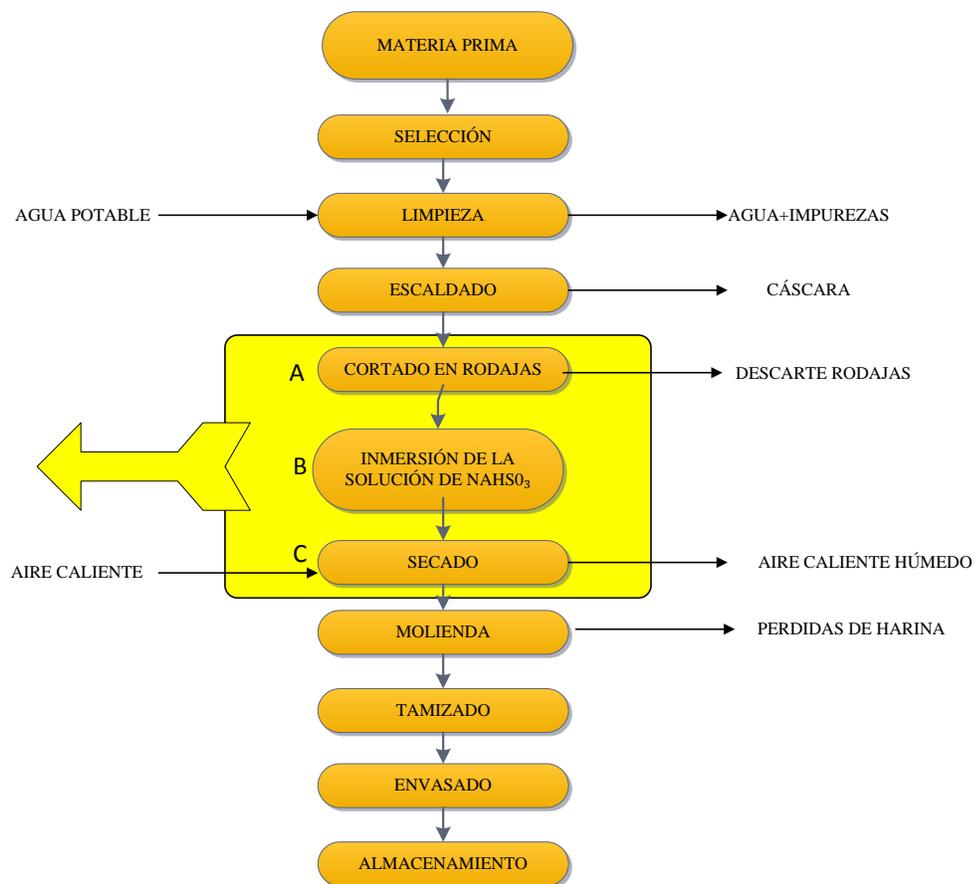
Donde las variables del diseño experimental para la presente investigación son:

A: temperatura de secado	$a_1 = 60^\circ\text{C}$ $a_2 = 70^\circ\text{C}$
B: concentración de la solución meta bisulfito de sodio	$b_1 = 0,1\text{g/ml}$ $b_2 = 0,2\text{g/ml}$
C: espesor de la rodaja de papa	$c_1 = 0,2\text{mm}$ $c_2 = 0,4\text{mm}$

2.4. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE PAPA POR SECADO CON AIRE CALIENTE

En la figura 2-1 que se muestra a continuación se detalla el diagrama de bloques de la parte experimental para la elaboración de harina de papa.

Figura 2-1 Diagrama de flujo para la elaboración de harina de papa



Fuente: Elaboración propia, 2015

2.4.1 RECEPCIÓN DE LA PAPA

La materia prima, tal como se mencionó en el acápite 2.2 es papa variedad “Marcela Ojosa”, la cual posteriormente a su adquisición en el Mercado Campesino, es almacenada en el laboratorio para su posterior procesamiento. Procediendo a su lavado para quitar exceso de impurezas (tierra y otros).

2.4.2. ESCALDADO

El pelado de la papa se realiza mediante un proceso de escaldado de 2 min, posteriormente al cual, utilizando un cuchillo de acero inoxidable, se retira la cáscara de la papa. Para definir el tiempo del escaldado se tomó como referencia la investigación "Harina de papa Soloma para utilizarla en panificación" realizada por Bonilla, 2013.

2.4.3 CORTADO

La papa es cortada en forma de rodajas, con un cortador tipo cuchilla de paso regulable con la finalidad de obtener rodajas uniformes de 0,2 mm y 0,4 mm. En las investigaciones precedentes se recomienda colocar los productos en trozos pequeños o en rodajas pequeñas de 2 a 3mm, con la finalidad de obtener un producto de mejor calidad (Vélez, 2009).

2.4.4 INMERSION EN LA SOLUCION DE NaHSO_3

Se utiliza como inhibidor enzimático al bisulfito de sodio, a una concentración de 0,1 g/ml y 0,2 g/ml; sumergiendo la materia prima por un periodo de tiempo de 20 minutos a fin de evitar la oxidación en la papa pelada.

2.4.5 SECADO

El secado se lo realiza con una temperatura de 60 °C y 70 °C en un tiempo de 8 horas en un secador de bandejas, el cual opera a presión atmosférica y es discontinuo. El secado se realiza con aire caliente, que se sopla sobre las bandejas mediante el ventilador incorporado que posee (Ver anexo B y C)

Posteriormente la papa seca obtenida se la deja reposando en un desecador por un tiempo de 24 hrs, para pasar a la molienda.

2.4.6 MOLIENDA

Las rodajas de papa seca son martajadas en un mortero a fin de reducir el tamaño para el ingreso a la boca del molino eléctrico de martillos (puesto que esta está diseñada para ingreso de granos de pequeños cereales como el arroz), una vez dentro del molino las partículas se rompen por una serie de martillos giratorios acoplados a un disco rotor, obteniéndose un producto completamente pulverizado. (Ver anexo B y C)

2.4.7 TAMIZADO

El tamizado se lo realiza en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química, el tamiz presenta mallas de: 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,25mm y 0,063mm en las cuales se desarrollan pruebas con: harina de trigo, harina de maíz y maicena para determinar el rango de granulometría de las harinas utilizadas en panificación

2.4.8 ENVASADO

El proceso de envasado se lo realiza colocando las muestras de harina de papa manualmente en bolsas de polipropileno a fin de conservar las propiedades del producto obtenido.

2.4.9 DETERMINACION DE LA VIDA EN ANAQUEL DE LA HARINA DE PAPA

Para esta finalidad se utiliza como método *las pruebas aceleradas para determinar la vida anaquel*. Este método consiste en experimentos de almacenamiento a temperaturas relativamente altas, con el fin de predecir, con un cierto margen de certidumbre, la vida en anaquel de la harina de papa obtenida.

Espinoza (1995), reporta que las pruebas aceleradas de vida en anaquel tratan de predecir la vida en anaquel de un alimento bajo condiciones dadas, en un menor tiempo. El desarrollo del método de pruebas aceleradas de estabilidad, el cual es

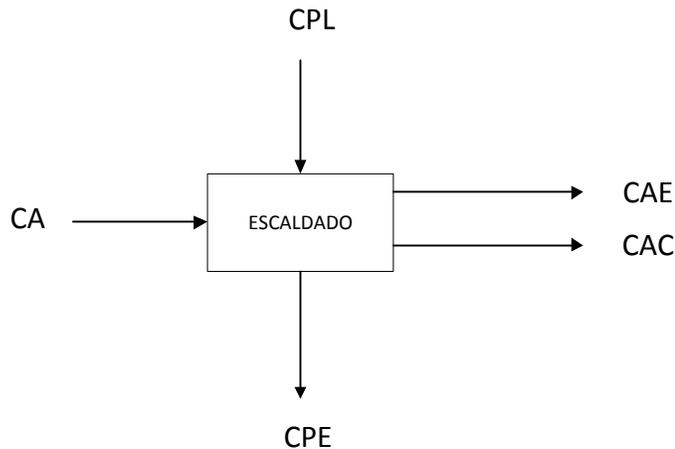
aplicable para el almacenaje a temperatura constante de los productos sensibles a la humedad, embolsados en empaques permeables al vapor, no requiere un conocimiento anterior de la cinética del modelo de efecto de la humedad en el porcentaje del deterioro.

Este método utilizado se encuentra detallado en el anexo H. Estas pruebas aceleradas están basadas en las predicciones del cambio de calidad del producto, el cual sufre un rápido deterioro causado por el alto, aunque controlado, porcentaje de ganancia de humedad.

CAPITULO III
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

3.1 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

Balance de materia en el escaldado



Balance general de masa para el escaldado

$$CPL + CA = CAE + CAC + CPE \quad (1)$$

Para calcular la cantidad de masa de agua se considera la densidad del agua a 20°C

$$\rho = 998,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho = \frac{CA}{V} \rightarrow CA = \rho V \quad (2)$$

Donde:

$$V = 3200 \text{ml} \frac{1 \text{m}^3}{1,0 \times 10^6} = 0,00032 \text{m}^3$$

Reemplazando datos a la ecuación (2)

$$CA = 998,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,00032 \text{m}^3 = 3,19424 \text{Kg} = 3194,24 \text{g}$$

Donde:

$W_i = CA =$ Cantidad de agua inicial

$W_f = CAC =$ Cantidad de agua final

$\Delta W = CAE =$ Cantidad de agua evaporada

Po lo tanto:

$$\Delta W = W_f - W_i \quad (3)$$

Reordenando:

$$CAE = CA - CAC \quad (4)$$

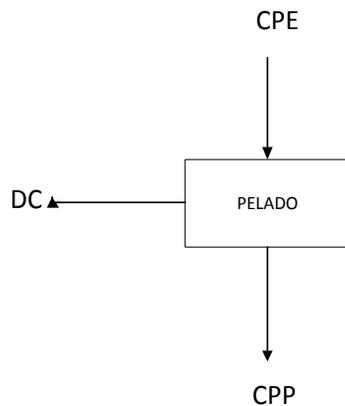
$$CAE = 3194,24\text{g} - 3124,83\text{g} = 69,41\text{g}$$

Calculamos CPE de la ecuación (1)

$$CPE = CA + CPL - CAE - CAC$$

$$CPE = 3194,24\text{g} + 1706,7\text{g} - 69,41\text{g} - 3124,83\text{g} = 1706,7\text{g}$$

Balance de materia durante el pelado

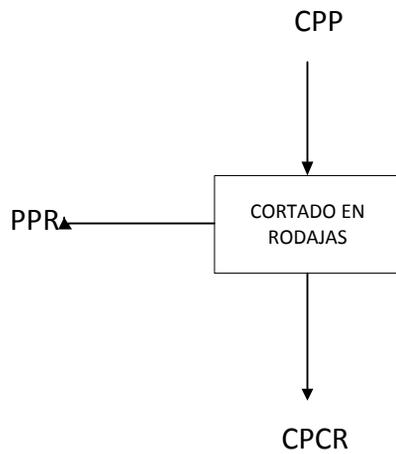


$$CPE = DC + CPP \quad (5)$$

$$DC = CPE - CPP \quad (6)$$

$$DC = 1706,7\text{g} - 1584,5\text{g} = 122,22\text{g}$$

Balance de materia en el cortado de rodajas

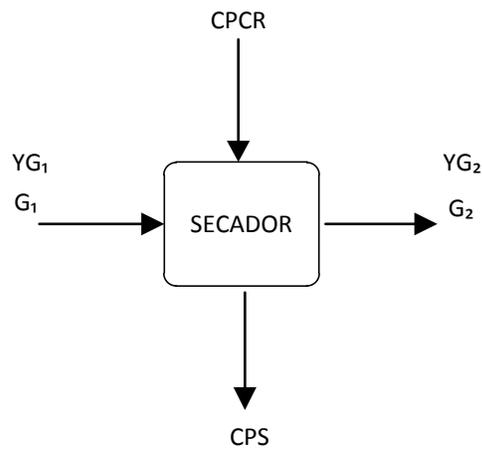


$$CPP = PPR + CPCR \quad (7)$$

$$PPR = CPP - CPCR \quad (8)$$

$$PPR = 1584,5\text{g} - 1574,5\text{g} = 10\text{g}$$

Balance de materia en el secado



$$G_1 + CPCR = G_2 + CPS$$

Balance parcial en base seca en el proceso de deshidratación

$$G_1 \cdot Y_{G1} + CPCR \cdot X_{CPCR} = G_2 \cdot Y_{G2} + CPS \cdot X_{CPS} \quad (9)$$

Considerando un sistema abierto

$$G_1 = G_2 = G$$

Donde:

$$CPCR=CPS=SS \quad (10) \quad SS= \text{Cantidad del producto seco}$$

Reordenando la ecuación (9)

$$G \cdot Y_{G1} + SS \cdot X_{CPCR} = G \cdot Y_{G2} + SS \cdot X_{CPS} \quad (10)$$

$$SS(X_{CPCR}-X_{CPS})=G(Y_{G2}-Y_{G1}) \quad (11)$$

En la Tabla III-4 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades psicrométricas del aire de entrada y salida del secador en base a las temperaturas de bulbo seco (Tbs) y temperatura del bulbo húmedo (Tbh), las cuales fueron realizadas utilizando un software Akton de psicrometría (Martinez-Arnold,1996), según las condiciones de presión 610,05 mmHg y altura 2000 msnm de la ciudad de Tarija.

Tabla III-4: Propiedades psicrométricas del aire de entrada y salida del secador

Propiedades	Aire frío	Aire caliente	Aire saturado
Tbs (°C)	23,6	60	43,5
Tbh (°C)	16,1	32	36,5
HR (%)	49,68	16,83	64,92
Y(Kg agua/Kg aire)	0,01157	0,02756	48,83
H(KJ/Kg)	53,06	132,3	169,7
Ve (m ³ /Kg)	1,091	1,255	1,232

Fuente: Elaboración propia, 2015

Donde:

HR = Humedad relativa (%).

Y = Humedad absoluta (Kg agua/Kg aire).

V_e = Volumen específico (m^3/Kg).

Se calcula la cantidad de sólido seco del alimento tomando en cuenta la siguiente expresión matemática:

$$SS = SS_1 (1 - W_{SS1}^{H_2O}) \quad (12)$$

Donde:

SS = Cantidad de producto seco.

SS_1 = Cantidad de alimento húmedo.

$W_{SS1}^{H_2O}$ = Fracción del contenido de humedad del alimento.

Reemplazamos datos en la ecuación (12)

$$SS = 1574,5g(1 - 0,87) = 204,685g$$

Calculamos la cantidad de agua evaporada en el secador; se utiliza la siguiente expresión matemática

$$WE = SS(W_2 - W_1) \quad (13)$$

Donde:

WE = Cantidad de agua evaporada

W_2 =Contenido de humedad en base seca del alimento

W_1 = Contenido de humedad seco del producto deshidratado

Reordenamos la ecuación (13) en función del contenido de humedad del alimento

$$WE = SS(X_{CPCR} - X_{CPS}) \quad (14)$$

Donde:

$$X_{CPCR} = 4,186g \text{ agua/g sólido seco}$$

$$X_{CPS} = 0,236g \text{ agua/g sólido seco, extraído}$$

Reemplazamos datos a la ecuación (14)

$$WE=204,685(4,186-0,236)=950,706g$$

Despejamos G de la ecuación (11), se calcula la cantidad el caudal de aire utilizado, tomándose en cuenta el tiempo de secado de las rodajas de papa.

$$G = \frac{SS X_{CPCR} - X_{CPS}}{Y_{G2} - Y_{G1}} \quad (15)$$

$$G = \frac{204,685 \cdot 4,186 - 0,236}{0,02756 - 0,01157} = 50563,211 \text{ g aire seco}$$

$$G = \frac{50563,211 \text{ g aire seco}}{8h} = 6320,401 \text{ g aire seco } h$$

Para calcular la cantidad de caudal de aire se tomó en cuenta la expresión matemática citado por Valiente, (1994). El volumen específico del aire a la salida del secador es $0,001255 \text{ m}^3 \text{ g}$

$$G_2 = G \cdot Ve \quad (16)$$

$$G_2 = 6320,401 \text{ g } h \cdot 0,001255 \text{ m}^3 \text{ g} = 7,932 \text{ m}^3 \text{ h}$$

Para calcular el caudal másico de aire caliente a la salida del secador, se tomó en cuenta la siguiente expresión matemática:

$$m_{\text{aire}} = \frac{WE}{Y_2 - Y_1} t_s \quad (16)$$

Donde:

$m_{\text{aire}} = \text{Caudal másico del aire}$

$WE = \text{Cantidad de agua evaporada en el proceso de secado}$

$Y_2 = \text{Cantidad de humedad absoluta a la salida del secador}$

$Y_1 = \text{Contenido de humedad a la entrada del secador}$

$t_s =$ Tiempo de secado de la papa

Reemplazamos datos en la ecuación (16)

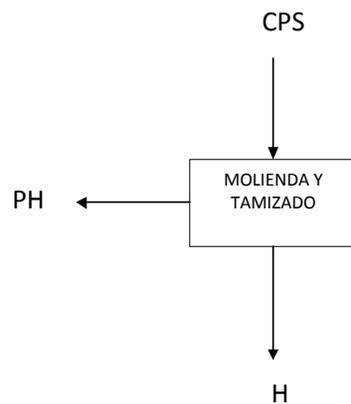
$$m_{aire} = \frac{950,706g}{0,02756 - 0,01157} = 7432,458 \frac{g}{h} = 7,432 \frac{Kg}{h}$$

Para calcular la velocidad volumétrica de aire en la entrada del secador , se tomó en cuenta la siguiente expresión matemática:

$$G_1 = m_{aire} \cdot V_e \quad (17)$$

$$G_1 = 7,432 \frac{Kg}{h} * 1,091 m^3 \frac{Kg}{h} = 8,108 m^3 \frac{Kg}{h}$$

Balance de materia en el molino y tamizado



Balance general

$$CPS = PH + HP \quad (18)$$

Donde:

$PH =$ Pérdida de harina

$H =$ Harina de papa

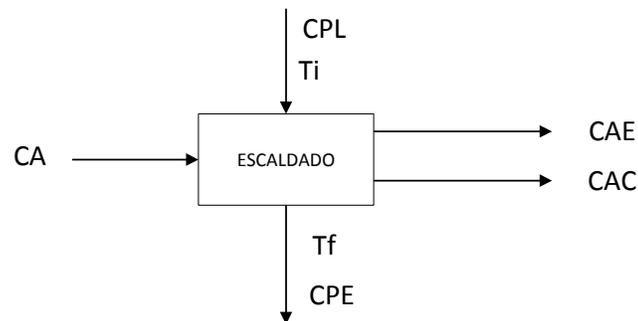
$CPS =$ Cantidad de papa seca

$$PH = CPS - H \quad (19)$$

$$PH=363,015g-355,414g=7,601g$$

3.2 BALANCE DE ENERGIA

Balance de energía en el escaldado



Para determinar la cantidad de calor requerida durante el escaldado se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T \quad (20)$$

Donde:

$Q =$ Cantidad de calor (Kcal)

$m_a =$ Cantidad de masa del alimento o muestra cualquiera Kg

$Cp =$ Capacidad calorífica del alimento (Kcal/Kg°C)

$\Delta T =$ Cambio de temperatura en el alimento (°C)

Considerando sistema abierto, tenemos:

$$Q_{GANADO} = -Q_{CEDIDO} \quad (22)$$

Ordenando la ecuación (20), en función de las condiciones del proceso tenemos:

$$Q_E = m_p C_{p_p} \Delta T_p + m_{H_2O} C_{p_{H_2O}} \Delta T_{H_2O} + m_{AL} C_{p_{AL}} \Delta T_{AL} + m_{H_2O} \lambda_{H_2O} \quad (23)$$

Donde:

Cp_{H_2O} =Capacidad calorífica del agua =0,9993 Kcal/Kg°C

Tf_{agua} = *Temperatura final del agua* = 93°C

Ti_{agua} = *Temperatura inicial del agua* = 20°C

m_p = Masa de papa=1,707Kg

Cp_p = Capacidad calorífica de la papa=0,837 Kcal/Kg°C

Tf_p = *Temperatura final de la papa* = 74,5°C

Ti_p = *Temperatura inicial de la papa* = 23°C

m_{AL} = *Masa del recipiente de aluminio* = 0,85Kg

Cp_{AL} = Capacidad calorífica del aluminio= 0,21 Kcal/Kg°C

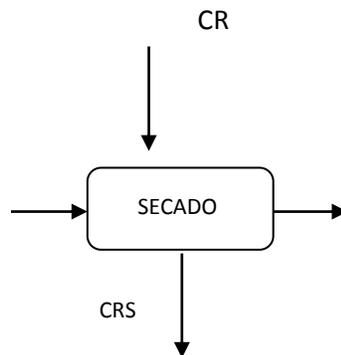
m_{H_2O} = Masa del agua=3,194Kg

λ_{H_2O} =Calor latente del agua=540 Kcal/Kg

Q_E = *Calor para el escaldado Kcal*

$Q_E = 1,707Kg * 0,837 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (74,5 - 23)^\circ\text{C} + 3,194Kg * 0,9993 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (93 - 20)^\circ\text{C} + 0,85Kg * 0,21 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (93 - 20)^\circ\text{C} + 3,194Kg * 0,5 \text{ Kcal/Kg} = 321,335\text{Kcal}$

Balance de energía en el proceso de secado



Para la determinación de la cantidad de calor que se requiere para el secado de rodajas de papa se utiliza la siguiente expresión matemática

$$Q_{vap} = m_{aire} * Cp_{aire} * \Delta T$$

Donde:

Q_{vap} =Cantidad de calor por evaporización (Kcal/h)

Cp_{aire} = Cantidad calórico del aire (Kcal/Kg°C)

ΔT =Variación de temperatura (°C)

m_{aire} = Caudal másico del aire (Kg/h)

La ecuación anterior también puede ser expresada como:

$$\Delta H = Q_{vap} = m_{aire} * Cp_{aire} * \Delta T$$

Esta ecuación es válida cuando no existe reacción química o cambio de estado entre lo componentes que intervienen en el proceso de transformación agroalimentario. Es decir, para sistema abierto.

