

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DE LOS HIDROCOLOIDES COMO COBERTURA EN  
LA ABSORCIÓN DE ACEITE EN EL FRITADO DE LAS PAPAS  
ANDINAS”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ALEX MENDOZA QUISPE**  
**EFRAÍN TAPIA PANDIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL  
“EFECTO DE LOS HIDROCOLOIDES COMO COBERTURA EN LA  
ABSORCIÓN DE ACEITE EN EL FRITADO DE LAS PAPAS ANDINAS”**

**TESIS PRESENTADA POR:**

ALEX MENDOZA QUISPE

EFRAÍN TAPIA PANDIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**



**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE**

:

M.Sc. FLORENTINO V. CHOQUEHUANCA CÁCERES

**PRIMER MIEMBRO**

:

Dr. ULISES ALVARADO MAMANI

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

M.Sc. CARMEN GISELA MINDANI CACERES

**DIRECTOR / ASESOR**

:

Dr. ALEJANDRO COLOMA PAXI

**Área: Ingeniería y Tecnología**

**Tema: Desarrollo de Procesos Productivos Agroindustriales**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 DE DICIEMBRE DEL 2018**

## DEDICATORIA

A Dios por regalarme la vida, con caminos despejados, pero principalmente con baches que me han permitido crecer como persona y valorar el día a día.

A mis padres por su confianza, amor y apoyo incondicional que me brindaron, sus enseñanzas y valores inculcados guiaron mi camino y me permitieron culminar esta etapa de mi vida. A mi pareja, a mis hermanos con quienes compartí juguetes, sueños, sonrisas y lágrimas; a toda mi familia por su comprensión, ahora comparto este logro con ellos.

ALEX M. Q.

## DEDICATORIA

A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres (Fermín Tapia Vilca, Dominga Pandia Apaza), mi pareja (Katia Puma Barrantes), y mis hermanos, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo llegar hasta el final. mis palabras no bastarían para agradecerles por su apoyo, a todos espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional. A mis amigos Desde un comienzo de nuestra carrera profesional nos venimos apoyando mutuamente y espero que siga siendo así. A mi asesor Por su apoyo en la culminación de mis estudios y en la elaboración de esta tesis.

EFRAIN T. P.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por habernos preparado en cada uno de los caminos que debimos recorrer durante nuestro periodo de estudio en la Universidad Nacional del Altiplano, otorgándole a nuestros queridos padres, salud y fuerza necesaria para hacer realidad nuestros sueños.

Agradecemos a nuestro director de tesis Dr. Alejandro Coloma Paxi por su aporte en conocimientos para la elaboración de la tesis.

Agradecemos a nuestros jurados de la escuela profesional de Ing. Agroindustrial, por su aporte en nuestra formación profesional y culminación de la tesis.

A todos muchas gracias.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>15</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>16</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>II. REVISIÓN LITERARIA</b> .....	<b>20</b>
2.1. PAPAS NATIVAS .....	20
2.1.1. Clasificación taxonómica.....	23
2.1.2. Generalidades de la variedad INIA 303-Canchán .....	23
2.1.3. Características fisiológicas de la papa variedad Canchán.....	24
2.1.4. Composición química de la papa .....	24
2.1.5. Variedades de papa .....	25
2.1.6. Importancia socio-económica de la papa.....	26
2.1.7. La estructura de la cadena productiva de la papa.....	27
2.1.8. Industrialización de la papa en el Perú .....	27
2.2. FRITURA .....	28
2.2.1. Definición .....	28
2.2.2. El proceso de freído .....	29
2.2.3. Etapas de freído.....	30
2.2.4. Aceites comestible .....	32
2.3. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES.....	34

2.3.1. Tipos de recubrimientos.....	36
2.3.2. Hidrocoloides en la industria alimentaria .....	37
2.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DESDE EL CONSUMIDOR.....	57
2.4.1. Análisis Sensorial.....	58
2.4.2. Utilidad del Análisis Sensorial.....	58
2.4.3. Propiedades Sensoriales .....	59
2.4.4. Cantidad de Muestra .....	60
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
3.1. Lugar de ejecución.....	61
3.2. Materia Prima .....	61
3.3. Insumos.....	61
3.4. Materiales .....	61
3.5. Equipos utilizados.....	62
3.6. Metodología Experimental .....	62
3.7. Metodología de análisis .....	66
3.7.1. Análisis físico y químico .....	66
3.7.2. Análisis Sensorial.....	68
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>72</b>
4.1. Efecto del tipo de hidrocoloide (pectina, carragenina, cmc) y concentración (0.5; 0.75 y 1%) en la absorción de aceite de tres variedades de papas fritas (canchán, blanca y mariva). .....	72

4.2. Efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva). .....	78
4.2.1. COLOR .....	78
4.2.2. TEXTURA .....	83
4.2.3. HUMEDAD .....	87
4.3. Efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades sensoriales en tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva). .....	90
4.3.1. APARIENCIA .....	90
4.3.2. SABOR .....	93
4.3.3. OLOR.....	94
4.3.4. COLOR .....	96
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Composición química promedio de la papa.....	25
<b>Tabla 2.</b>	Variedades de papa en el Perú .....	26
<b>Tabla 3.</b>	Composición Química de aceites vegetales .....	34
<b>Tabla 4.</b>	Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos. ....	39
<b>Tabla 5.</b>	Características de la carragenina.....	49
<b>Tabla 6.</b>	Resumen de las propiedades de la carragenina y su interacción con productos y sistemas alimenticios.....	54
<b>Tabla 7.</b>	Contenido de aceite de las papas fritas en las tres variedades y concentraciones de hidrocoloides .....	72
<b>Tabla 8.</b>	Análisis de textura sobre el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva).....	83
<b>Tabla 9.</b>	Análisis de humedad sobre el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva).....	87
<b>Tabla 10.</b>	Evaluación sensorial de la apariencia .....	90
<b>Tabla 11.</b>	Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas en las tres variedades. ....	91
<b>Tabla 12.</b>	Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	92
<b>Tabla 13.</b>	Evaluación sensorial del sabor.....	93
<b>Tabla 14.</b>	Prueba de comparación múltiple de Tukey del sabor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	94
<b>Tabla 15.</b>	Evaluación sensorial del olor .....	94

<b>Tabla 16.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey del olor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	95
<b>Tabla 17.</b> Evaluación sensorial del color .....	96
<b>Tabla 18.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey del color de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	97
<b>Tabla 19.</b> ANVA Contenido de Aceite de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides. ....	112
<b>Tabla 20.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey para contenido de Aceite de las papas fritas en las tres variedades. ....	112
<b>Tabla 21.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey para contenido de Aceite de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide .....	113
<b>Tabla 22.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey para contenido de Aceite de las papas fritas de acuerdo a la concentración.....	113
<b>Tabla 23.</b> ANVA Textura de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.....	114
<b>Tabla 24.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas en las tres variedades. ....	114
<b>Tabla 25.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	115
<b>Tabla 26.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas de acuerdo a la concentración.....	115
<b>Tabla 27.</b> ANVA Humedad de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.....	116
<b>Tabla 28 .</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la humedad de las papas fritas en las tres variedades. ....	116