La siguiente expresión matemática, citada por Valiente, (1994); se puede expresar como una función del cambio de entalpias iniciales y finales del aire en el secador:

$$Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * \Delta T = m_{aire} * (H_{final}^{\circ} - H_{inicial}^{\circ})$$

$$Q_{vap} = 7,432 \frac{Kg}{h} * 69,48 - 16,84 \frac{Kj}{Kg} * \frac{0,023884 Kcal/Kg}{1Kj/Kg} * 8h$$

$$Q_{vap} = 74,614 kcal$$

La cantidad de calor requerida en la producción de harina de papa será:

$$Q_{total} = Q_{vap} + Q_E$$

Reemplazando datos:

$$Q_{total} = 74,614 kcal + 321,335 Kcal$$

$$Q_{total} = 395,949 Kcal$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA

Para establecer las propiedades físicas de la materia prima, en la parte experimental del trabajo se han tomado quince muestras de papa variedad Marcela Ojosa.

El promedio de los resultados es la suma de todos los valores observados (peso papa, diámetro, longitud, peso cáscara, porción no utilizada, porción utilizada) dividido por el número de observaciones (diez). Se tomó en cuenta la expresión matemática citada por Murillo, (1990):

$$x = \frac{x_1 + x_1 + \dots x_n}{N}$$

Donde:

x = Valor promedio de los resultados

x_1, x_n = son los valores observados de las muestras

N = Número de observaciones

En la Tabla II-2, se muestran las características físicas de la papa variedad Marcela Ojosa, obtenidas en la caracterización de la materia prima.

Tabla IV-1 Características físicas de la papa variedad Marcela Ojosa

Muestras	Peso papa (g)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Peso cáscara (g)	Porción no utilizada (%)	Porción utilizada (%)
1	359,80	10,00	9,00	20,50	5,70	94,30
2	247,20	8,50	7,50	14,60	5,91	94,09
3	428,30	10,30	10,00	23,00	5,37	94,63
4	353,30	9,00	8,50	20,90	5,92	94,08
5	212,40	8,50	7,50	16,20	7,63	92,37
6	344,00	9,00	9,00	21,80	6,34	93,66
7	194,10	8,20	7,50	12,70	6,54	93,46
8	154,50	7,00	7,00	13,60	8,80	91,20
9	113,30	6,50	5,30	10,10	8,91	91,09
10	139,30	7,00	5,30	12,90	9,26	90,74
\bar{x}	254,62	8,40	7,66	16,63	7,04	92,96

Fuente: Elaboración propia, 2015

4.1.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

En la Tabla IV-2, se muestran los resultados obtenidos de la composición fisicoquímica de la papa variedad Marcela Ojosa, adquirida en el Mercado Campesino. Los análisis se realizaron en el INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS EN SALUD (INLASA)

Tabla IV-2 Composición fisicoquímica de la papa variedad Marcela Ojosa

Parámetro	Resultado	Unidad	Método
Valor energético	377	Kcal/100g	NB 312032-2006
Humedad	7,41	g/100g	NB 074-2000
Proteína	2,98	g/100g	ISO 20483-2006
Materia Grasa	No se detecta	g/100g	-----
Carbohidratos	88,79	g/100g	NB 312031-2010
Fibra cruda	0,46	g/100g	ISO 5498-1981
Cenizas	0,82	g/100g	NB 075-2000

Fuente: INLASA, 2015

4.2 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL PROCESO DE SECADO

Según Brenan, (1980), la temperatura es una variable controlable que depende de la sensibilidad del producto e influye directamente en el rendimiento del proceso, además cuanto mayor es la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y el alimento, mayor será la velocidad de transmisión de calor del alimento.

La expresión matemática citada por (Contreras,2005), se reordenó para realizar el cálculo del contenido de humedad en base seca, se obtiene la siguiente ecuación:

$$X = \frac{m_i - m_{ss}}{m_{ss}}$$

Donde:

X= Contenido de humedad en base seca (g de agua/g sólido seco)

m_i = Masa de muestra de papa

m_{ss} =Masa de sólido seco de papa

En la Tabla IV-3, se muestran los resultados del peso de las rodajas y el promedio de la variación del contenido de humedad en base seca de la papa variedad Marcela Ojosa

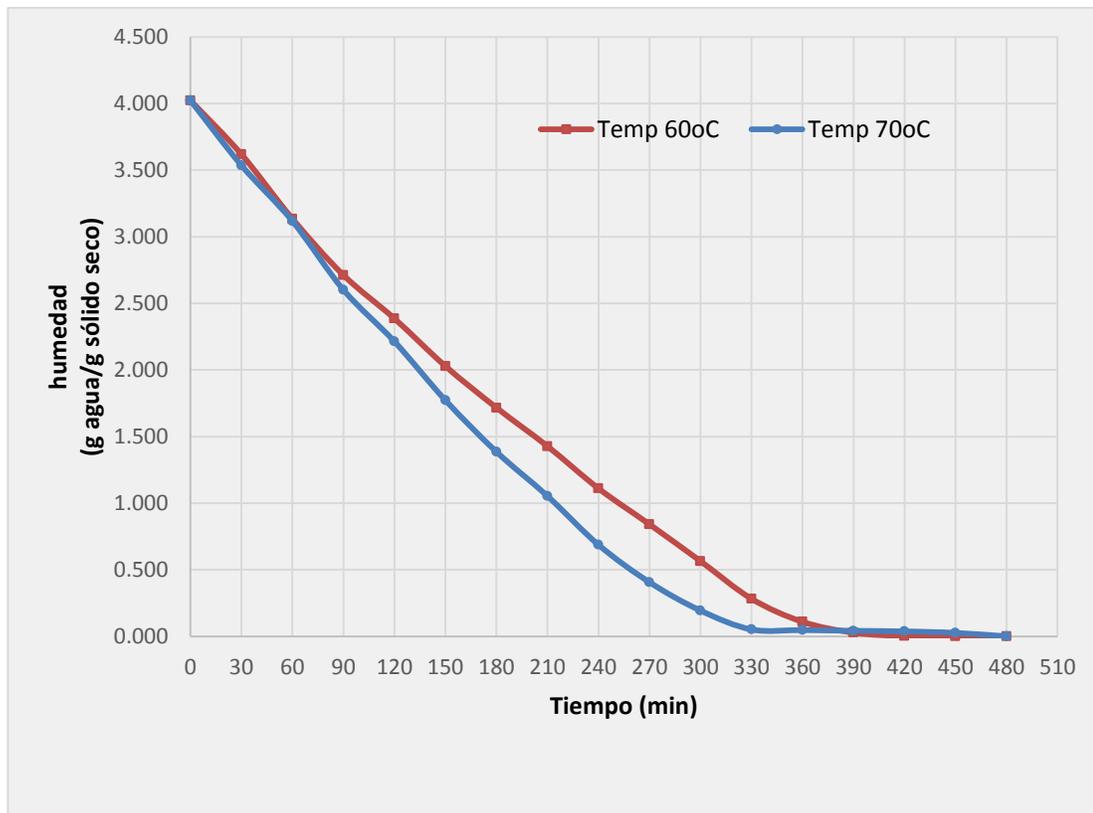
Tabla IV-3: Resultados del peso de las rodajas y el promedio de la variación del contenido de humedad en base seca de la papa variedad Marcela Ojosa

Tiempo (min)	Peso de rodaja (g)	X (g agua/g sólido seco)
0	8,765	3,196
30	8,246	2,947
60	7,463	2,573
90	6,936	2,320
120	6,411	2,069
150	5,921	1,834
180	5,273	1,524
210	4,781	1,289
240	4,232	1,026
270	3,721	0,781
300	3,321	0,589
330	2,724	0,304
360	2,171	0,039
390	2,134	0,022
420	2,130	0,019
450	2,125	0,017
480	2,089	0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la figura 4-1, se muestra la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de papa, tomando constantes las variables: E_I (espesor de la rodaja 2mm) y C_I (concentración de la solución de bisulfito de sodio 0,1 mg/ml); a diferentes temperaturas ($T_1=60^\circ\text{C}$ y $T_2= 70^\circ\text{C}$), con mediciones en intervalos de tiempo de 30 min (los datos en base a los cuales se realizó la figura 3 se encuentran insertos en el Anexo D)

Figura 4-1: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca E_1 y C_1 constantes



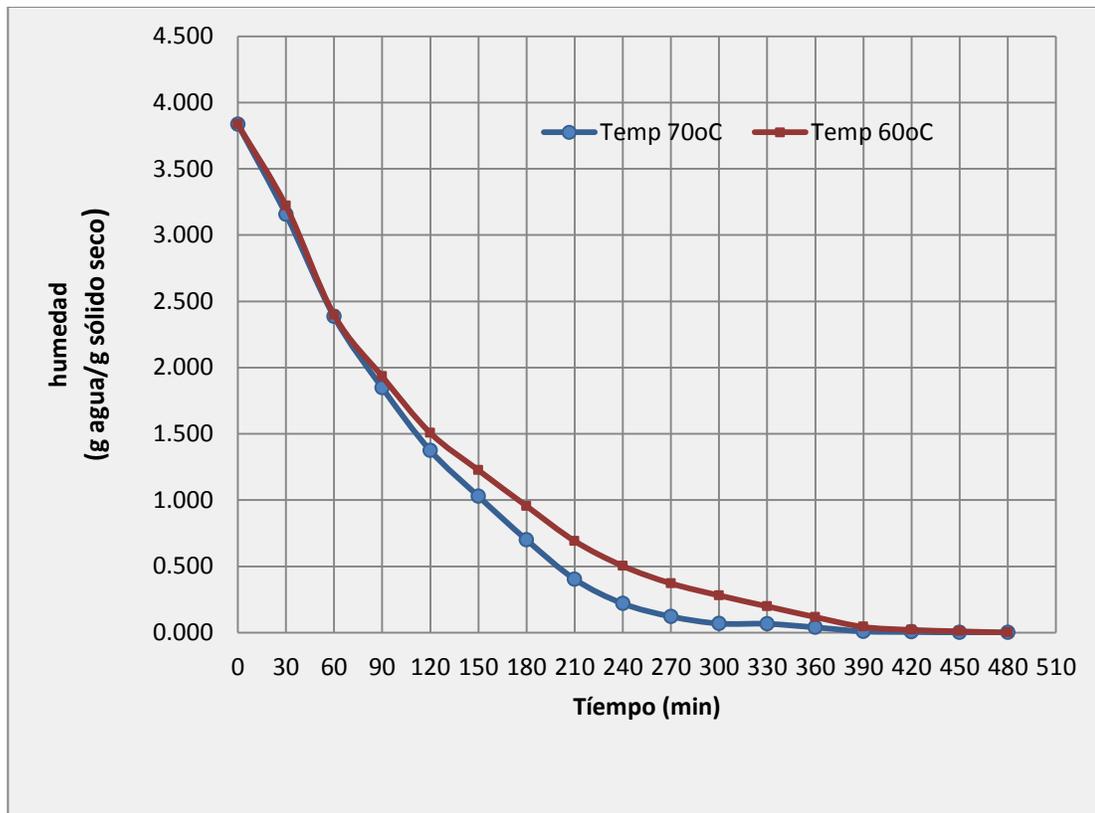
Fuente: Elaboración propia, 2015

Se observa en la Figura 4-1, que a medida que se incrementa la temperatura de 60°C a 70°C, el proceso de secado se ve favorecido en la variación del contenido de humedad final, es decir que al realizar el proceso de secado a una temperatura de 60°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 360 min, mientras que a 70°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 30 min; observándose que a los 70°C se había eliminado la humedad 30 min antes que a 60°C; sin embargo, también se observó que a mayor temperatura en el proceso de secado, la apariencia (color) del producto obtenido se fue oscureciendo (tornándose más amarillento), lo cual influye negativamente en la presentación del producto final.

En la Figura 4-2, se muestra la curva de secado de las muestras de papa, tomando constantes las variables: E_1 espesor de la rodaja 2mm y C_2 concentración de la

solución de bisulfito de sodio 0,2 mg/ml; a diferentes temperaturas $T_1=60^\circ\text{C}$ y $T_2=70^\circ\text{C}$, con mediciones en intervalos de tiempo de 30 min (los datos en base a los cuales se realizó la Figura 4-1 se encuentran insertos en el Anexo D).

Figura 4-2: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca a E_2 y C_1 constantes



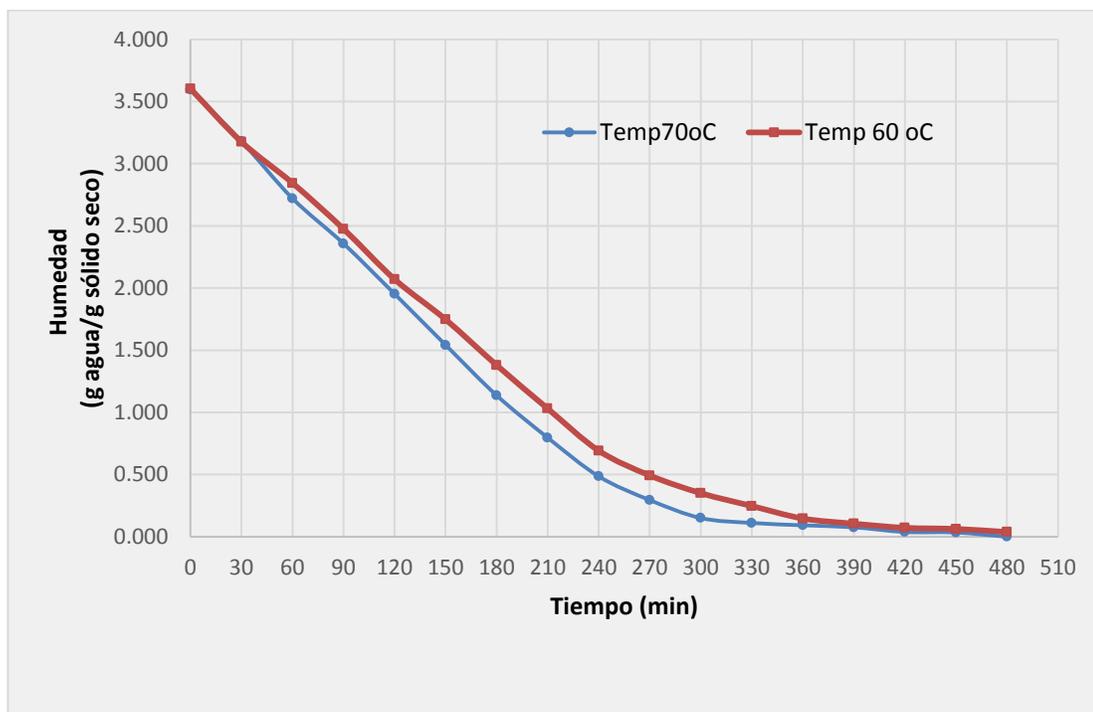
Fuente: Elaboración propia, 2015

Se observa en la figura 4-2, que a medida que se incrementa la temperatura de 60°C a 70°C , el proceso de secado se ve favorecido en la variación del contenido de humedad final, es decir que al realizar el proceso de secado a una temperatura de 60°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 360 min, mientras que a 70°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 330 min; observándose que a los 70°C se había eliminado la humedad 30 min antes que a 60°C ; sin embargo, también se observó que a mayor temperatura en el proceso de secado, la

aparición (color) del producto obtenido se fue oscureciendo (tornándose más amarillento), lo cual influye negativamente en la presentación del producto final.

En la Figura 4-3, se muestra la curva de secado de las muestras de papa, tomando constantes las variables: E_2 espesor de la rodaja 4mm y C_2 concentración de la solución de bisulfito de sodio 0,2 mg/ml; a diferentes temperaturas $T_1=60^\circ\text{C}$ y $T_2=70^\circ\text{C}$, con mediciones en intervalos de tiempo de 30 min (los datos en base a los cuales se realizó la figura 4-2 se encuentran insertos en el Anexo D).

Figura 4-3: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca a E_2 y C_2 constantes



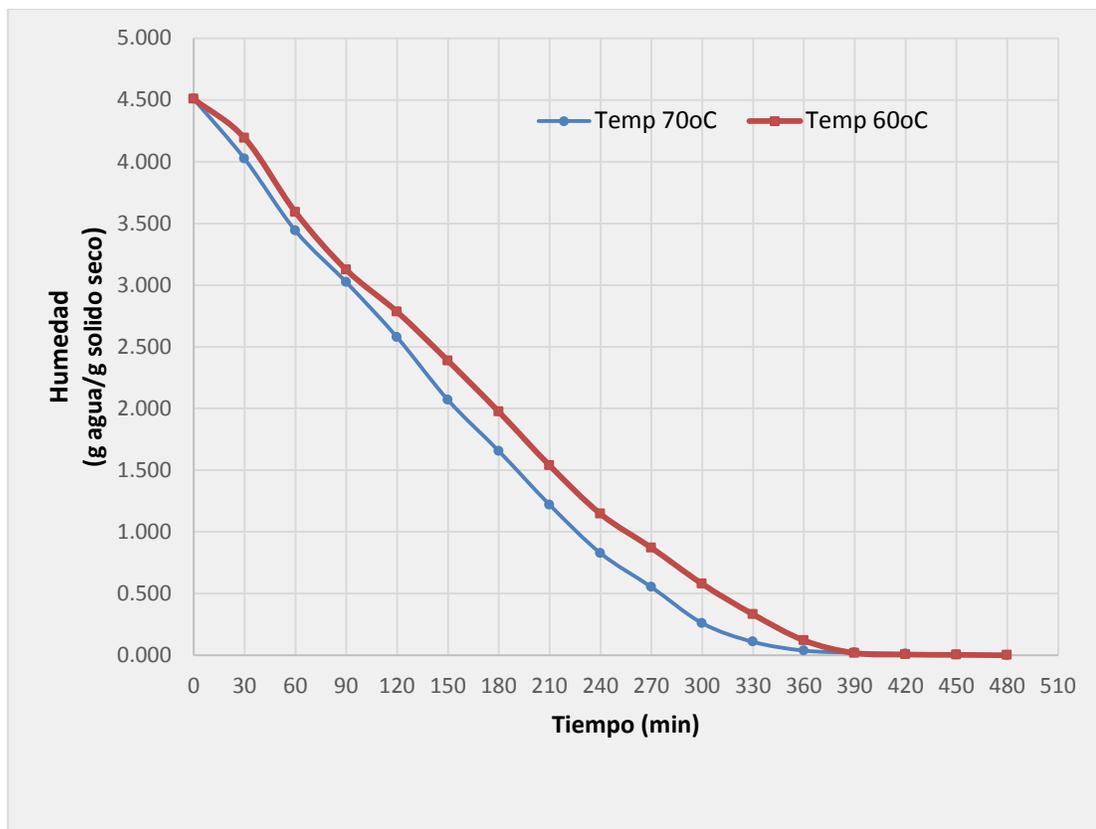
Fuente: Elaboración propia, 2015

Se observa en la Figura 4-3, que a medida que se incrementa la temperatura de 60°C a 70°C , el proceso de secado se ve favorecido en la variación del contenido de humedad final, es decir que al realizar el proceso de secado a una temperatura de 60°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 420 min, mientras que a 70°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 390 min;

observándose que a los 70°C se había eliminado la humedad 30 min antes que a 60°C; sin embargo, también se observó que a mayor temperatura en el proceso de secado, la apariencia (color) del producto obtenido se fue oscureciendo (tornándose más amarillento), lo cual influye negativamente en la presentación del producto final.