<b>Tabla 29.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la humedad de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	117
<b>Tabla 30.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas de acuerdo a la concentración .....	117
<b>Tabla 31.</b> ANVA Apariencia de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.....	118
<b>Tabla 32.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas en las tres variedades. ....	118
<b>Tabla 33.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	119
<b>Tabla 34.</b> ANVA Sabor de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.....	119
<b>Tabla 35.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey del sabor de las papas fritas en las tres variedades. ....	120
<b>Tabla 36.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey del sabor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	120
<b>Tabla 37.</b> ANVA Olor de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.....	121
<b>Tabla 38.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey del olor de las papas fritas en las tres variedades. ....	121
<b>Tabla 39.</b> Prueba de comparación múltiple de Tukey del olor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.....	122
<b>Tabla 40.</b> ANVA Color de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.....	122



**Tabla 41.** Prueba de comparación múltiple de Tukey del color de las papas fritas en las tres variedades. .... 123

**Tabla 42.** Prueba de comparación múltiple de Tukey del color de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide ..... 123

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC), (Mora, 2013) .....	41
<b>Figura 2.</b>	Estructura básica de la pectina, reproducido de Willats & Col, 2006. ....	43
<b>Figura 3.</b>	Estructura química de las carrageninas de importancia comercial. (Agargel, 2018).....	51
<b>Figura 4.</b>	Flujo de operaciones para freír las papas.....	63
<b>Figura 5.</b>	Diseño experimental .....	71
<b>Figura 6.</b>	Contenido de aceite de las papas fritas en las tres variedades y concentraciones de hidrocoloides .....	75
<b>Figura 7.</b>	Comportamiento de cromaticidad de las papas fritas variedad canchán al 1% de pectina.....	79
<b>Figura 8.</b>	Comportamiento de cromaticidad de las papas fritas variedad blanca al 1% de pectina.....	81
<b>Figura 9.</b>	Comportamiento de cromaticidad de las papas fritas variedad mariva al 1% de pectina.....	82
<b>Figura 10.</b>	Análisis de textura sobre el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva). ....	85
<b>Figura 11.</b>	Análisis de humedad sobre el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva). ....	89
<b>Figura 12.</b>	Evaluación sensorial de la apariencia.....	91
<b>Figura 13.</b>	Evaluación sensorial del sabor .....	93
<b>Figura 14.</b>	Evaluación sensorial del olor.....	95
<b>Figura 15.</b>	Evaluación sensorial del color.....	97

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

%	: Porcentaje
Kcal	: Kilocalorias
g	: Gramos
ml	: Mililitros
°C	: Grados centígrados
mm	: Milímetros
kg	: Kilogramos
und	: Unidad
min	: Minutos
cm	: Centímetros
DCA	: Diseño completo al azar
Pec	: Pectina
Car	: Carragenina
CMC	: Carboximetilcelulosa

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de tipo de goma y concentración de hidrocoloide en la absorción de aceite y su influencia en las propiedades físico-químicas y sensoriales de tres variedades de papas fritas. Las variables experimentales son: tipo de goma (carboximetilcelulosa, pectina y carragenina), concentración de hidrocoloide (0.5; 0.75 y 1%) y variedad de papa (Canchán, Blanca y Mariva). El proceso de recubrimiento con hidrocolides se realizó antes del fritado y se realizó por inmersión de papas cortadas 1×1×5.5 cm de dimensiones. El proceso de fritado se realizó por inmersión en aceite de girasol caliente a temperatura de ebullición (175-180°). Posteriormente se evaluaron la capacidad de absorción de aceite, contenido de humedad, análisis de color (colorímetro), de textura (esfuerzo de corte) y análisis sensorial (prueba hedónica). Los resultados mostraron que hubo efecto significativo del tipo de hidrocolide, concentración y variedad de papa en la absorción de grasa y contenido de humedad, sin embargo, no hubo efecto significativo en las propiedades de color y textura. El tratamiento con carboximetilcelulosa a una concentración de 1% fue la más efectiva en la reducción de grasa alcanzando una reducción de 32.4% en comparación a la testigo, seguida del Pectina de 1% reduciendo un 24.48% y la menos efectiva fue la carragenina a 0.5% reduciendo un 6.42%. En el análisis sensorial se demostró que todos los atributos mostraron diferencias significativas en el alimento recubierto con respecto de la muestra testigo. En conclusión, la variedad, el tipo de hidrocoloide y la concentración de hidrocoloide afectan significativamente sobre el contenido de aceite y sensorial de las papas fritas, también ocurre lo mismo con lo referido en la textura y la humedad, lo cual incrementa (pectina).

**Palabras claves:** Fritado, cubiertas comestibles, papas, grasa.

## ABSTRACT

In this research work, the objective is to evaluate the effect of rubber type and hydrocolloid concentration on oil absorption and its influence on the physical-chemical and sensory properties of three varieties of potato chips. The experimental variables are: type of gum (carboxymethyl cellulose, pectin and carrageenan), hydrocolloid concentration (0.5; 0.75 and 1%) and potato variety (Canchán, Blanca and Mariva). The hydrocolide coating process was performed before frying and was carried out by immersion of cut potatoes  $1 \times 1 \times 5.5$  cm in dimensions, in hydrocolloid solutions at different concentrations. The frying process was carried out by immersion in hot sunflower oil at boiling temperature (175-180 °). Subsequently, oil absorption capacity, moisture content, color analysis (colorimeter), texture (shear stress) and sensory analysis (hedonic test) were evaluated. The results showed that there was a significant effect of the type of hydrocolide, concentration and variety of potatoes on fat absorption and moisture content, however there was no significant effect on the color and texture properties. The treatment with carboxymethyl cellulose at a concentration of 1% was the most effective in reducing fat reaching a reduction of 32.4% compared to the control, followed by Pectin of 1% reducing 24.48% and the least effective was carrageenan at 0.5% reducing 6.42%. The sensory analysis showed that the color attribute was the only one that showed significant differences between the coated food with respect to the control sample. In conclusion, the variety, the type of hydrocolloid and the concentration of hydrocolloid significantly affect the oil and sensory content of the potato chips, the same also happens with the reference in texture, which increases (pectin), also influenced the moisture content.

**Keywords:** fry, edible covers, potatoes, fat.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país megadiverso y heterogéneo con una multiplicidad de recursos y especies. Entre las cuales la papa es un tubérculo comestible que se extrae de la planta herbácea americana *Solanum tuberosum*, de origen andino entre Perú y Bolivia, existen una gran variedad de papas nativas, pero debido a las condiciones geográficas en las que se encuentran, presentan cierta ausencia en el mercado nacional (Inia, 2012). No obstante, en estos últimos años se ha incrementado su valor comercial, pues poseen características nutricionales importantes; aun así, los estudios realizados en éstas son insuficientes porque no se consideran los derivados que se pueden obtener de las papas nativas, como una posible alternativa para generar un mayor valor agregado (Peña, 2017).