En la Figura 4-4, se muestra la curva de secado de las muestras de papa, tomando constantes las variables: E_1 espesor de la rodaja 2mm y C_2 concentración de la solución de bisulfito de sodio 0,2 mg/ml; a diferentes temperaturas $T_1=60^\circ\text{C}$ y $T_2=70^\circ\text{C}$, con mediciones en intervalos de tiempo de 30 min (los datos en base a los cuales se realizó la figura 4-3 se encuentran insertos en el Anexo D).

Figura 4-4: Variación del contenido de humedad a T_1 y T_2 en base seca a E_1 y C_2 constantes



Fuente: Elaboración propia, 2015

Se observa en la Figura 4-4, que a medida que se incrementa la temperatura de 60°C a 70°C, el proceso de secado se ve favorecido en la variación del contenido de humedad final, es decir que al realizar el proceso de secado a una temperatura de 60°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 390 min, mientras que a 70°C la fracción de humedad es aproximadamente cero a partir de los 360 min, observándose que a los 70°C se había eliminado la humedad 30 min antes que a 60°C; sin embargo, también se observó que a mayor temperatura en el proceso de secado, la apariencia (color) del producto obtenido se fue oscureciendo (tornándose más amarillento), lo cual influye negativamente en la presentación del producto final (los datos en base a los cuales se realizó la Figura 4-4 se encuentran insertos en el Anexo D).

4.3 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DEL DISEÑO FACTORIAL

Tomando en cuenta los niveles seleccionados de las variables:

A: temperatura de secado

$$a_1 = 60^\circ\text{C}$$

$$a_2 = 70^\circ\text{C}$$

B: concentración de la solución

meta bisulfito de sodio

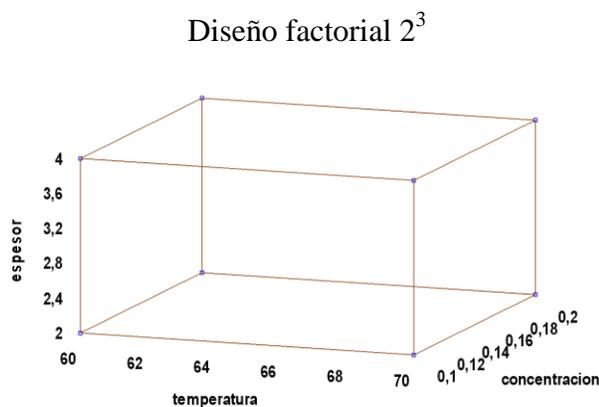
$$b_1 = 0,1\text{g/ml}$$

$$b_2 = 0,2\text{g/ml}$$

C: espesor de la rodaja de papa

$$c_1 = 0,2\text{mm}$$

$$c_2 = 0,4\text{mm}$$



Variable respuesta (humedad g de agua/g de sólido seco)

Los valores observados de la variable respuesta, de cada ensayo del diseño factorial bajo las distintas combinaciones de tratamientos del diseño factorial 2^3 , se muestran en la siguiente tabla IV-4

Tabla IV-4: Valores observados de la variable respuesta

Combinación de tratamientos	Humedad resultante
$a_1b_1c_1$	0
$a_2b_1c_1$	0
$a_1b_2c_1$	0
$a_2b_2c_1$	0,001
$a_1b_1c_2$	0,038
$a_2b_1c_2$	0
$a_1b_2c_2$	0
$a_2b_2c_2$	0

Fuente: Elaboración Propia,2015

Tal como se puede observar en la tabla precedente 6 de los 8 ensayos dieron como respuesta una humedad de 0 (g de agua/ g sólido seco), sin embargo el ensayo a 70 °C, 0,2 g/ml de meta bisulfito de sodio y con un espesor de rodaja de de 2mm mostró como humedad un valor de 0,001 (g de aguda/ g sólido seco); de igual forma, el valor obtenido del ensayo a 60 °C, 0,1 g/ml de meta bisulfito de sodio y con un espesor de rodaja de de 4mm, mostró una humedad con un valor de 0,038 (g de agua/ g sólido seco), siendo este último el valor más elevado obtenido de todos los ensayos realizados. A razón de lo expuesto es necesario efectuar los cálculos correspondientes para medir los efectos de cada factor y de sus interacciones durante el proceso de secado de todos los ensayos del diseño factorial; para tal finalidad, se procedió a examinar los resultados obtenidos del análisis de varianza de un factor evaluado en el programa SPSS (cuyos detalles se encuentran en el anexo K), donde se obtuvo como resultado que el factor que presenta menos significancia es el A (temperatura de secado), al igual que las interacciones AB y AC. Este resultado obtenido es debido a que independientemente del valor que asuma la temperatura (60°C o 70 °C), en el tiempo fijo establecido (8 h) en ambos se tiene una humedad de 0.

A medida que se fueron realizando todos los ensayos previstos, se realizaron las siguientes observaciones: cuando se utilizó 0,1g/ml y 0,2 mg/ de bisulfito de sodio durante los 20 minutos establecidos, se logró obtener una harina. En el caso de la inmersión de la papa en la solución de 0,1 g/ml de bisulfito de sodio durante 20 minutos resultó ser más adecuado porque se obtuvo una harina de muy buen color.

En cuanto al tratamiento de secado de las rodajas en la estufa a 70 °C, el agua fue eliminada en su totalidad a las 6 h, sin embargo, el color de la harina obtenida se oscureció notablemente.

Una vez que se obtuvieron las harinas, producto de cada ensayo del diseño factorial, a fin de seleccionar los niveles óptimos de cada variable, se realizó el análisis sensorial correspondiente, el cual se lo describe en un punto *posterior*.

4.4 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE TAMIZADO Y SELECCIÓN

El tamizado se lo realizó en un único ensayo, con mallas de 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,25mm y 0,063mm en las cuales se desarrollaron pruebas con: harina de trigo, harina de maíz y maicena para determinar el rango de granulometría de las harinas utilizadas en panificación. Con estas mallas se tamizó la harina de papa obtenida, obteniéndose los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV-5:Granulometría de harina de papa.

Clase	M	Masa Retenida (g)	Δx %Retenidos
1	2m/m	2,2	2,2
2	1m/m	76,8	76,8
3	0,25m/m	14,7	14,7
4	0,063	6,3	6,3
Suma		100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia,2015

Los valores de la granulometría obtenidos de la harina de papa en la molienda, indica la uniformidad de la acción del molino de martillos utilizado, ya que la distribución de partículas finas, medianas y gruesas respectivamente, permiten establecer la

calidad del producto obtenido. La mayor parte de la harina de papa obtenida y la harina de trigo presentan una granulometría similar (0,1mm). Esta similitud es importante, ya que garantiza que las mezclas de estas harinas y en la sustitución a distinto nivel presenten una distribución homogénea de las partículas, lo cual, tomando en cuenta que la harina de papa y la harina de trigo no se diferencian notablemente en color, favorece para realizar las mezclas correspondientes.

4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO OBTENIDO

Las harinas obtenidas mostraron características típicas de cada material, manteniendo su color y olor característicos, al tacto se perciben como un sólido suave fluido, sin aglomerados, propiedades tales que mantienen relación con tamaño de partícula, porcentaje de humedad y forma de conservación. Estas características son importantes al ser incorporados en una matriz alimentaria ya que influyen en los aspectos tecnológicos y sensoriales.

El análisis sensorial, se lo realizó mediante un panel de 12 jueces, docentes y estudiantes de la carrera de ingeniería química, quienes calificaron el grado de satisfacción de la harina de papa. Para tal finalidad, se emplearon los ocho productos obtenidos de acuerdo al diseño factorial, y ocho aplicaciones realizando puré de papa con los mencionados productos.

El modelo de test utilizado para la aceptabilidad general se encuentra en el anexo E. La prueba de preferencia se evaluó mediante el método de escala Hedónica donde se calificaron las siguientes características: apariencia, olor, color, textura y sabor; en la cual cada juez eligió entre las siguientes opciones y puntajes:

Cuadro 4,1. Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos de sabor, olor, color y textura.

PUNTAJE	ESCALA EDÓNICA
---------	----------------

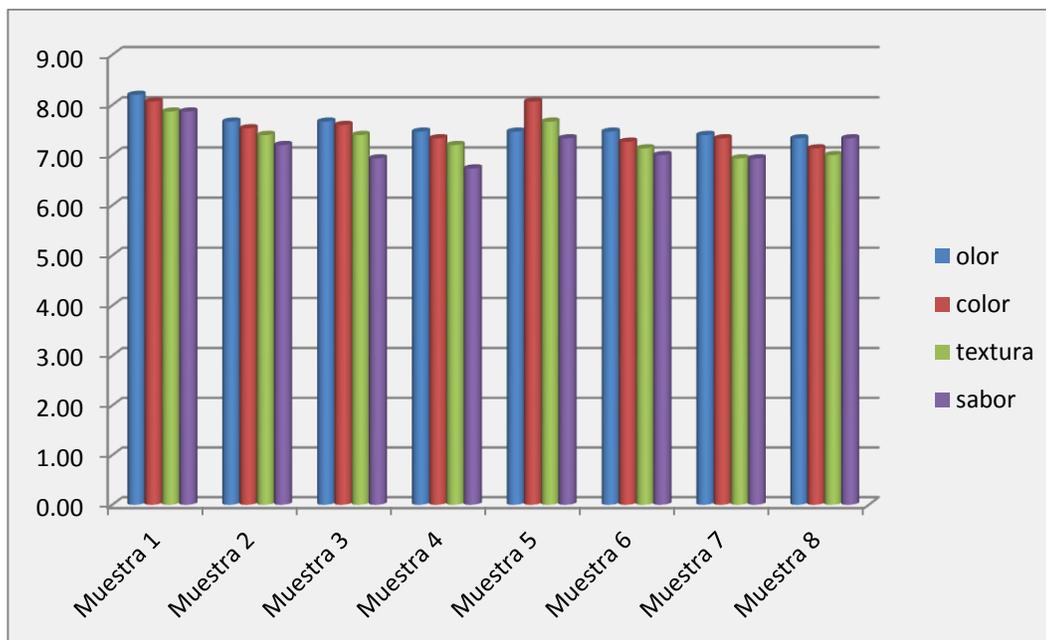
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Fuente: Elaboración propia, 2015

La evaluación se realizó de forma individual con el objeto de no ejercer influencia sobre los demás. Las pruebas se realizaron en un lugar tranquilo, lejos de ruidos y olores extraños, con buena iluminación natural. A los panelistas se les pidió anticipadamente su aceptación a participar en esta prueba y se les explicó de antemano las características generales de la evaluación y la responsabilidad que ellos tenían como jueces.

Las evaluaciones se realizaron en fechas distintas, como se muestran en las encuestas aplicadas Anexo H y concluidas las mismas, se tabularon los resultados y con esta información obtenida se determinaron los promedios finales de cada característica en cada muestra, como se puede evidenciar en el anexo I. A continuación se muestra un gráfico resumen con los resultados finales obtenidos:

Figura 3.5 Resultados del análisis sensorial de la harina de papa



Fuente: Elaboración propia,2015

Tal como se puede observar en la gráfica anterior, la muestra 1 presenta promedios más elevados en las cuatro características (color, olor, textura y sabor) establecidas para la escala hedónica, *razón por la que la muestra 1 se estableció como la seleccionada*; en este sentido vale la pena resaltar que este producto de acuerdo a lo comentado por los panelistas el que poseía el color mas blanco en cuanto a su aspecto, para una mayor producción y su posterior aplicación en diversos productos.

Después de obtener estos resultados, estos fueron sometidos a un análisis de varianza de un solo factor, mismo que fue realizado en una planilla de cálculo de Excel (anexo J), demostrando que no existe varianza con respecto a los resultados obtenidos, es decir, que no existen diferencias significativas entre las valoraciones de olor, color, sabor y textura de cada muestra.

4.6 VIDA ANAQUEL

El tiempo de vida útil del producto ha sido determinado mediante pruebas aceleradas de vida en anaquel, este método consiste en realizar experimentos de almacenamiento en condiciones extremas, para este caso 100% de humedad relativa y 40° C, el procedimiento utilizado se encuentra inserto en el anexo J. En este sentido Espinoza (1995), menciona que a medida que las condiciones ambientales se vuelven más agresivas habrá una reducción del tiempo de vida útil, por lo tanto los valores de vida útil hallados para la harina de papa y almacenado a condiciones extremas pueden ser extendidos si los productos se expenden a condiciones menos adversas como serían las condiciones ambientales de la ciudad de Tarija donde la temperatura y la humedad relativa son inferiores a lo experimentado (27° C y 60% Hr).

Tal como se puede apreciar en el procedimiento para la determinación de la vida anaquel de la harina de papa, es necesario determinar previamente tanto la humedad en equilibrio como la humedad crítica, datos que fueron obtenidos de bibliografía, tal como se muestra a continuación:

- **La humedad de equilibrio;** Se determinó que para la actividad de agua ($A_w=1$) o 100% de humedad relativa la humedad en equilibrio, tiene un valor de 26,137.
- **La humedad crítica;** Se determinó que el punto de Humedad crítica en base a los límites permisibles para la comercialización de harina de papa, en donde se establece que el contenido de agua no debe sobrepasar del 12%, razón por la que para mantener un margen de seguridad la humedad crítica fue fijada en un 11%.

Conocidos estos datos se procedió a determinar la razón de transferencia de humedad a través de la membrana semipermeable en este caso el empaque o película plástica de polipropileno flexible; para determinar el contenido de humedad total encerrado en este material de empaque bajo condiciones ambientales controladas, se realizaron pruebas que involucran la cantidad de humedad absorbida a través de la película

plástica utilizada para el almacenamiento, hacia el interior del empaque donde se encuentra el producto. Las condiciones ambientales fueron creadas dentro de una estufa para mantener los 40° C de temperatura y la humedad relativa de 100% con agua en un desecador; a continuación se detallan los resultados obtenidos de dicho análisis.

En el anexo L se muestran los datos de cambio de peso de la harina de papa en el envase de polipropileno por 20 días (tiempo que tarda en alcanzar el equilibrio la harina de papa), determinado para condiciones extremas de 40° C y 100% de HR.

La determinación del coeficiente de permeabilidad del envase se lo realizó, en base a las siguientes características del envase:

Tabla IV-6 Características del envase utilizado en la determinación del coeficiente de permeabilidad de vapor de agua

DIMENSIONES	POLIOPROPILENO FLEXIBLE
Densidad del producto g/cm³	0,657
Volumen del envase (cm³)	304,5
Cantidad de producto (g)	200
Ancho (cm)	14,5
Largo (cm)	21
Área de una cara (cm²)	304,5
Área de permeación (ambas caras cm²)	609

Fuente: Elaboración propia,2015

Las características de los envases juegan un rol importante ya que protegen la vida en anaquel de los alimentos. El área de permeación de los envases tendrá gran influencia en la transferencia de vapor de agua.

El objetivo fue medir la cantidad de vapor de agua que pasa a través del material de empaque hacia el producto. La unidad de medida es el vapor de agua que pasa por

1m² de material durante 24 horas a temperatura y humedad específica. El coeficiente de permeabilidad de vapor de agua fue obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{coeficiente de permeabilidad } P_{H_2O} = \frac{WVTRx^f}{\Delta P}$$

Donde:

WVTR= Tasa de transmisión de vapor de agua

Q/t = Pendiente entre el nuevo peso ganado en un tiempo t, g/día

f= Espesor de la película plástica expresada en la unidad mil. (1mil=25,4µm)

A= Área de la superficie de permeabilidad

ΔP= Diferencia de la presión parcial

Tabla VI-7 Datos cálculo del Coeficiente de permeabilidad de vapor de agua del polipropileno flexible

Q/T (g/día)	Área	WVTR	ΔP	Espesor envase	Coeficiente de permeabilidad
0,073	0,0609	1,204	55,3	1,57	0,034

Fuente: Espinoza (1995)

4.7. PREDICCIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL

Para realizar la predicción de vida útil de la harina de papa envasada, primero se definen las condiciones ambientales extremas en que se trabajaron para el análisis (100% HR a 40°C). El valor de la presión a 100% HR es 36.66 mm Hg

De esta manera se obtiene que el tiempo de vida útil de la harina de papa es de 455 días, (del producto en conjunto con el empaque); los datos y el procedimiento de cálculo de la vida anaquel se encuentra inserto en el anexo P

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Según todo lo descrito y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se establecen las siguientes conclusiones:

- La harina de papa es un producto que actualmente no está siendo elaborado en nuestro país, sin embargo por el gran potencial que posee, aportaría a la industria alimentaria un gran beneficio como sustituto parcial de la harina de trigo.
- De las pruebas y análisis fisicoquímicos realizadas a la papa variedad Marcela Ojosa, se determinaron los siguientes resultados: Valor energético: 377 Kcal/100g, **Humedad: 74,1 g/100g**, Proteína: 2,98 g/100g, Materia grasa (no se detecta), Carbohidratos: 88,79 g/100g, Fibra cruda: 0,46g/100g, y Cenizas 0,82g/100g. Asimismo se determinó que una papa de esta variedad presenta la siguientes características: **Peso:** 254,62 g, **Diámetro:** 8,40 mm, **longitud:** 7,66mm, **porcentaje utilizable** de **92,96%**, el porcentaje restante lo constituye la cáscara que se desecha durante el escaldado.
- En función al diseño factorial de tres variables a dos niveles cada una y luego de realizar los ensayos respectivos, se llega a la conclusión de que el producto debe ser elaborado bajo las siguientes condiciones:

Temperatura	60° C
Espesor	2mm
Concentración meta bisulfito de sodio	0,2g/ml

- Según las fracciones de harina obtenida posteriormente a su tamizado se obtuvo un 85% de la harina con una granulometría entre 0,20mm y 0,25mm similar a la harina de maíz y el 15% restante contenía granulometrías entre 0,20mm y 0,063mm similar al almidón de maíz.
- De acuerdo a los balances de materia y energía realizados en el proceso de la elaboración de la harina de papa, se determinó que: de 1706,7g de papa se obtiene 355,414g de harina de papa, habiendo la mayor pérdida de materia

prima al deshidratarse la papa en el proceso de secado con un 78,73% (agua). La energía en forma de calor requerida para el proceso de elaboración de la harina de papa es de 395,949

- Según las propiedades organolépticas y fisicoquímicas obtenidas de la harina de papa, se obtuvieron los siguientes resultados : -Valor energético 367 Kcal/100g, -Humedad 7,63g/100g, -Proteína 7,93g/100g, -Materia grasa (no se detecta), -Carbohidratos 81,63g/100g, -Fibra cruda 0,41g/100g, -Cenizas 0,81 g/100g y organolépticos son: coliformes totales < 10 (*), Mohos y levaduras $1,0 \times 10^1$
- La harina de papa obtenida puede ser conservada de acuerdo a los parámetros de calidad establecidos por un tiempo de 455 días.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere continuar con las investigaciones de harina de papa debido a que es un producto nuevo, aplicable sobre todo en productos de panadería y otros productos en los cuales intervengan como materia prima la "Harina de papa".
- Se sugiere que se realice una investigación sobre la cuantificación de almidones en la harina de papa obtenida, por su considerable contenido de este compuesto y tomando en cuenta que actualmente en los laboratorios de nuestro medio no se realiza esta determinación.
- Se sugiere probar con otros tipos de reactivos en el pre tratamiento térmico para conservar de una mejor manera el color del producto final.
- Se sugiere investigar la influencia del material de otros envases (papel industrial, polipropileno rígido, etc.) en la determinación de la vida anaquel de la harina de papa.
- Se sugiere habilitar en los laboratorios de la U.A.J.M.S., más estufas adecuadas para la realización de investigaciones aplicadas que tengan como objeto el análisis del proceso de secado.

BIBLIOGRAFIA

Álvarez, V. (2006). *Efecto de las condiciones de almacenamiento en el tiempo de vida útil de productos de consumo masivos de baja humedad empacados en películas plásticas. Tesis de grado (Ingeniero de alimentos). Escuela superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción. Guayaquil – Ecuador.*

Alimentatec. 2008. *Metabisulfito de sodio.* De:
<http://www.alimentatec.com/muestrapaginas.asp?nodo1=89&nodo2=0&idcontenido=555&content=18>

Bonilla ,2013. *HARINA DE PAPA SOLOMA (Solanum tuberosum) PARA UTILIZARLA EN PANIFICACIÓN*

<http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/AGI/0001651-ADTESBH.pdf>

BRODY, A.L. (2003) *Predicting Packaged Food Shelf Life. Food Technology.*

Canovas, G. y Mercado, H. 2000. *Deshidratación de alimentos. Trad. por. I. Barzrivias. Zaragoza, ES. Edit. Acribia, S.A. 297pág.*

CASP, A. y ABRIL, J., 1999. *Procesos de conservación de alimentos. Ediciones Mundi=Prensa. Madrid, España. 494 p.*

Castañeda C. 2013. *Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gLMS) utilizada por personas de dos regiones de América Latina. De*

<http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1832/1/AGI-2013-046.pdf>

Cava, 2008. *Metabisulfito de sodio o potasio.* De:

http://www.cavaargentina.com/component/option,com_glossary/func,view/Itemid,39/cated,51/term,metabisulfito+de+sodio+o+potasio/lang,es/

CHARM, S.E. (2007). *Food engineering applied to accommodate food regulations, quality and testing. Alimentos ciencia e ingeniería.*

Córdova y col, 2000. *Producción y comercialización de pan de harina de papa en la ciudad de Guayamil* .De:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11912/1/Producci%C3%B3n%20y%20comercializacion%20de%20pan%20de%20harina%20de%20papa.pdf>

Decagon, 2008. *Water Activity - Stability Diagram (en línea)*. De: http://www.decagon.com/food_science/info/safety.php

Jorge E. Devia Pineda, Ph.D

Devia P. J., 2010 DISEÑO CONCEPTUAL PARA EL PROCESO DE LA DESHIDRATACIÓN DE LA PAPA

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/.../1/2010_11_Jorge_Devia.pdf

DRISCOLL R. H. AND PATERSON J. L., (1998). *Packaging and Food Preservation*. USA.

FAO,2008. *Cultivo de la papa*. De: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/>

FELLOWS, P. (1994) *Tecnología del procesado de alimentos*. Editorial Acribia Zaragoza España.

Geankoplis C. J., 1998. *Proceso de Transporte y Operaciones unitarias*. Editorial CECSA. 578-601

Igbeka, J. C., 1977. *Moisture movement and equilibria in the dehydration of cassava and white potato* ,

INLASA, 2005. (Instituto Nacional de Laboratorios en Salud). 2005. *Tabla boliviana de composición de alimentos*.

LABUZA, T. P., (1982). *Shelf-life dating of foods*. Connecticut, Food & Nutrition Press, INC.

LAU, M. (1992) *Determinación de vida en anaquel mediante pruebas aceleradas en margarina vegetal*. Tesis Universidad Agraria La Molina Lima. **PITA, M. M. (2006)** *Maíz y nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Componentes nutricionales del grano de maíz*. Argentina. Pp 44-50.

Méndez, F. y Sammartino, R., 2006. *Herramientas para la verificación de BMP: Capacitación y Entrenamiento en control de parámetros. Boletín #4. Buenos Aires. Edit. Instituto Nacional de Alimentos.* De:
http://www.anmat.gov.ar/BoletinesBromatologicos/boletin_inal_4.pdf

Michelis, A. 2008. *Cambios de volumen, área superficial y factor de forma de Heywood durante la deshidratación. Brazil. Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.28 no.2 Campinas Apr. /June 2008. 35p*

Mujumdar, A. 2000. *Drying technology in Agriculture and Food Sciences. Enfield, NH, USA. Edit. Science Publishers, Inc. 313p*

Nuñez, A. 1988. *ELABORACION DE HARINA DE PAPA PARA USO EN ALIMENTOS.* De:
<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=20342&docs=UAM20342.PDF>

Pertuz, S. L., 2010. *Harina de papa soloma (solanum tuberosum) para utilizarla en panificación .* De:
<http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/memorias/podernutricional.pdf>

Okos, M. R., 1992. *Food dehydration en Handbook of Food Engineering, D. R. Heldman y D. B. Lund, pag. 620.*

Ordóñez, 2007. *Elaboración de harina de camote. Investigación aplicada. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).*

Perry R. H., Green D. W., Maloney J. O., 1996. *Manual de Ingeniero Químico. Tomo II. Ed. McGRAW-HILL, 20-23*

RIGAPLAST INDUSTRIAL S.A., (2010). *Fábrica de bolsas y bobinas de plásticos. Barcelona. De: www.rigaplast.com*

Rizvi, S. S. H., 1986. *Thermodynamic properties of foods in dehydration, en Engineering Properties of Food. M. A. Rao y S. S. H. Rizvi (eds), Marcel Dekker, Nueva York, pags. 133-214*

Rizvi S. S. H. y Mittal, G. S., 1992. *Experimental methods in food engineering.* Van Nostrand, Reinhol, Nueva York

Rodriguez B. G. y col, 2004. *Harina de arracacha.* De: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/jspui/bitstream/11348/4714/1/Harina%20de%20arracacha.pdf>

SINGH, R., (1998). *Introducción a la Ingeniería de los Alimentos,* Ed. Acribia. S.A. Zaragoza España.

SHARMA, S.; MULVANEY, S. y RIZVI, S., 2003. *Operaciones unitaria y práctica de laboratorio.* Editorial Limusa S.A. México, D.F. 348 p.

Treybal R. E., (2001). *Operaciones de Transferencia de Masa.* Editorial McGRAW-HILL. Segunda Edición 212-217

VARILLAS, S. C., (2004). *Determinación de vida en anaquel de la harina de maca (Lepidium meyenii walp) instantánea en envase de polipropileno por modelos probabilísticos.* Tesis de grado (Ingeniero en industrias alimentarias). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.

VIDALES, G. D., (2000). *El mundo del envase: manual para el diseño y producción de envases y embalajes.* México.

VIDALES, G. D., (2000). *El mundo del envase: manual para el diseño y producción de envases y embalajes.* México.

VILLA, (2000). *El cultivo de la papa (Solanum tuberosum).* De: <http://www.monografias.com/trabajos35/papa/papa.shtml>

ANEXO A

***PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y
ORGANOLÉPTICAS DE LA PAPAY HARINA
DE PAPA VARIEDAD "MARCELA OJOSA"***



LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Página: 1 de 1

No. LCA-FR-38-1084-15	Muestra: PAPA MARCELA OJOSA
Nombre de Cliente: Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria - UVCCIA	
Dirección del cliente: Pasaje Rafael Zubieta No 1889	
Procedencia: Tarija	Cantidad: 999 g
Procedencia: Polietileno	Tarjeta de muestreo: 56199
Acta de muestreo: 405115	Fecha de muestreo: 2015-07-24
Fecha de muestreo: 2015-07-24	Hora: 08 h 00
Fecha de ingreso a laboratorio: 2015-07-24	Hora: 09 h 00
Fecha de análisis: 2015-08-27	Hora: 08 h 30

RESULTADO

CARACTERES ORGANOLEPTICOS	
Color	PROPIO
Olor	PROPIO
Sabor	PROPIO
Aspecto	PROPIO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO	LIMITE REF.
Valor energetico	377	Kcal/100g	NB 312032-2006	Sin Limite de Referencia
Humedad	7,41	g/100g	NB 074-2000	Sin Limite de Referencia
Proteina	2,98	g/100g	ISO 20483-2006	Sin Limite de Referencia
Materia Grasa	No se detecta	g/100g	-----	Sin Limite de Referencia
Carbohidratos	88,79	g/100g	NB 312031-2010	Sin Limite de Referencia
Fibra Cruda	0,46	g/100g	ISO 5498-1981	Sin Limite de Referencia
Cenizas	0,82	g/100g	NB 075-2000	Sin Limite de Referencia

CLASIFICACION: PAPA MARCELA OJOSA

Analista(s): Dra. Deydi Vasquez

La Paz, 11 de Agosto del 2015



 M. Sc. Pamela Videla Velasco COORDINADORA DE LA UNIDAD DE CONTROL INLASA RESPONSABLE TÉCNICO	 DIRECTORA GENERAL EJECUTIVA
--	--

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al Laboratorio.
Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del Laboratorio.



LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Página: 1 de 1

No. LCA-FR-38-1083-15	Muestra: HARINA DE PAPA MARCELA
Nombre de Cliente: Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria - UVCCIA	
Dirección del cliente: Pasaje Rafael Zubieta No 1889	
Dirección: Tarija	
Procedencia: Polietileno	Cantidad: 489 g
Acta de muestreo: 405115	Tarjeta de muestreo: 56200
Fecha de muestreo: 2015-07-24	Hora: 08 h 00
Fecha de ingreso a laboratorio: 2015-07-24	Hora: 09 h 00
Fecha de análisis: 2015-08-24	Hora: 08 h 30

RESULTADO

CARACTERES ORGANOLEPTICOS	
Color	PROPIO
Olor	PROPIO
Sabor	PROPIO
Aspecto	PROPIO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO	LMITE REF
Valor energetico	367	Kcal/100g	NB 312032-2006	Sin Limite de Referencia
Humedad	7,63	g/100g	NB 074-2000	Sin Limite de Referencia
Proteina	7,93	g/100g	ISO 20483-2006	Sin Limite de Referencia
Grasa	No se detecta	g/100g	NB 103-1997	Sin Limite de Referencia
Carbohidratos	81,63	g/100g	NB 312031-2010	Sin Limite de Referencia
Fibra Cruda	0,41	g/100g	ISO 5498-1981	Sin Limite de Referencia
Cenizas	2,81	g/100g	NB 075-2000	Sin Limite de Referencia

CLASIFICACION: HARINA DE PAPA MARCELA

Analista(s): Dra. Deyal Vasquez

La Paz, 11 de Agosto del 2015



 M. Sc. Patricia Videla Velasco COORDINADORA EJECUTIVA DE CONTROL INLASA RESPONSABLE TÉCNICO	 DIRECTORA GENERAL EJECUTIVA
---	---------------------------------

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al Laboratorio.
Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del Laboratorio.

Dirección: Rafael Zubieta N° 1889 (lado del Estado Mayor General del Ejército) Miraflores. Casilla M - 10019
Teléfonos: 2226048 - 2226670 - 2225194 - 2225198. Fax: 591-2-2228254 - 2225007
Página web: www.inlasa.gob.bo. La Paz-Bolivia



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO
"CEANID"



Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos "RELOAA"
 Miembro de la Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
 Laboratorio Oficial del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentos "SENASAG"

AL-199/15

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cliente:	Ana Gabriela Salazar Salazar
Solicitante:	Ana Gabriela Salazar Salazar
Dirección del cliente:	Calle Ingavi y Pasaje Las Rosas s/n-Barrio Villa Fátima
Procedencia: localidad/provincia/departamento	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia
Lugar de muestreo:	Lugar de elaboración
Fecha de muestreo:	2015-08-25
Responsable(s) del muestreo:	Ana G. Salazar
Fecha de recepción de la muestra	2015-09-02
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 2015-09-02 al 2015-09-07
Fecha de ejecución de la muestra:	Harina de papa variedad Marcela Ojosa: Muestra 1
Caracterización de la muestra:	Puntual
Tipo de muestra:	Plástico
Envase:	688 MB 324
Código CEANID:	

Parámetro	Técnica	Unidad	Muestra 1 688 MB 324
Coliformes totales	NB 32005	ufc/g	< 10 (*)
Mohos y levaduras	NB 32006	ufc/g	1.0 x 10 ¹

(*) = No se observa desarrollo de colonias

NB: Norma Boliviana

NOTA.- Los resultados se refieren sólo a la muestra ensayada.

Este informe de ensayo sólo puede ser reproducido en su forma total con aprobación escrita del CEANID.
 Los datos de la muestra y del muestreo fueron suministrados por el solicitante.

Tarija, 07 de septiembre de 2015

Ing. Adalid Acefuno
 JEFE CEANID

c.c. Arch.



ANEXO B
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL

INTRODUCCIÓN

La parte experimental del trabajo para la “Obtención de harina de papa” se realizará en los predios de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, concretamente en el Laboratorio de CEANID.

EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

A continuación se describirán equipos, instrumentos y material de laboratorio

EQUIPOS

Los equipos utilizados para la obtener la harina de papa son:

Estufa de bandejas.-Sus características técnicas se detallan a continuación:

Marca	BINDER
Modelo	53 FD
Carga por estante	15 Kg
Carga permitida	40 Kg
Potencia nominal	1,60 Kw
Capacidad	6 bandejas
Dimensiones internas	400 mm de alto 330mm de profundidad

Fuente: Elaboración propia,2015

Balanza eléctrica.-Sus características técnicas se detallan a continuación:

Marca	KERN
Tipo	ABS 220-4
Capacidad	220g

Fuente: Elaboración propia,2015

Balanza de humedad.-Sus características técnicas se detallan a continuación:

Marca	AND MX-50
Capacidad	51 g
Código	2701.1209.8-39904

Fuente: Elaboración propia,2015

MATERIAL DE LABORATORIO Y UTENSILIOS DE COCINA

Los materiales de laboratorio utilizados en el trabajo se detallan a continuación:

Material de Laboratorio

Materiales de laboratorio	Capacidad	Tipo de material
Termómetro	0-100 °C	Bulbo de mercurio
Piseta	Mediano	Plástico
Baso de precipitación	800ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia,2015

Los utensilios de cocina utilizados en el trabajo se detallan a continuación:

Utensilios de cocina

Utensilios de cocina	Capacidad	Tipo de material
Cuchillo	Mediano	Acero inoxidable
Fuentes	Mediano	Acero inoxidable
Fuentes	Mediano	Plástico
Olla común	Mediano	Acero inoxidable
Cortador tipo cuchilla de paso regulable	Mediano	Acero inoxidable
Colador	Mediano	Aluminio

Fuente: Elaboración propia, 2015

MATERIA PRIMA Y REACTIVOS

MATERIA PRIMA

La materia prima que se utilizará para realizar el trabajo de investigación es papa variedad Marcela Ojosa que será adquirida en el Mercado Campesino de la ciudad de Tarija

REACTIVOS

Para el presente trabajo de investigación se utilizará los siguientes reactivos:

- Agua destilada
- Bisulfito de sodio

ANEXO C
FOTOGRAFÍAS



Figura C.1

Papa en proceso de lavado



Figura C.2

Papa lavada



Figura C.3

**Material utilizado en el proceso del
escaldado**

Figura C.5



Figura C.4

Papa en proceso de escaldado

Figura C.6



Desechos recolectados en el proceso del pelado



Figura C.7

Rallador de paso regulable

Desechos recolectados en el proceso del pelado



Figura C.8

Papas cortadas en rodajas

Figura C.9
Reactivo de bisulfito de sodio



Figura C.10



Inmersión en bisulfito de sodio

Figura C.11



Rodajas de papas en las bandejas de la estufa



Figura C.13

Rodajas de papas dentro del secador

Figura C.12

Estufa de bandejas





Figura C.14
Molino de martillos



Figura C.15
Tamiz



Figura C.16
Harina dentro del tamiz

Figura C.16



Elaboración de la harina de papa (puré de papas)



Figura C.17

**Aplicación de la prueba sensorial
(Juez degustando aplicación de la
de harina de papa)**



Figura C.18

**Muestra seleccionada
de acuerdo a la prueba
sensorial**

ANEXO D
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE
LA PAPA MARCELA OJOSA

Tabla D-1: Variación de la pérdida y contenido de humedad en muestras de papa deshidratada a T_1 y T_2 en base seca E_1 y C_1 constantes

TIEMPO (min)	MASA RODAJA (g)	HUMEDAD (g agua/g sólido seco)	MASA RODAJA (g)	HUMEDAD (g agua/g sólido seco)
0	9,068	4,024	9,068	4,024
30	8,337	3,619	8,187	3,536
60	7,463	3,135	7,432	3,117
90	6,700	2,712	6,5	2,601
120	6,111	2,386	5,8	2,213
150	5,466	2,028	5,004	1,772
180	4,903	1,716	4,305	1,385
210	4,381	1,427	3,706	1,053
240	3,809	1,110	3,045	0,687
270	3,323	0,841	2,538	0,406
300	2,824	0,565	2,154	0,193
330	2,314	0,282	1,898	0,052
360	2,002	0,109	1,89	0,047
390	1,855	0,028	1,88	0,042
420	1,808	0,002	1,872	0,037
450	1,806	0,001	1,852	0,026
480	1,805	0,000	1,805	0,000

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla D-2: Variación de la pérdida y contenido de humedad en muestras de papa deshidratada a T_1 y T_2 en base seca a E_2 y C_1 constantes

TIEMPO (min)	MASA RODAJA (g)	HUMEDAD (g agua/g sólido seco)	MASA RODAJA (g)	HUMEDAD (g agua/g sólido seco)
0	17,308	4,507	17,308	4,507
30	15,786	4,023	16,312	4,190
60	13,956	3,440	14,429	3,591
90	12,643	3,023	12,959	3,123
120	11,241	2,577	11,889	2,783
150	9,645	2,069	10,645	2,387
180	8,345	1,655	9,345	1,973
210	6,976	1,220	7,976	1,538
240	5,745	0,828	6,745	1,146
270	4,883	0,554	5,883	0,872
300	3,963	0,261	4,963	0,579
330	3,487	0,109	4,187	0,332
360	3,265	0,039	3,525	0,122
390	3,212	0,022	3,202	0,019
420	3,184	0,013	3,164	0,007
450	3,155	0,004	3,156	0,004
480	3,143	0,000	3,146	0,001

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla D-3: Variación de la pérdida y contenido de humedad en muestras de papa deshidratada a T_1 y T_2 en base seca a E_2 y C_2 constantes

TIEMPO (min)	MASA RODAJA (g)	HUMEDAD (g agua/g sólido seco)	MASA RODAJA(g)	HUMEDAD (g agua/g sólido seco)
0	11,333	3,835	11,333	3,835
30	9,893	3,221	9,743	3,157
60	7,963	2,397	7,932	2,384
90	6,875	1,933	6,675	1,848
120	5,875	1,506	5,564	1,374
150	5,216	1,225	4,754	1,028
180	4,582	0,955	3,984	0,700
210	3,963	0,691	3,288	0,403
240	3,522	0,503	2,858	0,219
270	3,214	0,371	2,629	0,122
300	3,001	0,280	2,504	0,068
330	2,808	0,198	2,499	0,066
360	2,618	0,117	2,436	0,039
390	2,444	0,043	2,365	0,009
420	2,391	0,020	2,355	0,005
450	2,366	0,009	2,346	0,001
480	2,344	0,000	2,344	0,000

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla D-4: Variación de la pérdida y contenido de humedad en muestras de papa deshidratada a T_1 y T_2 en base seca a E_1 y C_2 constantes

TIEMPO (min)	MASA RODAJA (g)	HUMEDAD (g agua/g solido seco)	MASA RODAJA(g)	HUMEDAD (g agua/g solido seco)
0	11,104	3,604	11,084	3,595
30	10,073	3,176	10,084	3,181
60	9,274	2,845	8,976	2,721
90	8,383	2,476	8,099	2,358
120	7,407	2,071	7,123	1,953
150	6,627	1,748	6,132	1,542
180	5,741	1,380	5,154	1,137
210	4,898	1,031	4,334	0,797
240	4,082	0,692	3,584	0,486
270	3,601	0,493	3,123	0,295
300	3,258	0,351	2,775	0,150
330	3,008	0,247	2,679	0,111
360	2,765	0,146	2,634	0,092
390	2,665	0,105	2,594	0,075
420	2,585	0,072	3	0,038
450	2,563	0,063	2,494	0,034
480	2,503	0,038	2,412	0,000

Fuente: Elaboración propia, 2015

ANEXO E

***DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE
ESCALDADO, INMERSIÓN EN LA
SOLUCIÓN DE NaHSO_3 , SECADO,
MOLIENDA, TAMIZADO Y ENVASADO***

1. ESCALDADO

El escaldado es un proceso de tratamiento térmico de corta duración y a temperatura moderada. Generalmente consiste en mantener el producto algunos minutos: 1,5 a 4 min a una temperatura próxima a 95-100°C (CASP y ABRIL, 1999); por lo general se aplica a frutas y hortalizas antes de la congelación, el secado o enlatado (SHARMA et al., 2003).