Por otra parte, la fritura es una de las técnicas más tradicionales de preparación de los alimentos. En la actualidad los alimentos fritos gozan de una gran popularidad cada vez mayor en el mundo y son aceptados por personas de todas las edades (Pahade *et al.*, 2012). Entre ellas las papas fritas son un snack muy popular y la atracción del consumidor esto es debido a los cambios importantes en su microestructura inducida por la fritura y sus efectos en las propiedades físico químicas y sensoriales. El color en papas fritas es un importante parámetro a controlar junto con la textura y el contenido de aceite (Pedeschi *et al.*, 2004).

El contenido de aceite de las papas fritas depende de la cantidad de aceite que se absorbe durante el proceso de fritado. La cantidad de absorción de aceite es directamente proporcional a la cantidad de humedad perdida. La absorción de aceite y su distribución en el producto frito es principalmente cerca de la superficie, es decir, la corteza de las papas fritas absorbe 15% de aceite durante la fritura (Pahade *et al.*, 2012).

Sin embargo, la Organización para la Agricultura y los Alimentos (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que el alto consumo de alimentos fritos es un factor de riesgo para la salud, principalmente por su alta densidad energética que se presenta a expensas de la grasa y por la formación de compuestos tóxicos, por lo que la absorción de aceite debe ser reducida ya sea mediante el uso de sustitutos de la grasa tales como miméticos de grasa, las grasas bajas en calorías. Otro enfoque es el uso de ingredientes comestibles en la masa para mejorar el rendimiento de recubrimiento y mezcla de cereales y leguminosas (Montes *et al.*, 2016).

El uso de hidrocoloides como recubrimiento es un método para reducir la absorción de aceite en productos fritos debido a sus propiedades preventivas. Los hidrocoloides son ampliamente utilizados como ingredientes funcionales en la industria alimentaria para agregar valor comercial a los productos alimenticios. Además de los beneficios obvios de sabor, textura, sensación en la boca, el control de la humedad y la movilidad del agua, sino que también mejoran la calidad del producto y la estabilidad general de soportar las demandas de procesamiento, la distribución, y la preparación final para la mesa. Desde una perspectiva de la salud, los hidrocoloides se han utilizado en sistemas de rebozado y de empanado para bloquear la absorción de grasa durante la fritura, para que se puedan crear productos alimenticios más bajos en grasa y con mayor contenido nutricional (Yazdanseta *et al.*, 2015).

Diversos ingredientes, tales como pectina, alginato de sodio, celulosa en polvo, hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), goma guar, goma xantano y goma arábica se utilizaron para la reducción de aceite de varios productos tales como los nuggets de pollo (Sahin *et al.*, 2005. En nuestra Región el producto más consumido en la preparación de los diferentes aperitivos son las papas fritas, al respecto existen algunos estudios

realizados para disminuir la absorción de aceite, en las papas nativas estudiadas (cachán, blanca y mariva), en consecuencia, la presente investigación pretende estudiar los efectos en las propiedades físicas y sensoriales, por lo tanto, en el presente estudio se plantea los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración como cobertura en la absorción de aceite y su influencia en las propiedades físico químicas y sensoriales de tres variedades de papas fritas (cachán, blanca y mariva).

### **Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto del tipo de hidrocoloide (pectina, carragenina, cmc) y concentración (0.5; 0.75 y 1%) en la absorción de aceite de tres variedades de papas fritas (cachán, blanca y mariva).
2. Evaluar el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (cachán, blanca y mariva).
3. Conocer el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades sensoriales en tres variedades de papa frita (cachán, blanca y mariva).

## II. REVISIÓN LITERARIA

### 2.1. PAPAS NATIVAS

Las variedades de papa domesticadas por los antiguos peruanos se denominan papas nativas. Constituyen una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante siglos las seleccionaron por su agradable sabor y resistencia a las condiciones adversas del clima de la Sierra, caracterizado por frecuentes heladas y sequías. La gran mayoría de papas nativas se cultivan por encima de los 3 800 m.s.n.m., donde ningún otro cultivo prospera. A esta altitud, la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan condiciones naturales especiales para que las variedades se cultiven sin usar fertilizantes químicos. Las regiones con el mayor cultivo de papas nativas son Puno, Cuzco, Ayacucho y Huancavelica, en los terrenos sobre los 3 800 m.s.n.m. Sin embargo, debido a dificultades de acceso al mercado y a una baja producción, pues se las emplea esencialmente para autoconsumo, la gran mayoría de los consumidores urbanos no llega a conocer muchas de estas variedades nativas ( Peña, 2017).

La mayor diversidad genética de *Solanum tuberosum* “papa” silvestre y cultivada se encuentra principalmente en la zona temperada y en las partes altas de los andes. La papa es una planta perenne de la familia de las solanáceas, se originó en los andes y fue introducida a la dieta europea en el Siglo XVI, es un cultivo muy importante en todo el mundo y es esencial para la seguridad alimentaria global. Se propaga generalmente por clonación, es altamente heterocigota y autotetraploide; es el cuarto alimento cultivado en el mundo después del trigo, el arroz y el maíz. En el año 2007, más 325 millones de toneladas de papas se producían en todo el mundo y era consumida en todo el planeta alrededor de 75 a 95 kg per capita al año y desde el punto de vista nutricional, constituye un alimento altamente energético, debido a su alto contenido de carbohidratos, vitaminas

y minerales, constituye la base de la alimentación del poblador peruano ( Gonzales & Peña, 2014).

El cultivo de las papas nativas es un elemento importante de un sistema más grande de control vertical, por el cual cada comunidad explota simultáneamente diversas zonas ecológicas dentro de este complejo medioambiente andino. El cultivo de papa y de otros tubérculos con frecuencia ocurre en la puna o jalka, bajo áreas sujetas a heladas que son usadas principalmente como pasturas, pero a altitudes mayores que la zona Queshua, donde generalmente se siembran granos. La zona principal más baja de cultivo, llamada montaña, yunga o temple, es utilizada para cultivos tropicales como camote, coca, caña de azúcar, yuca, llantén y diversas frutas. Para las comunidades andinas es común estar localizadas cerca de los bordes que separan la zona Queshua de la jalka, en cercana proximidad a tierras propicias para las papas, pero al mismo tiempo accesible a los cultivos de granos situados debajo y a las pasturas, arriba. El control vertical es una estrategia seguida por los agricultores minifundistas individuales de escala local, así como también por las comunidades. Los agricultores de papa en los Andes tradicionalmente trabajan varias parcelas no adyacentes, algunas veces ampliamente dispersas en las tierras de la comunidad, para aprovechar la variedad de nichos ambientales ( Flores , 2017).

El conocimiento de los agricultores de papa propone una diferenciación práctica y de acuerdo al uso. Así se diferencian las papas comerciales, producto de la selección en estaciones experimentales, de las papas nativas creadas por los propios campesinos. Las papas nativas pueden clasificarse en papas de consumo directo dulces y en papas amargas, basado en su adaptación ecológica, siendo estas últimas mejor adaptadas a climas muy fríos. Las formas del tubérculo se tipifican como redondas, ovaladas, alargadas, planas,

así como con ojos (yemas) superficiales o numerosos ojos muy hundidos. La escala de colores de la pulpa o carne va desde el blanco hasta el morado ( Peña, 2017).

Los análisis científicos han determinado que la gran mayoría de papas nativas poseen mejores características nutricionales que las papas comerciales, que, por lo general, reciben una alta dosis de agroquímicos durante su crecimiento. Así, las variedades nativas amarillas tienen un alto contenido de vitamina C; las pigmentadas de rojo o púrpura contienen antocianinas y flavonoides sustancias que previenen enfermedades degenerativas. Además, las papas nativas destacan por su extraordinaria variedad de formas, colores de la cáscara y la pulpa, sabores y textura. La pulpa de estos tubérculos puede ser blanca, amarilla, roja, azul, naranja o morada y, en muchos casos, muestra combinaciones de color vistosas y únicas ( Peña, 2017).

Según el Minagri (2015), las papas nativas, actualmente, representan el 30 por ciento del total de la producción de papa en el Perú. Y en el 2008, se inició, con el objetivo de promover las variedades de papas nativas, el Registro Nacional de Papas Nativas Peruanas, donde se inscribió alrededor de setenta variedades de papas nativas, y anualmente el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha seguido trabajando el tema de la inscripción y caracterización de cada variedad. Hasta el año 2015, existen más de 100 variedades inscritas en el mencionado registro y el objetivo es inscribir las más de tres mil variedades con las que cuenta nuestro país. Con este mayor conocimiento se irá incrementando la producción y consumo de papa nativa en los próximos años, mientras que las variedades mejoradas (que dominan el mercado de consumo actualmente) disminuirán debido a que se está haciendo reconversiones por las variedades nativas.

### 2.1.1. Clasificación taxonómica

La papa está ubicada en la siguiente posición taxonómica (Salazar, Zambrano, & Valecillos, 2008):

Tipo: Spermatophyta

Clase: Angiospermas

Subclase: Tubbiflorrae

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: Tuberosum

Sub-especie: Tuberosum, Andigenum

Nombre común: Papa, patata

### 2.1.2. Generalidades de la variedad INIA 303-Canchán

La papa variedad INIA 303-Canchán, es una variedad mejorada y liberada en 1980 por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA de Huánuco (Canahua & Arcos, 2002). En el Perú se siembra anualmente alrededor de 300 000 hectáreas de papa, 40%, de estas son la variedad INIA 303 – Canchán, lo que significa aproximadamente 120 000 hectáreas cada año (Inia, 2012).

Algunos de las características generales de la papa variedad Canchan. También llamada rosada por el color de su cascara, es más económica que la papa blanca, pero tiene mejor textura y sabor. Se encuentra en el mercado prácticamente todo el año, porque se cultiva tanto en la costa como en la sierra (Inia, 2012).

### 2.1.3. Características fisiológicas de la papa variedad Canchán.

- Profundidad de ojos : Superficial
- Color de piel : Rojo
- Color de pulpa : Blanco
- Contenido de materia seca : 25%
- Contenido de humedad : 75%
- Peso específico : 1,1 N/m<sup>3</sup>
- Color de tallo : Verde claro
- Color de la flor : Lila; escasa floración
- Forma : Redondo

### 2.1.4. Composición química de la papa

La papa es un alimento versátil y tiene un gran contenido de carbohidratos, es popular en todo el mundo y se prepara y sirve en una gran variedad de formas. Recién cosechada, contiene un 80% de agua y un 20% de materia seca. Entre el 60% y el 80% de esta materia seca es almidón. Respecto a su peso en seco, el contenido de proteína de la papa es análogo al de los cereales, y es muy alto en comparación con otras raíces y tubérculos. Además, la papa tiene poca grasa (Contreras, 2001).

La composición química de la papa depende principalmente de las características genéticas, sin embargo, tubérculos de la misma planta pueden diferir notablemente en la composición química. Además, la composición se ve afectada por varios factores como variedad, zonas de crecimiento, formas de cultivo, almacenamiento, madurez de cosecha, etc. En la Tabla 1 se presentan la composición química de papa. (González, 2014).

**Tabla 1: Composición química promedio de la papa.**

Sustancias	Rango (%)	Promedio (%)
Materia Seca	13,1 – 36,8	23,7
Almidón	8,0 – 29,4	20,0
Azucares Reductores	0 – 5,0	0,3
Azucares Totales	0,05 – 8,0	0,5
Fibra Cruda	0,17 – 3,48	0,71
Sustancias Pécicas	0,2 - 1,5	-
Nitrógeno Total	0,11 – 0,74	0,32
Proteína Cruda	0,69 – 4,63	2,0
Lípidos	0,02 – 0,2	0,12
Cenizas	0,44 – 1,87	1,1
Ácidos Orgánicos	0,4 – 1,0	0,6
Agua	63,2 – 86,9	77,5

Fuente: Anderson, 1994

En papas el almidón representa 65 a 89% del peso en base seca y es calóricamente el componente nutricional. En papa cruda, el almidón se presenta como gránulos microscópicos con forma elipsoidal. La composición del almidón es de aproximadamente 21% de amilasa, 75% de amilopectina, 0.1% de lípidos, 0.1% de proteína y 0.08% de fósforo (Anderson , 1994).

### 2.1.5. Variedades de papa

La papa se cultiva en todos los pisos ecológicos, pero alcanza su máximo crecimiento y desarrollo en zonas frías entre los 10 y 15 °C, y en altitudes que van de los 2000 a los 4000 metros sobre el nivel del mar. La papa se puede clasificar por diferentes criterios. Por su origen (Tabla 2), las variedades de papa se pueden clasificar en nativas y modernas.

Las primeras tienen una antigüedad de cerca de 5 000 años y, desde las épocas ancestrales, solo se cultivan en las comunidades campesinas ubicadas entre los 3 000 y 4 200 metros de altura. En cuanto a las modernas, no tienen más de 55 años de antigüedad y son conocidas como mejoradas o blancas (Usucachi, 2011).

**Tabla 2 . Variedades de papa en el Perú**

CRITERIOS	GRUPOS	CARACTERÍSTICAS
	Nativas	Harinosas, se consumen cocidas.
Por su origen	Modernas	Menos harinosas, se consumen cocidas o fritas
Por su color	Blancas	Cáscara blanquecina
	De color	Cáscara color rojo, rojizo, morado o bicolor
Por su uso	Amargas	Para elaborar chuño, moraya o tunta
	Amarillas	Para sopas, papillas o puré
	Industriales	Para hojuelas (chips), papa frita y otros

Fuente: Usucachi (2011).

### 2.1.6. Importancia socio-económica de la papa

La papa se cultiva en 19 de los 24 departamentos del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4,200 metros de altura, constituye la base de la alimentación del poblador especialmente de la sierra, y su cultivo representa un factor socio económico muy importante en las comunidades andinas, ofreciendo más de 110,000 puestos de trabajo, es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias en el sector primario (34 millones de jornales/año), sin considerar lo que se utiliza en la industria y en los servicios relacionados a su comercialización y utilización (Minagri, 2015).