El escaldado se lleva a cabo principalmente para inactivar enzimas antes de la congelación o la deshidratación. Los alimentos congelados o deshidratados sin escaldar experimentan cambios relativamente rápidos en las propiedades de calidad como color, sabor, textura y valor nutricional debido a la continua actividad de las enzimas (SHARMA et al., 2003).

2. INMERSIÓN EN LA SOLUCIÓN DE $NaHSO_3$

El meta bisulfito de sodio es una sal que en combinación con el agua forma anhídrido sulfuroso y ácido sulfuroso. Es una de las formas del agregado de anhídrido sulfuroso al vino (Cava, 2008). El dióxido de azufre (uno de los resultantes de la unión del meta bisulfito con agua) es uno de los antimicrobianos más antiguos, empleado de forma tradicional en productos como el vino. Además de inhibir a una gran cantidad de microorganismos, actúan como antioxidantes y evitan pardeamientos. Este compuesto es más activo frente a bacterias (lácticas y acéticas) que frente a mohos y levaduras y es más activo en su forma disociada del ácido. Aplicaciones muy diversas: Vinificación: Saneamiento de equipos, inhibición del crecimiento de microorganismos, clarificación. Productos cárnicos: Mejora de color/aroma, control bacterias superficiales. Además de ser el único fungicida permitido para manzanas. Ayuda a evitar los cambios de color en frutas y verduras secas, zumos de frutas, bebidas no carbonatadas, etc. A dosis elevadas produce olores y sabores desagradables que limitan su uso. Además su efecto blanqueante puede conducir a error o fraude hacia el consumidor. Los sulfitos han sido asociados a algunas reacciones alérgicas (principalmente asmáticas) (Alimentatec, 2008)

3. SECADO

Los términos de secado y deshidratado se relacionan mucho, debido a que los dos se refieren al proceso de eliminación de agua, la diferencia está en el contenido final. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, define como producto deshidratado al que no contiene más del 2.5% de agua (base seca) y como alimento seco todo aquel que ha sido expuesto a un proceso de eliminación de agua y que contiene menos del 2.5% de ésta (Cánovas y Mercado, 2000). Según Cánovas y Mercado (2000), el calor requerido para el secado puede ser suministrado por convección, conducción y radiación. En el procesamiento de alimentos se puede utilizar tanto el secado directo como indirecto. Directo cuando la humedad del alimento es removida mediante aire sin la presencia de otro material; en el indirecto se usan tambores u otros tipos de mecanismos, la humedad removida es por el material caliente y no por aire. Para una adecuada evaluación de los fenómenos de secado de cualquier producto alimenticio es necesario comprender los conceptos físico-químicos asociados con la deshidratación de alimentos. Los elementos claves para cualquier operación de secado de alimentos que deben ser tomados en cuenta son: actividad de agua, temperatura de transición vítrea, los mecanismos y teorías de deshidratación y los cambios químicos y físicos (Cánovas y Mercado, 2000).

3.1 CAMBIO DE PROPIEDADES FÍSICAS DEBIDO AL SECADO POR AIRE CALIENTE

Durante el secado la forma y tamaño del producto cambia, influenciando sus propiedades físicas como la densidad de partícula y la porosidad; en consecuencia cambia su textura y propiedades de transporte de nutrientes en alimentos secos. Estas propiedades varían durante el secado debido a la remoción de humedad, cambio estructural y colapso interno celular (Mujumdar, 2000). Durante la deshidratación, el agua migra desde las células interiores del alimento, atravesando las membranas celulares y las paredes circundantes a las mismas, para luego fluir a través de una estructura porosa hacia el medio de

secado. Los gradientes de humedad dentro del producto inducen tensiones micro-estructurales, llevando el producto a encogerse y/o a deformarse. El encogimiento puede ocurrir como consecuencia de que el tejido no es capaz de retener su malla estructural cuando los espacios que contienen agua son continuamente vaciados y luego rellenos por aire, y la estructura externa colapsa. También, en el último caso, el fenómeno llamado endurecimiento superficial o "case hardening" (endurecimiento superficial como consecuencia de la migración de sólidos disueltos hacia la superficie de las partículas de alimento) influencia los fenómenos de encogimiento del producto (Michelis, 2008).

3.2 ACTIVIDAD DE AGUA

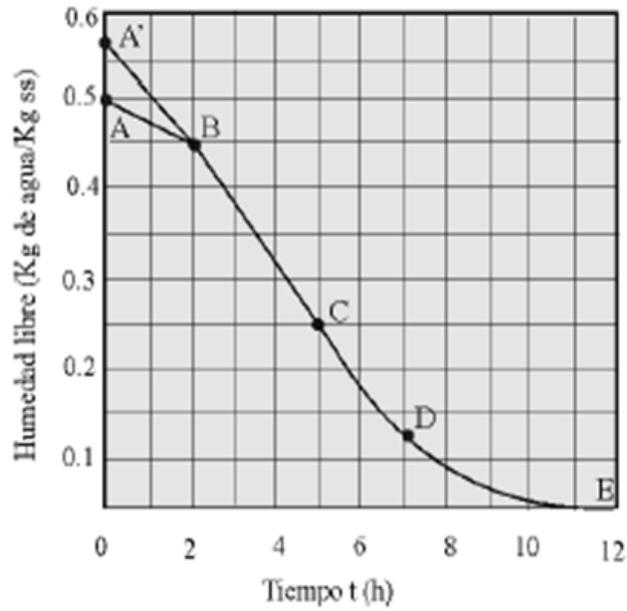
La actividad de agua es una propiedad muy importante en el control de alimentos. Ayuda a predecir la estabilidad y vida útil de los mismos, como así también el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos. Los microorganismos necesitan la presencia de agua, en una forma disponible, para crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas. La mejor forma de medir la disponibilidad de agua es mediante la actividad de agua (a_w). La a_w de un alimento o solución se define como la relación entre la presión de vapor del agua del alimento (p) y la del agua pura (p_0) a la misma temperatura. La escala de la actividad de agua se extiende desde 0 (seco) a 1.0 (agua pura), sin embargo la mayoría de los alimentos contiene un nivel de actividad acuosa de un rango de 0.2 para alimentos secos a 0.99 para alimentos frescos (Méndez, 2006). La actividad de agua (a_w) es uno de principales factores críticos en determinar la calidad e inocuidad de alimentos. La actividad de agua afecta la vida de anaquel, inocuidad, textura, sabor y olor. La temperatura, el pH y otros factores pueden influenciar en cómo y qué tan rápido crecen los microorganismos, la actividad de agua resulta ser el factor más importante. La mayoría de bacterias no crecen abajo de una actividad de agua de 0.91, y los mohos dejan de crecer debajo de 0.80. Además de influencia en el crecimiento de microorganismos, puede jugar

un rol importante en determinar la actividad de enzimas y vitaminas en alimentos que pueden tener un impacto fuerte en color, sabor y aroma (Decagon, 2008).

3.3 CURVAS DE SECADO

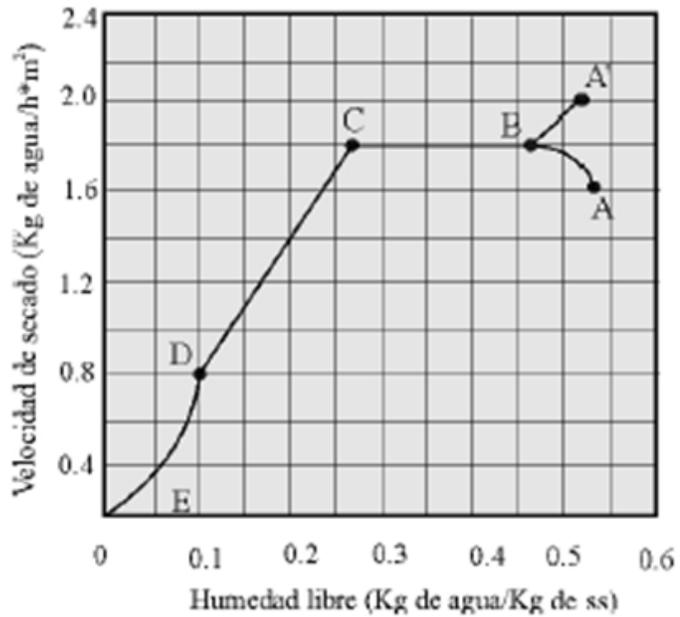
Cuando un sólido se seca experimentalmente, casi siempre se obtienen datos que asocian el contenido de humedad con el tiempo. La gráfica 1-1 representa el caso general en que los sólidos húmedos pierden humedad, primero por evaporación desde la superficie saturada del sólido, después sigue un periodo de evaporación desde una superficie saturada que tiene una área que gradualmente va disminuyendo y, por último, cuando el agua del interior del sólido se evapora. Esta curva indica que la velocidad de secado es función del tiempo o del contenido de humedad. Esta variación se ilustra con mayor claridad diferenciando grafica o numéricamente la curva y haciendo una representación grafica de la velocidad de secado en función del contenido de humedad, como se ilustra en la Figura 1.2, o como velocidad de secado en función del tiempo (Figura 1.3). Estas curvas de velocidad demuestran que el secado no es un proceso suave y continuo en el cual existe un solo mecanismo que ejerza el control a lo largo de toda su duración (Perry y Green,1999).

Figura E.1 :Contenido de humedad en función del tiempo



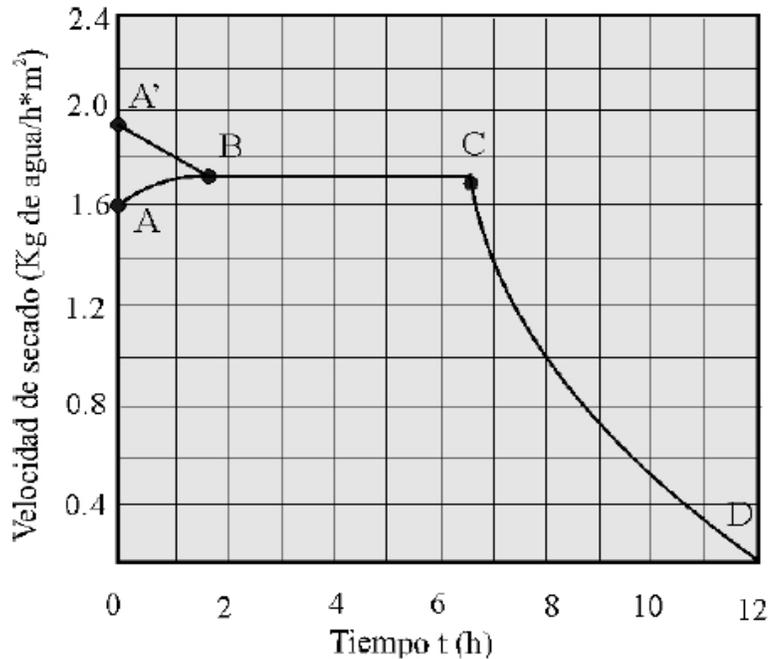
Fuente: Perry y Green,1999

Figura E.2: Velocidad de secado en función del contenido de humedad



Fuente: Perry y Green,1999

Figura E-3: Velocidad de secado en función del tiempo



Fuente: Perry y Green,1999

Descripción de las curvas de secado.- Las curvas anteriores representan el proceso de secado a condiciones constantes. Empezando en el tiempo cero el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto **A**. Al principio el sólido suele estar a una temperatura inferior de la que tendrá al final y la velocidad de evaporación va en aumento; por el contrario, cuando el alimento está a una temperatura más elevada **A'**, la velocidad de evaporación disminuye hasta llegar al punto **B**, en el cual, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. Este periodo inicial de ajuste en estado estacionario suele ser bastante corto y por lo general se pasa por alto en el análisis de los tiempos de secado (Geankoplis, 1998; Treybal, 2001). **La recta entre el punto BC** tienen una pendiente y velocidad constante. Durante este periodo, la superficie del sólido está muy húmeda al principio y sobre ella hay una película de agua continua. Esta capa de agua, es agua libre y actúa como si el sólido no estuviera presente. La velocidad de evaporación con las condiciones establecidas para el proceso, es independiente del sólido y esencialmente igual a la velocidad que

tendría una superficie líquida pura. Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el periodo de velocidad constante proviene de su interior.

Este periodo continúa mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora (Geankoplis, 1998).

Los periodos de velocidad decreciente inician en el punto crítico de humedad C, al concluir los procesos de velocidad constante. En este punto no hay suficiente agua en la superficie para mantener una película continua. La superficie ya no está totalmente húmeda, y la porción húmeda comienza a disminuir durante el **periodo de velocidad decreciente hasta que la superficie queda seca en su totalidad, punto D**. El segundo periodo de **velocidad decreciente empieza en el punto D**, aquí, el plano de evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. El agua evaporada atraviesa el sólido para llegar hasta la corriente de aire. Es posible que la cantidad de humedad que se elimine durante este periodo sea bastante pequeña, pero aún así, el tiempo requerido puede ser largo (Geankoplis, 1998).

3.4 FACTORES QUE INTERVIENE EN EL PROCESO DE SECADO

La temperatura desempeña un papel muy importante en el proceso de secado. En forma general, conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración a la especie que se vaya a someter al proceso. (Ordóñez ,2007)

Existen diferentes niveles de temperatura que se mantienen durante el proceso técnico de secado:

- a) **TEMPERATURA DE BULBO SECO.-** Es la temperatura del ambiente, se mide con instrumentación ordinaria como un termómetro de mercurio.
- b) **TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO.-** Es la temperatura de equilibrio dinámico obtenida por una superficie de agua cuando la velocidad de

transferencia de calor por convección, a la misma, es igual a la transferencia de masa que se aleja de la superficie (Perry, 1984)

3.5 HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura (Perry, 1984). Generalmente se expresa en porcentaje, a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa.

Cuando el aire mantiene su máxima capacidad, se dice que se trata de un aire completamente saturado y por lo tanto incapaz de absorber más humedad, por el contrario, un aire no saturado tiene la capacidad de absorber una cantidad de humedad hasta alcanzar su saturación. (Ordóñez, 2007)

El agua se encuentra en los alimentos en tres formas:

- a) **Humedad ligada.-** Ya se ha referido anteriormente, y corresponde a la humedad contenida en un sólido, que ejerce una presión de vapor menor que la correspondiente al líquido puro a la misma temperatura.
- b) **Humedad no ligada.-** Representa la humedad contenida en un sólido que ejerce una presión de vapor igual a la del agua pura a la misma temperatura.
- c) **Humedad libre.-** Es la humedad que contiene un sólido en exceso libre puede ser evaporada, y lógicamente depende de la concentración de la atmósfera que la rodea (a través de la humedad de equilibrio)
- d) **Humedad en base seca:** Es el contenido de humedad de un sólido referido a la masa seca del mismo sólido (Contreras, 1997)

$$H_{BS} = \frac{\text{masa de agua}}{\text{Kg sólido seco}}$$

- e) **Humedad en base húmeda:** Es la cantidad de agua por unidad de masa del proceso húmedo (Nonhebel, 1979):

$$H_{BH} = \frac{\textit{masa de agua}}{\textit{Kg de agua} + \textit{Kg sólido seco}}$$

3.6 VELOCIDAD DEL AIRE

La velocidad del aire dentro del secador tiene funciones principales; en primer lugar, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación, y un segundo lugar, transportar la humedad saliente del material (Ordóñez, 2007).

La capa límite que existe entre el material a secar y el aire juega un papel importante en el secado. Cuanto menor sea el espesor de esta capa límite, más rápida será la remoción de la humedad. La forma de la corriente del aire es importante para la velocidad, una corriente turbulenta es mucho más eficaz que una laminar, pues la primera afecta en mayor forma la capa límite y el aire (Ordóñez, 2007).

Durante las primeras etapas del secado, la velocidad de aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad. A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa, si la velocidad del aire disminuye y el tiempo de secado aumenta. Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación de aire fuerte y regular (Ordóñez, 2007)

En los procesos de secado por aire caliente, que son los más utilizados hoy en día en la industria agroalimentaria se observan normalmente dos periodos de secado: un periodo inicial de velocidad de secado constante, donde el secado ocurre como si se evaporara agua pura, y un periodo de velocidad de secado decreciente donde la eliminación de humedad es controlada por resistencias internas (Rizvi,1986; Rizvi y Mital,1992). Durante el periodo de velocidad de secado constante la superficie del producto es saturada de agua, y el secado ocurre a la temperatura de bulbo húmedo correspondiente de aire secado. El mecanismo del movimiento del agua en el interior del producto y, por tanto, la

estructura del alimento que se está secando, determina la extensión o duración de este periodo de velocidad de secado constante. El periodo de velocidad de secado constante es más o menos manifiesto en función de las condiciones en las que se realiza el secado. Quizá esto justifique el que determinados autores como Suzuki et al, (1997) lo pongan de manifiesto en el secado de patata en cubos, mientras que otros autores como Igbeka, (1977) indican que en el secado de patata en láminas no existe un periodo significativo de velocidad de secado constante.

La velocidad de secado durante el periodo de velocidad de secado constante puede ser determinada utilizando la ecuación de velocidad de transferencia de materia (agua) o la ecuación de velocidad de transferencia de calor. Como la superficie del material se mantiene en condiciones de saturación y su temperatura es la del bulbo húmedo del aire de secado, si se desprecia la transferencia de calor por conducción y radiación, la velocidad de secado en este periodo vendrá dada por la ecuación (Rizvi, 1986; Okos et al., 1992):

$$-\frac{dw_a}{dt} = \frac{hA T_s - T_h}{L_{vap}} = k_g A P_w - P_{wa}$$

De forma que, en términos de contenido de humedad del producto, en base seca, se tendrá:

$$-m_s \frac{dM}{dt} = \frac{hA T_s - T_h}{L_{vap}} = k_g A P_w - P_{wa}$$

Donde dw_a dt es la cantidad de agua eliminada por unidad de tiempo (kg agua/s), h es el coeficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2^{\circ}C$), A es el área de transferencia (m^2), T_s es la temperatura de bulbo seco del aire ($^{\circ}C$), T_h es la temperatura del bulbo húmedo del aire seco ($^{\circ}C$), L_{vap} es el calor latente de vaporización del agua en la superficie del producto que se seca y el aire de secado ($kg\ agua/m^2sPa$), P_w es la presión de vapor en la superficie del solido (Pa); M y m_s son el contenido de humedad del producto ($kg\ agua/kg$

materia seca) y la cantidad de producto que se seca (kg materia seca) respectivamente

3.7 NATURALEZA DE LA MATERIA PRIMA

La naturaleza de la materia prima es uno de los factores más importantes que afectan a la calidad de secado y además el contenido inicial de humedad y la forma (cubos, rodajas, mitades, etc.) en que son preparadas las muestras tienen una influencia determinante (Ordóñez, 2007).