### **2.1.7. La estructura de la cadena productiva de la papa**

La cadena de la papa está conformada por todos los actores que intervienen directa e indirectamente en la agregación de valor al producto final, a través de las articulaciones entre los distintos eslabones. Esta cadena se caracteriza por estar concentrada principalmente en la zona de la sierra y estar conformada por un gran número de pequeñas unidades de producción familiar asociadas a bajos niveles de productividad, un limitado acceso a infraestructuras y servicios privados y públicos, así como una difícil inserción al mercado con altos costos de transacción. Los costos de producción varían según la ubicación geográfica, así como según el tipo y nivel de tecnología que utiliza el productor. Los resultados en el rendimiento reflejan esas diferencias. En la Costa hay agricultores que alcanzan rendimiento de 30 hasta 40 TN/ha con la variedad Canchán. Mientras en la sierra, se obtiene rendimientos de 8 TN/ha, 15 TN/ha y hasta 28 TN/ha según la tecnología baja, media y alta, respectivamente, además es influenciado por el clima, el suelo y la disponibilidad de riego en la zona de producción. En la sierra con un nivel de tecnología media, el costo de producción unitario de papa está en 0,12 USD/Kg, lo cual lleva a pensar que el Perú puede competir con otras zonas productoras de papa por excelencia, como por ejemplo el Estado de Idaho, EE,UU, que tiene un costo unitario similar. Esto significa porque no hay volúmenes significativos de importaciones ni exportaciones de papa fresca en el Perú (Devaux *et al.*, 2010).

### **2.1.8. Industrialización de la papa en el Perú**

Se estima que el 4% de la producción nacional de papa se destina a la agroindustria, siendo los principales rubros de procesamiento, las papas en tiras para freír congeladas y las hojuelas. Algunas de las marcas de estos tipos de presentación son: Inca's Gold, Jalca

Chips y Papy Bum (hojuelas de papas), Del Ande (papas en tiras para freír congeladas) (Devaux *et al.*, 2010).

La presencia de supermercados e hipermercados, así como de centros de comida rápida o “fastfood” ha generado demandas por productos derivados de la papa, con exigencias en presentación, variedades y calidad que garanticen su rápida preparación (Minagri, 2015).

## 2.2. FRITURA

### 2.2.1. Definición

Existen evidencias de que la humanidad ha venido utilizando la fritura como un método de preparación de alimentos desde hace cientos de años, pero es desde los años 50 del siglo XX, cuando se le empieza a considerar como un proceso que merece la atención por parte de la ciencia y de la tecnología (Stier, 2012).

La gran expansión de la utilización de la fritura se debe principalmente a que los alimentos, tras este proceso, adquieren unas características únicas de aroma y textura que no es posible conseguir con otras técnicas de procesado de alimentos. Además, desde el punto de vista económico el sector de alimentos fritos ha experimentado un crecimiento importante, especialmente el de *snacks* (aperitivos) y los denominados comida rápida. Por ejemplo, el mercado español de productos de aperitivo facturó 1.551 millones de euros en 2004, y para el 2006 se esperaba un crecimiento del 5,5%. La mayoría de esta facturación corresponde a las ventas del segmento de patatas fritas, que continúan siendo el producto preferido por los consumidores, seguido de los frutos secos y el resto de *snacks* (Alimentatec, 2013). De ahí la gran importancia de profundizar en el conocimiento del proceso de fritura.

Una de las ventajas de la fritura frente a otros procesos es el calentamiento rápido y uniforme del producto, esta rapidez es fundamental en las sociedades modernas. Por otra parte, el alimento preparado así resulta más atractivo, tiene mayor palatabilidad y óptimas condiciones organolépticas. Freír por inmersión o freír en grasa, puede ser definido como el proceso de cocción de alimentos por inmersión en un aceite o grasa comestible que está a una temperatura superior al punto de ebullición del agua, por lo general entre 150 y 200 ° C y estas condiciones llevan a altas tasas de transferencia de calor, cocción rápida y cambio en las propiedades físicas y sensoriales (Tirado *et al.*, 2012).

### 2.2.2. El proceso de freído

El proceso de freído por inmersión es una operación simultánea de transferencia de masa y de calor entre el alimento y el medio, que consiste en sumergir el producto en un aceite o grasa a altas temperaturas sobre el punto de ebullición del agua que contiene el alimento usualmente entre 150 y 200 °C y durante tiempos muy cortos. El freído puede realizarse bajo diferentes condiciones de presión que hacen que se modifique el punto de ebullición del agua con algunas ventajas. En este proceso el aceite proporciona calor a la superficie externa del alimento por convección, luego la temperatura interna aumenta por la transferencia del calor por conducción y se dan las reacciones de cocción y transformación como consecuencia de la relación entre el tiempo y la temperatura de freído.

El almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales de amilosa y de la amilopectina se reorganizan, lo que promueve la formación de un gel que funciona como barrera a la entrada de aceite; también, se forman compuestos coloreados mediante las reacciones de Maillard. Los alimentos preferibles para fritar son los que contienen gran contenido de almidones como la papa, el maíz, plátano, batata y yuca porque está

relacionado con el contenido de sólidos totales y es sinónimo de rendimiento en los procesos de deshidratación durante el procesamiento industrial (Hasbun *et al.*, 2009).

Ziaifar *et al.*, (2008). Describe dos tipos de productos fritos: los primeros son los productos que se caracterizan por ser delgados, se deshidratan hasta alcanzar humedades menores al 5 %, tienen menor actividad de agua, más vida útil, se empacan fácilmente y pueden almacenarse, aunque tienen mayor contenido de aceite entre 30 y 40 %. Los segundos son gruesos, como los tipos francés, que son parcialmente deshidratados, tienen humedades entre 30 y 50 % pero un menor contenido de aceite alrededor del 15 %. Los productos tipo francés, al presentar mayor contenido de humedad, no alcanzan un valor de humedad estable en el tiempo. Cabe resaltar que el objetivo de obtener productos tipo francés es sellar la superficie del alimento y mantener los sabores y jugos internos para garantizar la calidad nutricional.

### **2.2.3. Etapas de freído**

El período de freído comprende las etapas desde que se sumerge el producto en el medio hasta cuando es retirado de éste. Luego, continúa un período de enfriamiento donde se presenta la mayor parte de la absorción del aceite (Flórez, 2014).

#### **2.2.3.1. Período de freído**

El freído por inmersión se puede dividir en cuatro etapas (Flórez, 2014):

- a) Etapa del calentamiento inicial: donde la superficie del alimento alcanza la temperatura de ebullición del agua;
- b) Etapa de ebullición superficial del agua: en esta etapa es muy poca la absorción del aceite gracias a que el burbujeo del vapor de agua evita la penetración del aceite que se encuentra adherido a la superficie del producto.

- c) Etapa de velocidad decreciente de pérdida de humedad y aumento de la temperatura interna del producto. En esta etapa, además del cambio en la composición del alimento, durante el freído ocurren varias reacciones de cocción y transformación que se observan en el producto frito como la gelatinización de los almidones, la reacción de pardeamiento de Maillard, la desnaturalización de las proteínas. También se forman dos regiones en el producto: la externa o costra que se caracteriza por tener una temperatura mayor al punto de ebullición del agua y un bajo contenido de humedad; y la región central que es el interior del producto y conserva mayor humedad. Todos estos cambios aportan al producto características específicas de calidad sensorial gracias al desarrollo de textura, sabores y colores deseables como consecuencia de la relación tiempo-temperatura de freído.
- d) La etapa de punto final de ebullición en el centro del alimento: también se llama punto final de burbuja y es donde cesa la pérdida de humedad.

#### 2.2.3.2. Período de enfriamiento

Aunque la pérdida de humedad y la absorción de aceite están relacionadas, no están sincronizadas ya que la mayoría del aceite se absorbe dentro de la costra durante el período de enfriamiento. Las altas temperaturas durante el freído ocasionan la deshidratación del alimento, el agua cambia de estado en un frente de evaporización móvil que separa dos regiones: la costra deshidratada y el centro húmedo.

El vapor de agua encuentra las debilidades selectivas en la adherencia intercelular y forma sendas capilares que aumentan la porosidad superficial. El escape del vapor y la sobrepresión en el alimento es un obstáculo para la absorción de aceite, pero cuando el producto es removido del aceite disminuye la temperatura, el vapor se condensa y la

presión en los poros disminuye, creando una diferencia de presiones entre el interior y el exterior del alimento que generan un efecto de vacío y la fuerza que actúa sobre el aceite durante la absorción. Aunque la porosidad aumenta a un máximo, ésta desciende debido al encogimiento y a la saturación de los poros con aceite (Flórez, 2014).

La absorción se da como un balance entre las fuerzas de adhesión (aceite adherido a la superficie que se absorbe por capilaridad) y el drenaje (escurrido o separación del aceite de la superficie por fuerza de gravedad) durante el período de enfriamiento. Si en el ambiente donde se enfría el producto el coeficiente de transferencia de calor del aire aumenta, más rápido disminuye la temperatura del producto y más rápido se absorbe el aceite en el período de enfriamiento.

El grado de absorción de aceite es afectado significativamente por varios factores como las condiciones del proceso de temperatura, presión y tiempo, pretratamientos del alimento, origen y características físicoquímicas del alimento, su forma, relación superficie/peso, porosidad, el tipo de aceite, la composición química del aceite, rotación de aceite, manipulación durante el proceso y el equipo de freído utilizado.

#### **2.2.4. Aceites comestibles**

##### **2.2.4.1. Definición**

Los aceites se han utilizados desde tiempos atrás para la cocción de alimentos y combustibles, los aceites son productos de origen vegetal o animal, cuyos componentes principales son triésteres de ácidos grasos y el glicerol y se les denomina como “triglicéridos”, un aceite puede estar formado por un solo tipo de triglicérido, o por una mezcla de triglicéridos. Si esta mezcla es sólida, o de consistencia pastosa, a temperatura ambiente (20°C), se trata de una “grasa”. Por el contrario, si es líquida a temperatura

ambiente, es un “aceite”, en general el término grasa se usa para referirnos a los materiales solidos o semisólidos a temperatura ambiente mientras que el término aceite se refiere a los que son líquidos (Preciado, 2017).

#### 2.2.4.2. Características generales de los aceites

Las características generales de los aceites son importantes para determinar su calidad, funcionamiento y valor económico a la hora de su utilización. Los aceites alimentarios son sustancias hidrofóbicas, insolubles en agua, distribuidas en el reino animal y vegetal; se constituyen de una mol de glicerol y tres moles de ácidos grasos, siendo denominadas comúnmente como triglicéridos. Sus ácidos grasos, varían en la longitud de su cadena y en el número de insaturaciones condicionando la naturaleza de la grasa y sirviendo de base para su clasificación, denominándoles mantecas cuando son sólidas a la temperatura ambiente o aceites cuando son líquidas. La calidad de las grasas en la nutrición reside en que son los nutrientes que más energía aportan, a razón de 37 KJ por cada gramo pero su valor nutritivo se realiza porque aportan ácidos grasos fundamentales que el organismo no puede producir por sí mismo (Preciado, 2017).

#### 2.2.4.3. Composición química del aceite

Elías en año 2012, indica que el aceite vegetal se caracteriza por su composición de ácidos grasos; las diferencias entre los diversos tipos de aceite son debido a la distinta composición de estos. Así, atendiendo a su composición los aceites vegetales pueden clasificarse en:

- Aceites ricos en ácidos grasos saturados y ácido oleico (aceite de oliva).
- Aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados (aceite de girasol).

Dependiendo del tipo de aceite la composición de los ácidos grasos varía, de acuerdo con la clasificación dada en la Tabla 3, en la cual se muestra la composición química de algunos tipos de aceites vegetales.

**Tabla 3. Composición Química de aceites vegetales**

Ácidos grasos	Oliva	Girasol
Ácido láurico (C12:0)	0	≤ 0,01
Ácido mirístico (C12:0)	≤ 0,05	≤ 0,01
Ácido palmítico (C16:0)	7-8	5-8
Ácido palmitoleico (C16:1)	0,3-3	≤ 0,2
Ácido esteárico (C18:0)	0,5-5	3-7
Ácido oleico (C18:1)	61-83	15-38
Ácido linoleico (C18:2)	2-18	50-72
Ácido linolénico (C18:3)	≥ 1,5	≤ 0,2
Ácido arcaico (C20:0)	≤ 0,5	≤ 0,6
Ácido gadoleico (C20:1)	0	≤ 0,3
Ácido behénico (C22:0)	0	≤ 1,0
Ácido erúico (C22:1)	0	0
Ácido lignocérico (C24:0)	0	0

Fuente: Elías (2012)

### 2.3. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Los recubrimientos comestibles se componen de proteínas, derivados de celulosa, alginatos, pectina, almidón y otros polisacáridos. Los hidrocoloides son ampliamente utilizados en la industria de alimentos y bebidas como espesantes, gelificantes, estabilizantes, emulsificantes, como fuente de fibra dietaria y como recubrimientos comestibles porque pueden modificar la superficie de los alimentos. Desde el año 1969 se utilizaron las soluciones acuosas de hidrocoloides en los procesos de freído, entre ellos

se encuentran metilcelulosa (MC), hidroxipropil celulosa (HPC), carboximetil celulosa (CMC) e hidroxipropilmetil celulosa (HPMC).

Todos estos derivados de la celulosa son ésteres solubles en agua que se han utilizado como aditivos multifuncionales en el procesamiento de alimentos y se utilizan en freído por sus buenas propiedades de formación de película, previenen la pérdida de humedad y la absorción de aceite, preservan la textura, mantienen el color, extiende la vida útil del producto, tienen buenas características mecánicas y tienen una hidrofiliidad que aumenta en el siguiente orden HPC<MC<HPMC<CMC, lo que les permite ligar el agua, evitando que se evapore, y aumentando la tensión superficial entre el agua y el aceite (Flórez, 2014).

También se han utilizado otros recubrimientos como: gelatina, goma gelan, mezcla de k-carragenano-konjac, goma de algarroba, celulosa microcristalina, pectina, caseinato de sodio, aislado de proteína de soja, gluten de trigo, proteína aislada de suero y zeína de maíz. Los métodos más comunes de aplicación son mediante sumergido, en spray, aplicado o como ingrediente en mezclas para apanar (Flórez, 2014).