3.8 CARGA DE BANDEJAS

La carga de bandeja es muy importante, cuanto mayor sea la carga de las bandejas mayor será el tiempo de secado, una carga demasiado pequeña no es conveniente y una carga excesiva además de retraso en el tiempo de secado puede ser causado de una merma de calidad del producto (Ordóñez, 2007).

3.9 AREA SUPERFICIE

El alimento a deshidratar generalmente se subdivide en pequeñas piezas o capas delgadas a fin de acelerar la transmisión de calor y la transferencia de masa. La subdivisión acelera el secado por dos razones. Primera, una mayor área de superficie proporciona más superficie en contacto con el medio de calentamiento y más superficie desde la cual se puede escapar la humedad. Segunda, las partículas más pequeñas o capas más delgadas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer hasta el centro del alimento, y reducen la distancia que la humedad en el centro del alimento tiene que recorrer a fin de llegar a la superficie y salir o escapar (Ordóñez, 2007).

El tiempo de secado de los alimentos puede ser más corto cuando el tamaño de las piezas son pequeñas porque hay mayor área de superficie de contacto. (Ordóñez, 2007)

4. MOLIENDA

Se entiende por molienda, a la obtención de formas más pequeñas de los materiales sólidos mediante la utilización de equipos donde se llevan a cabo operación de cortado, picado, triturado o molido. Muchos productos entre ellos las harinas se obtienen por operaciones de molienda. (Ordóñez, 2007)

Entre los beneficios de reducción de tamaño se pueden mencionar:

- La reducción de tamaño facilita la extracción de un constituyente deseado, contenido en una estructura compuesta.
 - La reducción de tamaño de las partículas es importante para la obtención de nuevos productos.
 - La disminución del tamaño de un número dado de partículas sólidas conducen a un aumento en la superficie del sólido, lo que favorece a la velocidad de los procesos, por ejemplo:
 - El tiempo de secado de los sólidos húmedos disminuye, debido a un aumento del área superficial
 - La velocidad de extracción de un soluto deseado crece al aumentar el área de contacto entre el sólido y el disolvente
 - Con las partículas de menor tamaño, se facilita los procesos de mezclado, lo que constituye una consideración importante en la elaboración de sopas empacadas, mezclas, dulces, etc. (Gutiérrez, 2005)

4.1 NATURALEZA DE LAS FUERZAS UTILIZADAS EN LA REDUCCIÓN DEL TAMAÑO

En las operaciones de reducción de tamaño, que se lleva a cabo en la industria de los alimentos, como trituración o molienda, se encuentran presentes las fuerzas que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla E-1: Naturaleza de las fuerzas en la reducción de tamaño

Fuerza	Operación	Equipo
Compresión	Compresión	Cascanueces, triturador de mandíbulas, triturador de rodillos
Impacto	Impacto	Molino de martillos, molino de bolas
Frotamiento o Cizalla	Frotamiento	Molino de discos, lima, escofina
Cortado	Cortadura	Tijera, cuchilla, cortadores

Fuente: Ordóñez, 2007

4.2 CARACTERISTICAS QUE REGULAN LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

Una de las primeras etapas en la selección del equipo de reducción de tamaño es averiguar cuanto sea posible acerca de las características del producto de alimentación, entre las que se incluyen: dureza, abrasividad, estructura mecánica, humedad, temperaturas de ablandamiento, peso específico, contenido de agua libre, estabilidad química, homogeneidad y pureza. (Ordóñez, 2007)

4.3 MOLINO DE MARTILLOS

La trituración en estos equipos se produce por impacto, los martillos están sujetos por medio de pernos a la superficie de un disco o cilindro que gira a alta velocidad dentro de una carcasa. El espacio entre la carcasa y los martillos

móviles puede ajustarse para obtener el tamaño de partícula deseado. La trituración es provocada por el impacto y el desgaste que sufren los materiales al chocar contra el plato estacionario. Los molinos de martillos de alta velocidad no pueden aceptar materiales abrasivos porque sufren un desgaste excesivo (Ordóñez, 2007).

4.4 MOLINO DE DISCO ÚNICO

En este equipo, los materiales de la alimentación pasan a través de la separación estrecha que existen entre un disco estriado que gira a gran velocidad y la armadura estacionaria del molino. Como consecuencia de la intensa acción cizallante se produce la trituración de la carga. La separación se puede variar según cuáles sean el tamaño de las materias primas y las exigencias del producto acabado (Ordóñez, 2007).

5. TAMIZADO

El tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separa en varias fracciones pasándolas por un tamiz. Cada fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. Un tamiz es una superficie con cierto número de aberturas de igual tamaño. Los tamices planos de pequeña capacidad se denominan cedazos o cribas. En general, los tamices se usan extensamente para separar mezclas de productos granulares o pulverulentos en intervalos de tamaño (Ordóñez, 2007).

5.1 TIPOS DE TAMICES INDUSTRIALES

Los tamices para la industria se fabrican de barras metálicas, láminas y cilindros metálicos perforados, telas, con hilos. Entre los principales equipos tenemos los siguientes (Ordóñez, 2007):

a) PARRILAS O TAMICES DE BARRAS

Estos equipos se utilizan para tamizar partículas de tamaño mayor que 2,5cm. Consiste en un grupo de barras paralelas, espaciadas según se necesite.

b) **TAMICES VIBRATORIOS VERTICALES**

Este equipo consiste en un marco que soporta una rejilla de malla de hilo o una placa perforada. Pueden ser sacudidos mecánicamente o electromagnéticamente.

c) **TAMICES VIBRATORIOS HORIZONTALES**

Son tamices cilíndricos giratorios montados casi horizontalmente. La superficie de tamizado puede ser también de malla de hilo o placa perforada.

6. ENVASADO Y VIDA ANAQUEL DEL PRODUCTO

6.1 ENVASADO.- Los empaques, son materiales poliméricos susceptiblemente elaborados de materias orgánicas caracterizadas por su estructura macromolecular y polimérica de moldeo mediante procesos térmicos, a bajas y altas temperaturas como presiones. (Vidales, 2000)

Los empaques llevan a cabo dos funciones en la industria alimentaría: primera, proteger la vida de anaquel de los alimentos hasta un grado predeterminado; y segunda, atraer la atención de los consumidores. (Driscoll y Paterson 1998).

Según Álvarez (2006) escoger un buen empaque envuelve un gran número de consideraciones, por ejemplo, para productos de bajo contenido de humedad se deben tener en cuenta algunas características importantes de los plásticos como:

- a) **Baja densidad:** Por el peso específico de los plásticos los empaques tienen grandes ventajas en su costo, transporte y almacenamiento.
- b) **Flexibilidad:** Pueden soportar grandes esfuerzos sin fractura y recobrar su forma y dimensiones originales.
- c) **Resistencia a la corrosión:** Son altamente resistentes a la humedad, oxígeno, ácidos débiles y soluciones salinas.
- d) **Resistencia al impacto:** Favorece las afectaciones o presiones de fuerza que pueda sufrir el empaque-producto.
- e) **Economía:** Tomando en cuenta su densidad, la materia prima del plástico es relativamente económica.

La industria alimentaria usa diversas gamas de empaques elaborados de diversos materiales poliméricos o mezclas de algunos de ellos.

El polietileno es un envase flexible y transparente que tiene como funciones: proteger al producto del oxígeno y humedad, preservar el aroma del mismo, darle estabilidad, resistencia a los agentes, resistencia a los agentes químicos y atmosféricos y a la radiación, resistencia a la tracción, estiramiento y desgarramiento, facilidad para abrirse y cerrarse, susceptible de reciclarse; bajo costo del envase en su transportación y almacenamiento higiénico (Vidales, 2000)

Otros empaques son, Polipropileno Orientado, blanco y opaco. Es útil para los mercados de galletas, alimentos y confitería, debido a su naturaleza impermeable al aire cuando se le cierra en forma hermética y Polipropileno Biorientado, tiene la densidad más baja de todas las películas comerciales, tiene una buena barrera contra grasas, no cambia las características de protección en climas extremos. Existe otro tipo de empaque como laminados, los cuales son una mezcla de dos o más películas con adhesivos, por lo que requiere de una mayor tecnología y su costo es más alto. (Vidales, 2000) por ejemplo: Laminaciones con aluminio con diferente materiales como poliéster, PP y poliamida, BOPP, poliamida, alcohol polivinilo y polietileno modificado.

6.1.1 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

El polietileno de baja densidad es la película plástica de uso más corriente en el envasado. Es resistente, transparente y tiene una permeabilidad relativamente baja al vapor de agua. Es químicamente muy inerte y carece prácticamente de olor y sabor. Una de sus principales ventajas es la facilidad con que puede cerrarse térmicamente (Varillas, 2004)

El PEBD se obtiene a altas presiones (entre 1.000-3.000 atm.) y a temperaturas entre 100 °C y 300 °C en presencia de oxígeno como catalizador. Es un producto termoplástico de densidad 0,92 blando y elástico. En su estado natural

el film es totalmente transparente, disminuyendo esta característica en función del grosor (galga) y del grado (Rigaplast, 2010)

6.1.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

El polietileno de alta densidad a baja presión, difiere del anterior en que se obtiene a bajas presiones y a temperatura más baja, en presencia de un catalizador órgano-metálico. Posee en sus características, más dureza y rigidez. Su densidad es mayor (0,94). En estado natural, el film, si bien es translúcido, no es totalmente transparente, tomando un aspecto céreo, igualmente que el anterior, su aspecto irá variando según el grado y el grosor (galga). (Rigaplast, 2010).

6.1.3 POLIPROPILENO

Fellows (1994) menciona que el polipropileno es una película traslúcida y brillante con propiedad óptica y muy resistente a la tensión y punción. Es bastante impermeable al vapor de agua, los gases, olores y no le afecta los cambios de humedad ambiental.

Es similar químicamente a los anteriores, pero es de mayor dureza, es poco permeable al vapor de agua, tiene excelente resistencia a las grasas y resistente a los solventes. Su naturaleza polar también ayuda a la impresión (Varillas, 2004)

Existen básicamente dos tipos: Monorientado o Cast (para la fabricación de bolsas, y complejos con otros plásticos) y Biorientado (se suele usar en film para ser utilizado en maquinaria de envase automático, e igualmente para complejos). Los polipropilenos (PP) se caracterizan a diferencia de los anteriores por su mayor transparencia, y aspecto más cristalino. Sus características mecánicas son bien distintas y su densidad 0,90 (Rigaplast, 2010).

6.1.4 POLIPROPILENO RÍGIDO

Es un termoplástico de polipropileno que está formado por los llamados potes que resisten temperaturas de hasta 130°C y son irrompibles (Rigaplast, 2010).

6.2 VIDA ANAQUEL.- La vida en anaquel es el período de tiempo durante el cual se espera que un producto mantenga determinado nivel de calidad bajo condiciones de almacenamiento específicas. (Sheftel, 1986; citado por Lau, 1992). La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales y referentes a inocuidad. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil. (Singh, 1998).

Este período depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque. Dentro de las que ejercen mayor peso se encuentran la temperatura, pH, actividad del agua, humedad relativa, radiación (luz), concentración de gases, potencial redox, presión y presencia de iones. (Brody, 2003).

Para predecir la vida útil de un producto es necesario en primer lugar identificar y/o seleccionar la variable cuyo cambio es el que primero identifica el consumidor como una baja en la calidad del producto (Brody, 2003), por ejemplo, en algunos casos esta variable puede ser la rancidez, cambios en el color, sabor o textura, pérdida de vitamina C o inclusive la aparición de poblaciones inaceptables de microorganismos.

Posteriormente se analiza la cinética de la reacción asociada a la variable seleccionada, que depende en gran medida de las condiciones ambientales.

Es importante recalcar que la vida útil no depende directamente del tiempo en sí, sino de las condiciones de almacenamiento del producto y los límites de calidad establecidos tanto por el consumidor como por las normas que rigen propiamente los alimentos. (Labuza, 1982).

La vida útil se determina al someter a estrés el producto, siempre y cuando las condiciones de almacenamiento sean controladas. Se pueden realizar las predicciones de vida útil mediante utilización de modelos matemáticos (útil 16 para evaluación de crecimiento y muerte microbiana), pruebas en tiempo real (para alimentos frescos de corta vida útil) y pruebas aceleradas (para alimentos con mucha estabilidad) en donde el deterioro es acelerado y posteriormente estos valores son utilizados para realizar predicciones bajo condiciones menos severas. (Charm, 2007).

ANEXO F
TEST DE ACEPTABILIDAD PARA EL
ANÁLISIS SENSORIAL

TEST PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre:

.....

Fecha:

.....

Tomando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra en los parámetros indicados en la tabla.

9) Me gusta extremadamente

8) Me gusta mucho

7) Me gusta moderadamente

6) Me gusta levemente

5) No me gusta ni me disgusta

4) Me disgusta levemente

3) Me disgusta moderadamente

2) Me disgusta mucho

1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 2mm de papa										
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=60°C ⊙= 0,2	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=60°C ⊙= 0,3	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=70°C ⊙= 0,2	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=70°C ⊙= 0,3	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
FIRMA

TEST PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre:

.....

Fecha:

.....

Tomando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra en los parámetros indicados en la tabla.

9) Me gusta extremadamente

8) Me gusta mucho

7) Me gusta moderadamente

6) Me gusta levemente

5) No me gusta ni me disgusta

4) Me disgusta levemente

3) Me disgusta moderadamente

2) Me disgusta mucho

1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 4mm de papa										
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=60°C ⊙= 0,2	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=60°C ⊙= 0,3	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=70°C ⊙= 0,2	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									
Muestra	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T=70°C ⊙= 0,3	Olor									
	Color									
	Textura									
	Sabor									

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

FIRMA

ANEXO G
RESULTADO DE LAS ENCUESTAS DEL
TEST DE ACEPTABILIDAD

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Carlos Horacio Cortez Alvarado
23/10/2016

en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
ítemos indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Carlos Horacio Cortez Alvarado
23/10/2016

en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
ítemos indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 4mm de papa									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor				X					
Color				X					
Textura					X				
Sabor					X				
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor			X						
Color			X						
Textura			X						
Sabor			X						
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor				X					
Color				X					
Textura					X				
Sabor					X				
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor				X					
Color				X					
Textura					X				
Sabor					X				

22
22
22

108:

en cuenta según para la distribución de
datos (Teoría de probabilidades)

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Paola Patata Buena S

23/04/15

en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
rámetros indicados en la tabla.

9) Me gusta extremadamente

8) Me gusta mucho

7) Me gusta moderadamente

6) Me gusta levemente

5) No me gusta ni me disgusta

4) Me disgusta levemente

3) Me disgusta moderadamente

2) Me disgusta mucho

1) Me disgusta extremadamente

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Paola Patricta Buzo 5

23/04/15

o en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
arámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 2mm de papa									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor		X							
Color	X X	X							
Textura	X								
Sabor	X								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor	X								
Color	X								
Textura	X								
Sabor	X								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		X							
	X								
	X	X							
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		X							
		X							
	X								
	X								

35
36
37
38

anos:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Paola Patricta Buzo 5

23/04/15

o en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
arámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 4mm de papa									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor		X							
Color	X								
Textura	X								
Sabor		X							
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor			X						
Color		X							
Textura		X							
Sabor		X							
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		X							
	X								
	X								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		X							
		X							
		X							
		X							

37

31

34

32

arios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Nahic Lopez Cuneas
Fecha: 24/04/15

Teniendo en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra de los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 2mm de papa									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Color									
Color									
Textura		✓	✗						
Sabor									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Color									
Color									
Textura			✓						
Sabor									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
				✓					
					✓				
						✓			
							✓		

entarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[Handwritten Signature]
 FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Nahic Lopez Cuneas
Fecha: 24/04/15

Teniendo en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra de los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 4mm de papa										
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12	Olor			✓						
	Color			✓						
	Textura			✓						
13	Sabor									
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Olor		✓							
14	Color		✓							
	Textura		✓							
	Sabor		✓							
15	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Olor			✓						
	Color			✓						
16	Textura			✓						
	Sabor			✓						
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
17	Olor		✓							
	Color		✓							
	Textura		✓							
18	Sabor		✓							
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Olor		✓							
19	Color		✓							
	Textura		✓							
	Sabor		✓							

entarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[Handwritten Signature]

FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Juan Carlos Callisaya A.
Fecha: 27-abril-2015

Cuando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra de los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 2mm de papa									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor	X								
Color	X								
Textura		X							
Sabor				X					
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor	X								
Color	X								
Textura			X						
Sabor				X					
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	X								
	X								
			X						
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	X			X					
	X								
		X							
				X					

mos:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Juan Carlos Callisaya A.
Fecha: 27-abril-2015

Cuando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
por los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

		Espesor de 4mm de papa								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X			X					
	Textura									
2	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									
3	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									
4	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									
5	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									
6	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									
7	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									
8	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									
9	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura									

Notas:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: *Adulid Acistano*
Fecha: *2015/04/23*

mando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: *Adulid Acistano*
Fecha: *2015/04/23*

mando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

		Espesor de 4mm de papa								
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Olor				X					
	Color			X						
	Textura		X							
2	Sabor				X					
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Olor				X					
3	Color			X						
	Textura		X							
	Sabor				X					
4	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
				X						
			X							
5			X							
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
				X						
6			X							
			X							
					X					

años:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: *Ramón Michael Cortés*
Fecha: *23/04/15*

Tomando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra con los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

		Espesor de 2mm de papa								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Color	/	/							
1	Textura	/	/							
2	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2	Color	/	/							
2	Textura	/	/							
3	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
3	Color	/	/							
3	Textura	/	/							
4	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
4	Color	/	/							
4	Textura	/	/							

27
35
29
34

datos:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: *Ramón Michael Cortés*
Fecha: *23/04/15*

Tomando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra de los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 4mm de papa										
Temperatura	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
60°C	Olor		/							
	Color		/							
	Textura		/							
	Sabor		/							
70°C	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Olor		/							
	Color		/	/						
	Textura		/	/						
80°C	Sabor		/	/						
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Olor		/							
	Color		/	/						
90°C	Textura		/	/						
	Sabor		/	/						
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Olor		/	/						
100°C	Color		/	/						
	Textura		/	/						
	Sabor		/	/						
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Juan Pardo Herken B
Fecha: 22 / 04 / 2015

Cuando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 2mm de papa										
	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Olor	X								
2	Color	X								
2	Textura		X							
2	Sabor	X								
1	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Olor		X							
2	Color	X								
3	Textura	X								
3	Sabor	X								
1	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	olor	X								
2	Color	X								
2	Textura	X								
2	Sabor	X								
1	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	olor	X								
2	Color	X								
3	Textura			X						
3	Sabor		X							

33
33
35
36
33

entarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[Handwritten signature]

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Juan Pardo Herken B
Fecha: 22 / 04 / 2015

Cuando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 4mm de papa									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor	6								
Color	9								
Textura	8								
Sabor	4								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor		X							
Color	X								
Textura		X							
Sabor		X							
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
olor		X							
olor		/							
extura		.							
sabor									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
olor	X								
olor		X							
extura	X								
sabor	X								

20
32
38

os:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[Handwritten signature]

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Gustavo MORENO LOPEZ
27-4-2015

Con respecto a la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra de acuerdo a los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

Espesor de 2mm de papa									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor		X							
Color			X						
Textura	X								
Sabor		X							
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Olor			X						
Color	X								
Textura			X						
Sabor		X							
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		X	X						
	X								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	X								
	X								
	X								
	X								

Notas:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[Handwritten Signature]
 FIRMA

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Nombre: Gustavo MORENO LOPEZ
27-4-2015

Con respecto a la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra de acuerdo a los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

		Espesor de 4mm de papa								
		8	7	6	5	4	3	2	1	
PC	Atributo		X							
	Olor		X							
	Color	X								
	Textura		X							
PC	Sabor	8	7	6	5	4	3	2	1	
PC	Atributo	9								
	Olor	X								
	Color	X								
	Textura		X							
	Sabor		X							
PC	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		X								
		X								
		X								
PC	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
			X							
			X							
		X								
		X								

23
39
32

entarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Alfredo Hernández

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Juan Carlos Keri
27/04/15

ando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

		Espesor de 2mm de papa								
Atributo		9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Olor		X	X						
2	Color				X					
3	Textura		X							
4	Sabor									
5	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
6	Olor					X				
7	Color			X						
8	Textura				X					
9	Sabor					X				
10	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
11	Olor					X				
12	Color				X					
13	Textura									
14	Sabor		X			X				
15	Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16	Olor				X					
17	Color					X				
18	Textura					X				
19	Sabor						X			

rios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....


 FIRMA
 Juan Carlos Keri

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Juan Carlos Keri
27/04/15

ando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

		Espesor de 4mm de papa								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Olor				X						
Color			X							
Textura		X								
Sabor			X							
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Olor			X							
Color			X							
Textura			X							
Sabor		X								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Olor		X								
Color			X							
Textura			X							
Sabor	X									
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Olor			X							
Color			X							
Textura			X							
Sabor										
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Olor				X						
Color				X						
Textura		X								

.....

.....

.....

.....

.....

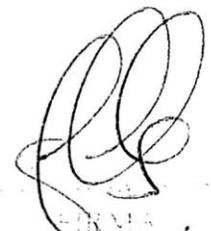
.....

.....

.....

.....

.....


 Juan Carlos Keri

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Miguel Gómez Castellón

23/04/2015

ando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

		Espesor de capa de papa								
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Olor		X								
Color	X									
Textura		X								
Sabor		X								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Olor				X	X					
Color					X	X				
Textura					X	X				
Sabor					X	X				
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
				X	X					
				X	X					
Atributo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
						X				
				X	X					
						X				
					X	X				

2005

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Miguel Gómez Castellón

23/04/2015

ando en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Martha Soledad Sanchez

23-04-2015

En cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
parámetros indicados en la tabla.

9) Me gusta extremadamente

8) Me gusta mucho

7) Me gusta moderadamente

6) Me gusta levemente

5) No me gusta ni me disgusta

4) Me disgusta levemente

3) Me disgusta moderadamente

2) Me disgusta mucho

1) Me disgusta extremadamente

Respostas do Quiz de 19/08

Atividade	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Cor	X	X		X					
Textura	X								
Sabor				X					
Cor					X				
Textura							X		
Sabor						X			
Atividade	9	8	7	6	5	4	3	2	1
			X		X			X	
		X							
			X		X				
						X			
								X	

Made

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Martha Soledad Sanchez

23-04-2015

En cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
parámetros indicados en la tabla.

9) Me gusta extremadamente

8) Me gusta mucho

7) Me gusta moderadamente

6) Me gusta levemente

5) No me gusta ni me disgusta

4) Me disgusta levemente

3) Me disgusta moderadamente

2) Me disgusta mucho

1) Me disgusta extremadamente

	5	6	4	3	2	1
for	X					
den		X				
reclara	X					
Sabor		X				
atributo						
dele						
reclara			X	X		
Sabor			X			
atributo						
			X	X		
			X		X	
				X		
					X	
				X		

2008

M. L.

TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Oliver Romero

23/04/15

teniendo en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
según los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente

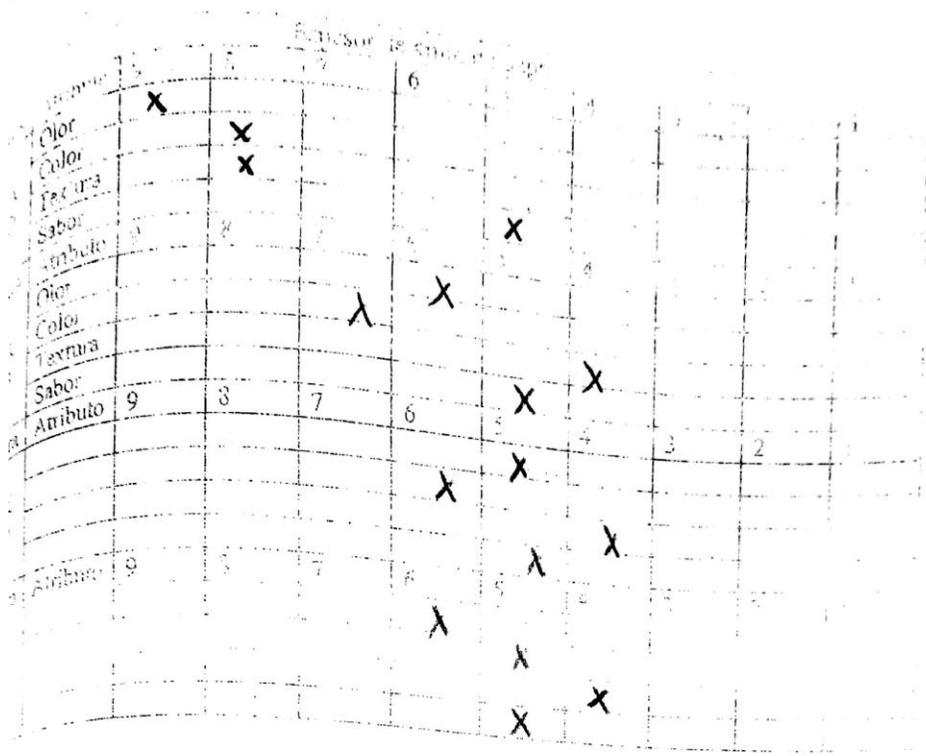
TEXT PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE HARINA DE PAPA

Oliver Romero

23/04/15

teniendo en cuenta la escala hedónica, indique su nivel de agrado o desagrado de cada muestra
según los parámetros indicados en la tabla.

- 9) Me gusta extremadamente
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta levemente
- 5) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta levemente
- 3) Me disgusta moderadamente
- 2) Me disgusta mucho
- 1) Me disgusta extremadamente



UTAS

ANEXO H
RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL

Tabla H-1: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 1

Muestra 1					
T=Temperatura 60 °C, e=2mm de espesor, $\theta=0,2g/ml$					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	9	9	8	7	33
2	7	8	6	8	29
3	8	7	9	8	32
4	7	8	8	6	29
5	8	9	9	9	35
6	9	5	6	7	27
7	9	9	8	9	35
8	8	8	8	7	31
9	8	9	9	9	35
10	9	7	9	9	34
11	8	8	8	8	32
12	9	7	7	8	31
13	7	9	7	7	30
14	9	9	8	8	34
15	8	9	8	8	33
ΣTOTAL	123	121	118	118	960
PROMEDIO	8,2	8,0667	7,8667	7,8667	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 1, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio

Tabla H-2: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 1

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,2	3	0,4	0,4242	0,7364	2,7694
Dentro de los grupos	52,8	56	0,9428			
Total	54	59				

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al**

valor de **F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 0,4242 y 2,7694, respectivamente.

Tabla H-3: RESULTADOS OBTENIDOS ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 2

Muestra 2					
T=Temperatura 60 °C, e=2mm de espesor, θ =0,3 g/ml					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	9	9	7	6	31
2	7	6	5	8	26
3	8	8	9	9	34
4	7	8	8	6	29
5	9	9	9	9	36
6	7	7	7	6	27
7	9	9	9	9	36
8	7	6	6	6	25
9	8	9	8	9	34
10	7	7	7	7	28
11	8	6	6	6	26
12	7	7	6	6	26
13	7	8	8	7	30
14	6	7	8	7	28
15	9	7	8	7	31
Σ total	115	113	111	108	894
Promedio	7,6667	7,5333	7,4	7,2	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 2, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio

Tabla H-4: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 2

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,7833	3	0,5944	0,4435	0,7229	2,7694
Dentro de los grupos	75,0667	56	1,3405			
Total	76,85	59				

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al valor de F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 2,7694 y 0,443457667, respectivamente.

Tabla H-5: RESULTADOS OBTENIDOS ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 3

Muestra 3					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	9	9	7	6	31
2	7	7	6	5	25
3	8	9	7	8	32
4	7	6	8	6	27
5	8	8	9	9	34
6	7	7	7	7	28
7	8	8	9	9	34
8	7	7	7	7	28
9	9	9	8	9	35
10	6	8	6	7	27
11	7	6	7	6	26
12	8	7	7	7	29
13	7	8	8	5	28
14	8	8	8	6	30
15	9	7	7	7	30
Σtotal	115	114	111	104	888
Promedio	7,6667	7,6	7,4	6,9333	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 3, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio.

Tabla H-6: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 3

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,93333333	3	1,64444444	1,49819234	0,224993	2,76943095
Dentro de los grupos	61,4666667	56	1,09761905			
Total						

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al valor de F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 2,76943095 y 1,49819234, respectivamente.

Tabla H-7: RESULTADOS OBTENIDOS ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 4

Muestra 4					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	9	9	8	6	32
2	6	5	5	4	20
3	9	9	9	9	36
4	7	8	8	6	29
5	8	9	9	8	34
6	7	8	7	6	28
7	9	9	7	8	33
8	5	5	5	5	20
9	8	8	9	9	34
10	8	7	7	7	29
11	8	6	8	7	29
12	8	7	8	6	29
13	8	7	6	6	27
14	6	6	5	7	24
15	6	7	7	7	27
Σtotal	112	110	108	101	862
Promedio	7,46666667	7,33333333	7,2	6,73333333	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 4, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio

Tabla H-8: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 4

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,58333333	3	1,52777778	0,81949766	0,48857231	2,76943095
Dentro de los grupos	104,4	56	1,86428571			
Total						

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al valor de F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 2,76943095 y 0,81949766, respectivamente.

Tabla H-9: RESULTADOS OBTENIDOS ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 5

Muestra 5					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	8	9	7	8	32
2	6	7	8	7	28
3	7	8	8	7	30
4	6	7	8	6	27
5	8	8	8	8	32
6	6	7	5	5	23
7	6	9	8	7	30
8	7	7	7	7	28
9	8	9	8	8	33
10	9	9	8	8	34
11	8	8	8	7	31
12	8	7	7	6	28
13	7	8	7	9	31
14	9	9	9	9	36
15	9	9	9	8	35
Σ total	112	121	115	110	458
Promedio	7,46666667	8,06666667	7,66666667	7,33333333	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 5, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio

Tabla H-10: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 5

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,6	3	1,53333333	1,44719101	0,23883355	2,76943095
Dentro de los grupos	59,3333333	56	1,05952381			
Total						

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al valor de F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 2,76943095 y 1,44719101, respectivamente.

Tabla H-11: RESULTADOS OBTENIDOS ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 6

Muestra 6					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	8	8	7	7	30
2	8	7	7	9	31
3	8	8	9	9	34
4	7	7	8	6	28
5	8	7	8	8	31
6	6	6	5	5	22
7	8	8	8	8	32
8	7	7	7	7	28
9	8	8	9	8	33
10	7	7	7	7	28
11	6	8	6	7	27
12	8	8	6	6	28
13	8	6	7	7	28
14	7	7	7	6	27
15	8	7	6	5	26
Σtotal	112	109	107	105	433
Promedio	7,46666667	7,26666667	7,13333333	7	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 6, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio

Tabla H-12: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 6

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,78333333	3	0,59444444	0,6119281	0,61009391	2,76943095
Dentro de los grupos	54,4	56	0,97142857			
Total						

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al valor de F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 2,76943095 y 0,6119281, respectivamente.

Tabla H-13: RESULTADOS OBTENIDOS ANALISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 7

Muestra 7					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	8	8	8	8	32
2	7	7	7	7	28
3	8	8	7	7	30
4	6	7	6	6	25
5	8	8	7	7	30
6	7	7	7	7	28
7	8	9	8	8	33
8	8	8	8	8	32
9	7	8	8	8	31
10	6	6	6	6	24
11	8	5	6	6	25
12	7	7	5	5	24
13	8	7	8	8	31
14	8	8	6	6	28
15	7	7	7	7	28
Σtotal	111	110	104	104	429
Promedio	7,4	7,33333333	6,93333333	6,93333333	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 7, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio

Tabla H-14: ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 7

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2,85	3	0,95	1,13675214	0,34216287	2,76943095
Dentro de los grupos	46,8	56	0,83571429			
Total	49,65	59				

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al valor de F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 2,76943095 y 1,13675214, respectivamente.

Tabla H-15: RESULTADOS OBTENIDOS ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA MUESTRA No 8

Muestra 8					
Jueces	Olor	Color	Textura	Sabor	Σ
1	8	8	8	8	32
2	7	6	6	8	27
3	7	7	9	9	32
4	7	7	6	6	26
5	8	8	7	8	31
6	6	6	5	5	22
7	9	8	9	9	35
8	8	8	8	8	32
9	8	8	8	8	32
10	7	7	7	6	27
11	6	7	6	7	26
12	7	6	5	7	25
13	7	6	7	7	27
14	8	8	8	6	30
15	7	7	6	8	28
Σtotal	110	107	105	110	432
Promedio	7,33333333	7,13333333	7	7,33333333	

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla precedente se observa que el olor es la característica mejor evaluada de la muestra 8, siendo lo contrario la textura y sabor con el menor promedio

**Tabla H-16 ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA No 8**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,2	3	0,4	0,35897436	0,78283744	2,76943095
Dentro de los grupos	62,4	56	1,11428571			
Total	63,6	59				

Fuente: Elaboración propia, 2015

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que **el valor obtenido de F, es menor al valor de F crítico**, tomando en cuenta que los resultados fueron 2,76943095 y 0,35897436, respectivamente.

ANEXO I

***PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL
ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR***

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos recolectados del análisis sensorial, se evaluaron mediante el análisis de varianza de un factor (ANOVA). Los resultados obtenidos se representaron mediante gráficos de barra.

APLICACIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO

El método estadístico a utilizar es el **ANOVA (Análisis de varianza)**

Las pruebas de hipótesis son una herramienta útil cuando se trata de comparar dos tratamientos.

La experimentación usualmente requiere comparación de más de dos tratamientos simultáneamente, es allí donde se introduce Anova (teniendo en cuenta que es un procedimiento para análisis de factores cualitativos).

El análisis de varianza se deriva de la partición de la variabilidad total en las partes que la componen. ANOVA establece que la variabilidad total en los datos, medida por la suma de cuadrados total, puede ser dividida en una suma de cuadrados de la diferencia entre los promedios de los tratamientos y el gran promedio total más una suma de cuadrados de la diferencia de las observaciones entre tratamientos del promedio del tratamiento. Anova, nos ofrece la herramienta para distinguir si un factor afecta la respuesta en promedio

DISTRIBUCIÓN F DE FISHER : SIR RONAL FISHER

Esta tabla de distribución se utiliza para encontrar los grados de libertad.

CARACTERÍSTICAS Y SUPUESTOS IMPLÍCITOS

- Compara tres o más medias poblacionales si son iguales
- Evita la propagación del error.
- Las muestras provienen de población con una distribución normal
- Las desviaciones estándar de las poblaciones son iguales
- Las muestras son independientes.

HIPÓTESIS:

Hipótesis nula H_0

Hipótesis alternativa H_1

Una hipótesis estadística es una suposición que se plantea respecto a un problema o a una población, con el fin de rechazarla o no.

En los contrastes de hipótesis se distinguen dos hipótesis estadísticas: la hipótesis nula designada por H_0 , conocida también como hipótesis de no diferencia, que es la que se establece en principio con el único propósito de rechazarla o "anularla"; y una segunda, la hipótesis de investigación o alterna, H_a , que es complementaria de la primera. Cuando se habla de contrastar una hipótesis nula contra una alterna, esto siempre se hace suponiendo que la nula es verdadera.

NIVEL DE SIGNIFICANCIA:

El nivel de significación α se define como la probabilidad de rechazar erróneamente la hipótesis nula.

GRADOS DE LIBERTAD Y VALOR CRÍTICO

Los grados de libertad es un estimador del número de categorías independientes en una prueba particular o experimento estadístico.

$$\frac{k - 1}{n - k}$$

Donde: k = Número de muestras

n = Número de jueces

Suma de cuadrado total:

$$SS_{TOTAL} = x^2 - \frac{x^2}{n}$$

x = Cada una de las observaciones

n = Número total de observaciones

Suma de cuadrado debido al tratamiento:

$$SS_T = \frac{T_c^2}{n_c}$$

Tc = total de la columna de cada tratamiento

nc = número de observaciones de cada tratamiento

Suma de cuadrado del error:

$$SSE = SS_{total} - SST$$

La tabla I-4: ANOVA

ANOVA				
Fuente de variación	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad	Promedios de los cuadros (MS)	Estadística de prueba F_0
Tratamientos	SSTratamientos	a-1	$\frac{SSTratamientos}{a-1}$	$\frac{MStratamientos}{MS error}$
Error	SS Error	N-a	$\frac{SS Error}{N-a}$	
Total	SS Total	N-1		

Fuente: Elaboración propia, 2015

RESULTADOS

Método de análisis Anova: el método utilizado para el análisis de datos es el método de análisis de varianza (ANOVA) el cual permite ver si existe diferencia significativa entre las características: Apariencia, olor, color, sabor, textura y aceptación.

HIPÓTESIS A EVALUAR

Ho = no existe diferencia significativa entre las diferentes características evaluadas.

H1 = Existe diferencia significativa entre las diferentes características evaluadas.

NIVEL DE SIGNIFICANCIA:

$$\alpha = 0.05$$

ANEXO J

***PLANILLAS DE EXCEL: ANÁLISIS DE
VARIANZA DE UN FACTOR DE LOS
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA
EVALUACIÓN SENSORIAL.***

ANEXO K

RESULTADOS DEL PROGRAMA SPSS

Tabla k-1: Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:h2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,890 ^a	6	,148	14649,148	,006
Intersección	127,449	1	127,449	1,259E7	,000
a * b	1,013E-5	1	1,013E-5	1,000	,500
a * c	1,013E-5	1	1,013E-5	1,000	,500
b * c	,031	1	,031	3025,000	,012
a	1,013E-5	1	1,013E-5	1,000	,500
b	,258	1	,258	25493,444	,004
c	,601	1	,601	59373,444	,003
Error	1,012E-5	1	1,012E-5		
Total	128,339	8			
Total corregida	,890	7			

a. R cuadrado = 1.000 (R cuadrado corregida = 1.000)

Fuente: Elaboración propia, 2015

ANEXO L
MÉTODO PARA DETERMINAR LA VIDA
ANAQUEL DE LA HARINA DE PAPA

MÉTODO ACELERADO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL DE LA HARINA DE PAPA

Para el estudio de vida útil en anaquel de la harina de papa se empleó el método experimental acelerado probabilístico, el cual se basa en someter a estrés al producto a condiciones extremas y controladas. Se trabajó a condiciones de 40°C y 100 % de HR por ser la temperatura máxima promedio registrada en época de verano en el departamento de Tarija.

Las condiciones ambientales fueron creadas dentro de una estufa para mantener los 40°C de temperatura y la humedad relativa de 100% con agua en lugar del agente desecante en el desecador.

Procedimiento:

1. Se coloca los empaques de prueba por duplicado dentro de los ambientes modificados (40 °C Y 100 % HR). Esta experimentación fue realizada utilizando como películas plásticas, bolsas de Polipropileno flexible, para el producto seleccionado.
2. Se tomó el peso inicial y los pesos consecutivamente de cada uno de los empaques de prueba cada 24 horas hasta alcanzar el equilibrio (22 días), para realizar una gráfica con respecto a la permeabilidad de vapor de agua versus el tiempo.