Se han realizado diferentes estudios acerca de la eficiencia de los recubrimientos comestibles en la reducción de aceite absorbido durante el freído de alimentos donde se obtuvo reducción del 26.2% y del 22.7% en el contenido de aceite del producto autóctono “bloondi” de la India utilizando como aditivo de la mezcla el 2% de CMC y el 1% de HPMC, respectivamente utilizaron hidrocoloides como la pectina, la proteína del suero y la proteína de soja y alcanzaron una reducción hasta del 27% en la absorción de aceite en deditos de yuca (Flórez, 2014).

### 2.3.1. Tipos de recubrimientos

#### 2.3.1.1. Polisacáridos

Los polisacáridos forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas, son una buena barrera para los gases como el oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua, además de que pueden adherirse a superficies de frutas y vegetales.

La desventaja al utilizar este tipo de películas es que las propiedades de barrera a la humedad son muy bajas debido a la naturaleza hidrofílica de las mismas. Se han elaborado películas a partir de celulosa, pectina, almidón, alginatos, quitosano, carragenina, gomas y mezclas.

Estas películas, la mayoría de las veces son fuertes, de color claro, resistentes relativamente al paso del agua, no se ven afectadas por aceites, grasas o solventes orgánicos no polares (Udlap, 2011).

#### 2.3.1.2. Proteínas

Proteínas de origen animal y vegetal tales como el colágeno, la gelatina, las proteínas miofibrilares de pescado, la queratina, las proteínas del huevo, la caseína, las proteínas del aislado de suero de leche, la zeína de maíz, el gluten de trigo, la proteína de soya, la proteína de cacahuete y así, las proteínas varían en su peso molecular, conformación, carga (dependiendo del pH), flexibilidad y estabilidad térmica y las diferencias en estas características moleculares determinarán su habilidad para formar recubrimientos así como sus propiedades entre otras pueden emplearse para elaborar películas y/o recubrimientos comestibles, las películas y recubrimientos elaborados a partir de

proteínas presentan buenas propiedades de barrera frente al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, pero no frente al agua (Cha & Chinnan, 2004).

### **2.3.2. Hidrocoloides en la industria alimentaria**

Los hidrocoloides son polisacáridos de alto peso molecular que, al interactuar con otras moléculas, son capaces de modificar las propiedades reológicas, actuar como estabilizantes, espesantes o gelificantes, entre otras propiedades. La propiedad básica de todos los hidrocoloides es la función espesante e impartición de viscosidad, propiedad clave de su comportamiento y funcionalidad, pueden actuar como: emulsificantes, espesantes, estabilizantes; dependiendo de la viscosidad de cada uno. El aumento de la viscosidad se debe a la presencia de grupos hidroxilos con enlaces de hidrógeno propios de las moléculas de agua. Una segunda propiedad es la gelación, pero no todos los hidrocoloides la presentan (Badui, 2006).

#### *2.3.2.1. Propiedades de los hidrocoloides*

La propiedad básica de todos los hidrocoloides es la función espesante e impartición de viscosidad, propiedad clave de su comportamiento y funcionalidad, pueden actuar como: emulsificantes, espesantes, estabilizantes; dependiendo de la viscosidad de cada uno. El aumento de la viscosidad se debe a la presencia de grupos hidroxilos con enlaces de hidrógeno propios de las moléculas de agua. Una segunda propiedad es la gelación, pero no todos los hidrocoloides la presentan (Badui, 2006).

Las propiedades generales de los hidrocoloides útiles incluyen el grado de solubilización en agua, la capacidad de incrementar la viscosidad y, en ocasiones la de formar geles. Algunas funciones incluyen mejora y estabilización de la textura, inhibición de la cristalización (azúcar y hielo), estabilización de las emulsiones y espumas, mejora

del recubrimiento con azúcar (disminuye su pegajosidad) de algunos productos de pastelería y la encapsulación de los sabores (Fennema, 2000).

Una propiedad distintiva de estos compuestos, estrechamente relacionados a los carbohidratos en estructura, es su habilidad para ligar toda el agua restante en soluciones acuosas, donde los niveles de concentración del hidrocoloide pueden ser tan bajos como un 1% y un 3%, lo que es equivalente al 97 – 99% de porción de agua (Mendoza y col, 1998). Se utilizan generalmente a concentraciones del 2% o inferiores ya que muchos presentan una capacidad limitada de dispersión y la funcionalidad deseada a esas concentraciones. En muchas ocasiones la eficacia de los hidrocoloides está directamente relacionada con su capacidad de aumentar la viscosidad (Fennema, 2000).

La mayoría de estos productos clasificados a veces como gomas, proceden de fuentes naturales, aunque otros se modifican químicamente para conseguir las características deseadas. Muchos estabilizantes y espesantes son polisacáridos, como: la goma arábica, goma guar, carboximetilcelulosa (CMC), carragenato, agar, almidón y pectina (Fennema, 2000). Además de las funciones mencionadas, se encuentran muchas otras que dependen del tipo de hidrocoloide, y la concentración en la que éste se adicione, dichas funciones son: enturbiantes, agentes de suspensión, adhesivos, formadores de películas, extensores, vehículos de sabores, floculantes, entre otros (Mora, 2013).

La velocidad de hidratación de los hidrocoloides y su funcionalidad, dependen de factores como la temperatura, pH, naturaleza química de cada hidrocoloide, concentración, etapa y forma de incorporación al alimento, presencia de iones inorgánicos, entre otros (Badui, 2006).

Son importantes por su capacidad de controlar la reología de los sistemas acuosos ya que estabilizan las emulsiones y suspensiones de partículas, controlan la cristalización e inhiben la sinéresis. Las funciones y aplicaciones de los hidrocoloides en los alimentos se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4. Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos.**

<b>Función</b>	<b>Aplicación en Alimentos</b>
Inhibidor de la cristalización	Helados
Emulsificante	Aderezos, bebidas
Encapsulante	Sabores, vitaminas microencapsuladas
Formador de películas	Productos cárnicos y frituras
Agentefloculante	Vino, cerveza
Estabilizador de espuma	Cerveza, cremas
Agentegelificante	Postres
Estabilizante	Mayonesa, cerveza
Agenteespesante	Salsa, mermeladas

Fuente: Badui, 2006

Los hidrocoloides son clasificados como aditivos son cadenas más o menos largas de diferentes azúcares y sus derivados. Estas cadenas pueden ser lineales o estar ramificadas. Según las características de las cadenas, su longitud, sus ramificaciones, la forma en que se agrupan las ramificaciones y si tienen cargas eléctricas o no, pueden ser solubles en frío o pueden necesitar un tratamiento térmico previo para poder solubilizarse y ejercer su función.

- Solubles en frío: no necesitan tratamiento térmico para dar viscosidad o gelificar: alginato, goma guar, goma arábica, goma xantana, konjac.

- Solubles en caliente: necesitan tratamiento térmico para dar viscosidad o gelificar.

Normalmente el efecto se aprecia más cuando se enfría la solución: agar, carragenato, goma garrofín, pectinas.

#### 2.3.2.2. Tipos de hidrocoloides

##### a) **Celulosa y celulosas modificadas**

La celulosa es el compuesto orgánico más abundante en la tierra y por tanto el hidrato más abundante. Es el constituyente de las paredes de las células vegetales. La celulosa utilizada en alimentación se obtiene rompiendo las fibras de la celulosa natural, despolimerizando por hidrólisis en medio ácido pulpa de madera.