El objetivo fue medir la cantidad de vapor de agua que pasa a través del material de empaque hacia el producto. La unidad de medida es el vapor de agua que pasa por 1m² de material durante 24 horas a temperatura y humedad específica. El coeficiente de permeabilidad de vapor de agua fue obtenido a partir de la siguiente ecuación:

Coeficiente de permeabilidad:
$$P_{H_2O} = \frac{WVTR_{xf}}{\Delta P}$$

$$WVTR = \frac{Q_t}{A}$$

$$Q_t = T_t - T_i$$

Donde:

WVTR=Tasa de transmisión de vapor de agua

Q_t =Pendiente entre el nuevo peso ganado en un tiempo t, g/día

f= Espesor de la película plástica expresada en la unidad mil (1mil=25,4 μ m)

A= Área de la superficie de permeabilidad

ΔP = Diferencia de la presión parcial

Q_t =Nuevo peso ganado del producto dentro del envase (g)

T_t = Peso de cada funda con producto dentro de un tiempo t

T_i =Peso inicial de cada funda con producto

Los valores medidos de ganancia de humedad en base seca se graficaron contra el tiempo mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$MCDS = \frac{MC}{100 - MC}$$

$$MC = \frac{H_2O \text{ ganado} + w_i \times m_i}{w_e}$$

$$H_2O \text{ ganado} = (w_e - w_i)$$

Donde:

MCDS = Contenido de humedad del producto en base seca, g/100g ms

MC= Contenido de humedad del producto

w_i = Peso inicial del producto en g

w_e = Peso final o de equilibrio del producto en g

m_i = Contenido de humedad inicial del producto en base seca en g

Una vez determinados los contenidos de humedad (m) en el periodo establecido, se realiza una conversión de la humedad (m) a Lnr, que representa una tendencia de permeabilidad de vida útil del empaque con el producto según la ganancia de humedad que ha tenido la película plástica. Se utilizó la ecuación 20 para predecir un cambio de peso en alimentos secos empacados. (Álvarez, 2006 y Urgilés, 2006).

$$Lnr = Ln \frac{me - mi}{me - m}$$

Donde:

Lnr=Tendencia de permeabilidad del empaque con el producto

me= contenido de humedad de la isoterma que se halla en equilibrio con la temperatura y la humedad externa gH_2O/g solido

mi= Contenido inicial de humedad en base seca

m=contenido de humedad en el tiempo t, horas o días

Sabiendo que:

$$\frac{m}{100} = \frac{w \text{ en tiempo } \theta - w \text{ inicial}}{w_s} + mi$$

$$w_s = w \text{ inicial} - w \text{ funda plastica} \times \frac{\%sólidos}{100}$$

$$\%sólidos = 1 - \frac{mi}{1 + mi}$$

Finalmente para obtener una estimación aproximada del tiempo de vida útil en anaquel de cada uno de los productos en estudio se necesitan todos los datos anteriores, para lo cual se empleará la siguiente ecuación. (Álvarez, 2006 y Olvera, 2006)

$$\theta = \frac{Lnr}{\frac{k}{x} \times \frac{A}{w_s} \times \frac{Po}{b}}$$

Donde:

Lnr = Tendencia de permeabilidad del empaque con el producto

$k/x = WVTR/\Delta P$ Permeabilidad del envase, $gH_2O/dia.m^2.mmHg$

A = Área de empaque de la película plástica, m^2

w_s = Peso de sólidos secos en el empaque, g

P_o = Presión de vapor del agua pura a temperatura T , mmHg

b = Pendiente de la isoterma(tangente entre la humedad critica e inicial) g H_2O /g de sólido por unidad de A_w

ANEXO M
MÉTODO PARA DETERMINAR LA
HUMEDAD EN EQUILIBRIO (ISOTERMAS
DE SORCIÓN DE LA HARINA DE PAPA)

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA HUMEDAD EN EQUILIBRIO (ISOTERMAS DE SORCIÓN DE LA HARINA DE PAPA)

Procedimiento para determinar la humedad de equilibrio:

1. Se colocaron 250ml de las soluciones salinas saturadas en los desecadores para garantizar diferentes humedades relativas y por ende diferente actividad del agua, tal como se muestran a continuación:

Tabla M-1: Soluciones salinas saturadas

SAL	Aw A 40Oc
Cloruro de litio	0,112
Acetato de potasio	0,234
Cloruro de magnesio	0,324
Nitrato de magnesio	0,484
Yoduro de potasio	0,661
Cloruro de sodio	0,747
Nitrato de potasio	0,891
Agua	1

Fuente: Elaboración propia, 2015

2. Los desecadores fueron colocados dentro de una estufa a fin de garantizar una temperatura constante de 40°C

3. Se colocaron las muestras (2 g) en las campanas desecadoras, en ambiente de humedad relativa constante generado por la solución saturada, donde ganó o perdió agua hasta el momento en que su humedad se equilibró con el medio (20 días).

4. Se determinó la humedad inicial en base seca de la muestra (antes de llevar a las campanas desecadoras).

5. Se construyó la isoterma de sorción y se obtuvieron los valores de monocapa y actividad de agua por la ecuación de GAB .

6. Se determinó la humedad de equilibrio conociendo la humedad inicial en base seca, la cantidad de agua perdida o ganada hasta llegar a un peso constante, este valor se le dividió entre la cantidad de sólidos totales.

ANEXO N
DATOS EXPERIMENTALES DE CONTENIDO
DE HUMEDAD EN LA HARINA DE PAPA
PARA LA HUMEDAD EN EQUILIBRIO E
ISOTERMA DE SORCIÓN

Tabla N-1: DATOS EXPERIMENTALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA HARINA DE PAPA PARA LA HUMEDAD EN EQUILIBRIO E ISOTERMA DE SORCIÓN

Aw A 40⁰c	Humedad equilibrio (gH2O/100g m.s.)
0,112	3,685
0,234	5,042
0,324	9,117
0,484	9,684
0,661	11,908
0,747	13,176
0,891	17,832
1	30,978

Fuente: Elaboración propia,2015

La isoterma de GAB fue descrita de la siguiente manera:

$$X = \frac{x_m \cdot C \cdot k \cdot Aw}{1 - k \cdot Aw \cdot 1 + C - 1 \cdot k \cdot Aw}$$

Donde:

X= Contenido de humedad (% base seca) del producto

x_m = Es la humedad del producto (Llamada monocapa en la ecuación de BET)

C= Es la constante de Guggenheim, característica del producto y relacionada con el calor de adsorción de la monocapa

k= Es un factor de corrección relacionado con el calor de sorción de la multicapa

Simplificando la ecuación de la siguiente manera:

$$\frac{1 - k \cdot Aw \cdot 1 + C - 1 \cdot k \cdot Aw}{x_m \cdot C \cdot k} = \frac{Aw}{X}$$

$$\frac{1 - k \cdot Aw \cdot 1 + C \cdot k \cdot Aw - k \cdot Aw}{x_m \cdot C \cdot k} = \frac{Aw}{X}$$

$$\frac{1 + C \cdot k \cdot Aw - k \cdot Aw - k \cdot Aw - C \cdot k^2 \cdot Aw^2 + k^2 \cdot Aw^2}{x_m \cdot C \cdot k} = \frac{Aw}{X}$$

$$\frac{Aw \cdot C \cdot k - 2k + Aw^2 - C \cdot k^2 + k^2 + 1}{x_m \cdot C \cdot k} = \frac{Aw}{X}$$

$$\frac{Aw^2 - C \cdot k^2 + k^2}{x_m \cdot C \cdot k} + \frac{Aw \cdot C \cdot k - 2k}{x_m \cdot C \cdot k} + \frac{1}{x_m \cdot C \cdot k} = \frac{Aw}{X}$$

Para reemplazar los datos se toma en cuenta la tabla N-2 en el cual se debe extrapolar para una temperatura de 40 ° C

Tabla N-2: Datos Experimentales de X_0, C, k, r^2 y %EMR

Modelos	Parámetros	Temperatura (° C)			
		20	25	30	35
	X_0	7,524	7,461	7,460	6,198
	C	26,521	21,294	16,653	20,714
	k	0,872	0,851	0,838	0,875
	r^2	0,9977	0,9944	0,9939	0,9937
	%EMR	4,89	3,68	4,96	4,892

Fuente: Espinoza , 1995

Extrapolando se obtiene los siguientes datos:

$$X_0 = 4,936$$

$$C = 24,775$$

$$k = 0,912$$

$$\frac{Aw^2 - 24,775 \cdot 0,912 + 0,912^2}{4,936 \cdot 24,775 \cdot 0,912} + \frac{Aw \cdot 24,775 \cdot 0,912 - 2 \cdot 0,912}{4,936 \cdot 24,775 \cdot 0,912} + \frac{1}{4,936 \cdot 24,775 \cdot 0,912} = \frac{Aw}{X}$$

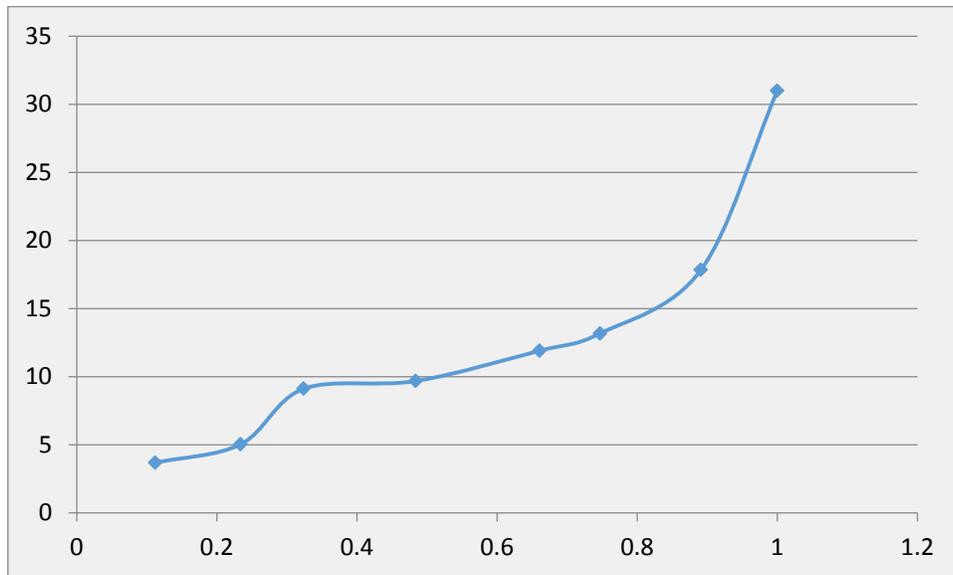
$$\frac{Aw}{X} = -0,195Aw^2 + 0,186Aw + 8,975 \times 10^{-3}$$

Tabla N-3: DATOS OBTENIDOS DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO

Aw A 40^oc	Humedad equilibrio (gH₂O/100g m.s.)
0,112	3,685
0,234	5,042
0,324	9,117
0,484	9,684
0,661	11,908
0,747	13,176
0,891	17,832
1	30,978

Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura N.1: CURVA DE SORCIÓN CON LOS DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS



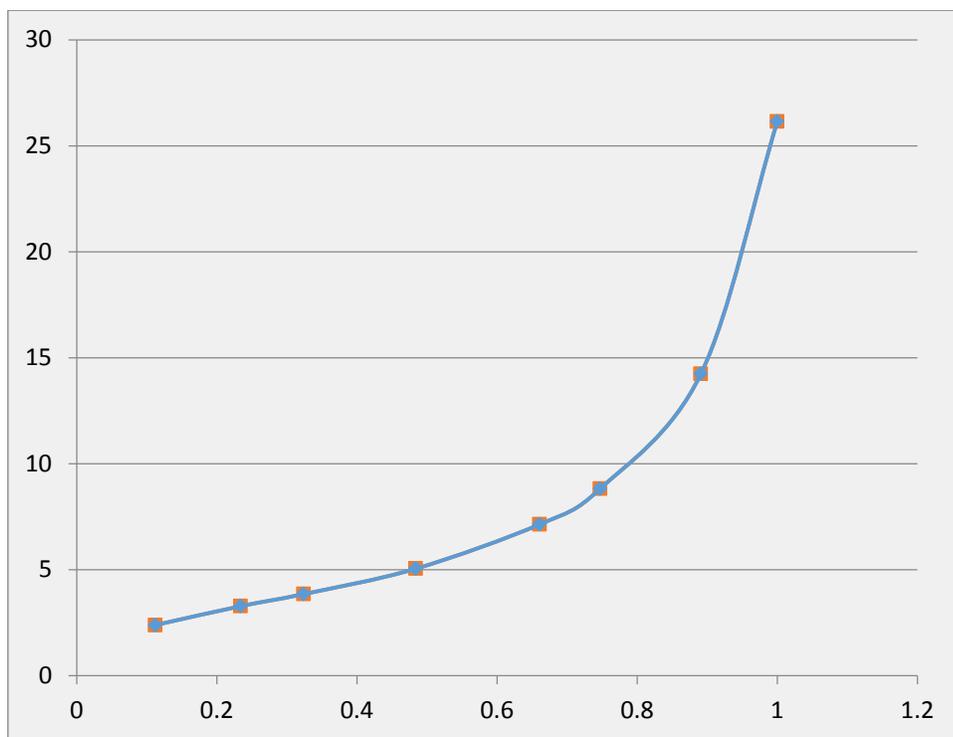
Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N-4: DATOS AJUSTADOS CON LA ECUACIÓN GAB DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO

Aw A 40^oc	Humedad equilibrio (gH₂O/100g m.s.)
0,112	2,38994802
0,234	3,28251256
0,324	3,85362981
0,484	5,04935347
0,661	7,14296166
0,747	8,81618426
0,891	14,2374103
1	26,1369577

Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura N.2: CURVA DE SORCIÓN CON LOS DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS



Fuente: Elaboración propia, 2015

ANEXO 0

***VARIACIÓN DE PESO DE LA HARINA DE
PAPA EN EL ENVASE DE POLIPROPILENO***

**Tabla O-1: CAMBIO DE PESO DE LA HARINA DE PAPA EN EL ENVASE
DE POLIPROPILENO**

TIEMPO (DIA)	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
1	103,21	103,19	103,20
2	103,26	103,28	103,27
3	103,35	103,33	103,34
4	103,43	103,39	103,41
5	103,50	103,48	103,49
6	103,55	103,57	103,56
7	103,64	103,62	103,63
8	103,73	103,69	103,71
9	103,79	103,77	103,78
10	103,87	103,85	103,86
11	103,94	103,92	103,93
12	104,01	103,99	104,00
13	104,07	104,07	104,07
14	104,16	104,14	104,15
15	104,24	104,22	104,23
16	104,31	104,29	104,30
17	104,38	104,36	104,37
18	104,44	104,44	104,44
19	104,51	104,53	104,52
20	104,60	104,58	104,59

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tal como se puede observar, la ganancia de humedad es constante y ascendente para todos los productos según pasan los días proporcionalmente, razón por la cual se obtuvo como gráfica casi sin desviaciones, esta ganancia de humedad está directamente relacionada con el coeficiente de permeabilidad del polipropileno.

ANEXO P
**DETERMINACIÓN DE LA
VIDA ANAQUEL**

Tabla P-1:Ganancia de humedad bolsa de polipropileno flexible en 100g de harina de papa seca

DIAS	Ganancia de humedad	Q/t (g)	ÁREA (cm²)
0	3,20	0,070	304,5
1	3,266	0,072	304,5
2	3,339	0,075	304,5
3	3,413	0,076	304,5
4	3,490	0,074	304,5
5	3,564	0,070	304,5
6	3,634	0,072	304,5
7	3,706	0,075	304,5
8	3,781	0,076	304,5
9	3,858	0,074	304,5
10	3,931	0,070	304,5
11	4,001	0,072	304,5
12	4,074	0,075	304,5
13	4,149	0,077	304,5
14	4,225	0,074	304,5
15	4,299	0,070	304,5
16	4,369	0,072	304,5
17	4,442	0,075	304,5
18	4,516	0,077	304,5
19	4,593	0,074	304,5
20	4,667	0,070	304,5
21	4,737	0,072	304,5
22	4,809	0,070	304,5
23	3,20	0,072	304,5
24	3,266	0,075	304,5
PROMEDIO		0,073	

Fuente: Elaboración propia,2015

Se calcula el coeficiente de permeabilidad

$$\text{coeficiente de permeabilidad } P_{H_2O} = \frac{WVTRx\Delta t}{\Delta P}$$

Donde:

WVTR= Tasa de transmision de vapor de agua

Q/t = Pendiente entre el nuevo peso ganado en un tiempo t, g/día=0,073g/día

l = Espesor de la pelicula plástica expresada en la unidad mil. (1mil=25,4µm)= 1,57 cm

A= Área de la superficie de permeabilidad=0,0609 m²

ΔP = Diferencia de la presión parcial=55,3 mmHg

Calculamos la Tasa de transmision de vapor de agua:

$$WVTR = \frac{Q/t}{A}$$
$$WVTR = \frac{0,073g/dia}{0,0609cm^2} = 1,20357754$$

$$\text{coeficiente de permeabilidad } P_{H_2O} = \frac{1,20357754 * 1,57}{55,3} = 0,03417028$$

Calculamos la tendencia de permeabilidad del empaque con el producto

$$\text{Lnr} = \text{Ln} \frac{m_e - m_i}{m_e - m}$$

Donde:

Lnr= Tendencia de permeabilidad del empaque con el producto

m_e = Contenido de humedad de la isoterma que se halla en equilibrio con la Temperatura y la humedad externa, g H₂O/g solido= 30,978

m_i = Contenido inicial de humedad en base seca= 3,196g

m = Contenido de humedad en el tiempo t, horas o días

Tabla P-2: Características del envase polipropileno

Tipo de envase	Densidad	Volumen	masa
envase polipropileno flexible	0,6	200	120

Fuente: Elaboración propia, 2015

Entonces se calcula antes:

$$\text{sólidos} = 1 - \frac{mi}{1 + mi}$$

$$\% \text{sólidos} = 1 - \frac{3,196}{1+3,196} = 0,23832221$$

$$w_s = w_{\text{inicial}} - w_{\text{funda plastica}} \times \frac{\% \text{sólidos}}{100}$$

$$w_s = 200 - 0,09 \times \frac{0,23832221}{100} = 47,6429933$$

Donde: $m = 30,978 - 0,101 = 30,877 \text{g}$

Reemplazando datos:

$$\text{Lnr} = \text{Ln} \frac{30,978 - 3,196}{30,978 - 30,877} = 5,292148377402490000$$

Finalmente calculamos la vida útil de la harina de papa

$$\theta = \frac{\text{Lnr}}{\frac{k}{x} \times \frac{A}{w_s} \times \frac{P_o}{b}}$$

Donde:

Lnr= tendencia de permeabilidad del empaque con el producto=5,292148377402490000

$K/x = WVTR/\Delta P =$ Permeabilidad del envase, $g \frac{H_2O}{dia} * m^2 * mmhg = 0,02176451$

$A =$ Área de empaque de la película plástica= $0,0609 m^2$

$w_s =$ Peso de sólidos secos en el empaque= $47,6429933$

Po= Presión de vapor del agua pura a temperatura T= 55,3mmHg

b= pendiente de la isoterma (tangente entre la humedad critica e inicial) g H₂O/g de solido por unidad de Aw

Calculamos la pendiente de la isoterma: $b = \frac{0,111 - 0,0369}{0,661 - 0,101} = 0,132321429$

$$\theta = \frac{\text{Lnr}}{\frac{k}{x} \times \frac{A}{w_s} \times \frac{P_o}{b}}$$

$$\theta = \frac{5,292148377402490000}{0,02176451 \times \frac{0,0609}{47,6429933} \times \frac{53,5}{0,147}}$$

$$\theta = 455,1660525 \text{ dias}$$