Los derivados de la celulosa (de Metil Celulosa al Carboximetilcelulosa de Sodio) se obtienen químicamente por un proceso en dos etapas: en la primera, la celulosa obtenida de la madera o de restos de algodón se trata con sosa cáustica; en la segunda, esta celulosa alcalinizada se hace reaccionar con distintos compuestos orgánicos según el derivado que se quiera obtener (Mora, 2013).

El compuesto más constituyente de la celulosa es la D – glucosa, ya que se considera que la celulosa es una forma compuesta por unidades de este monómero (Fennema, 2000).

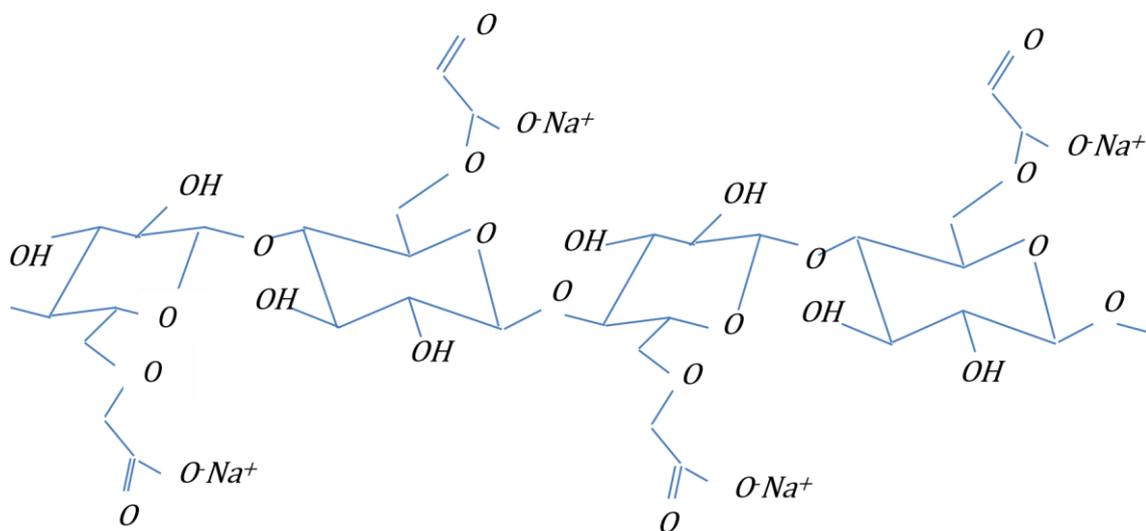
La celulosa no es soluble en agua, pero sí dispersable. Los derivados son más o menos solubles, según el tipo de que se trate. Con la excepción de la carboximetilcelulosa (CMC), y a la inversa de los demás estabilizantes vegetales, son mucho menos solubles en caliente que en frío. La viscosidad depende del grado de sustitución. Actúan fundamentalmente como agentes dispersantes, para conferir volumen al alimento y para retener la humedad. Se utilizan en confitería, repostería y fabricación de galletas (5g/kg de celulosa y 10 g/kg de sus derivados, excepto el E – 465, como máximo). La ingesta

diaria admisible es de hasta 25 mg/kg de peso de los derivados de la celulosa en total. La de la celulosa como tal no está limitada (Mora, 2013).

### b) Carboximetilcelulosa (CMC)

La carboximetilcelulosa (CMC) resulta del siguiente proceso: primero, del tratamiento de la pulpa de la madera purificada con una solución al 18% de hidróxido sódico produce celulosa alcalina. Segundo, cuando ésta se hace reaccionar con la sal sódica del ácido cloroacético, se forma la sal sódica del éter carboximetílico.

La mayor parte de los productos de carboximetilcelulosa sódica comerciales tienen un grado de sustitución (GS) dentro del intervalo (0,4 – 0,8). El tipo más vendido para uso alimentario tiene un GS de 0,7 (Fennema, 2000). En la Figura 1 se presenta la estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC).



**Figura 1. Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC), (Mora, 2013)**

Es un polímero aniónico soluble en agua, proveniente de la modificación química de la celulosa, sustituyendo algunos de los hidrógenos de los grupos hidroxilos, por grupos carboximetílicos.

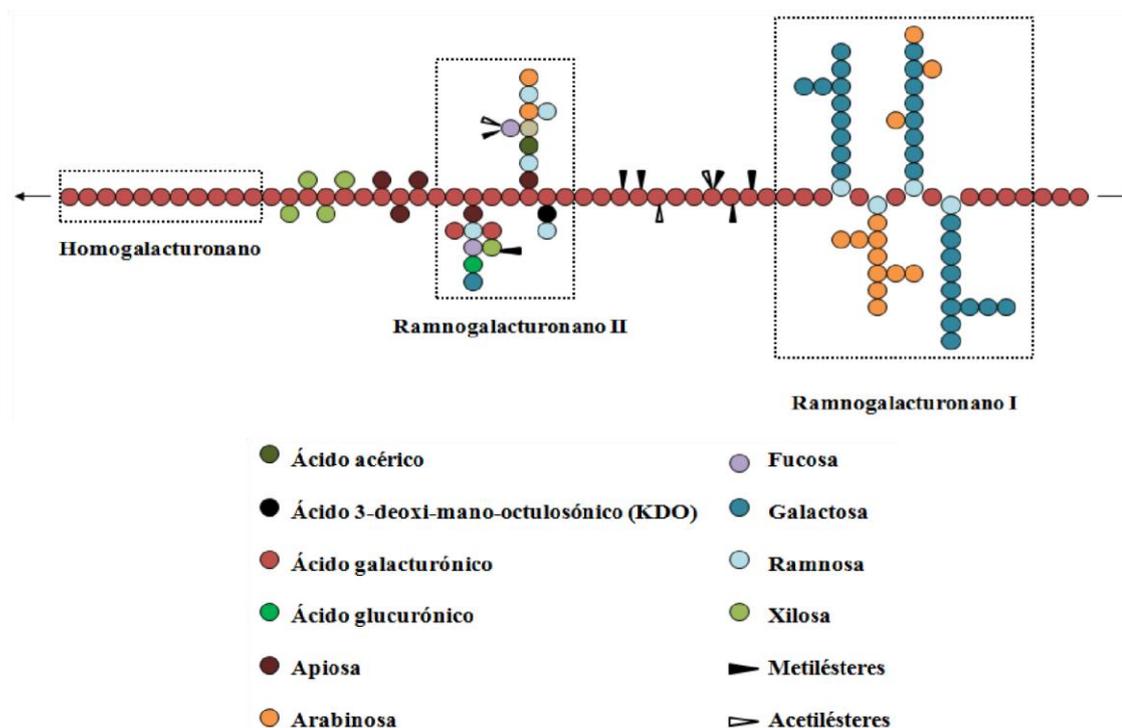
La carboximetilcelulosa es compatible con sales y con las proteínas de la leche. Las viscosidades que puede aportar en una solución dependen del grado de sustitución (número de grupos hidroxilos reactivos), grado de polimerización (largo de la cadena) y la uniformidad de sustitución a lo largo de la cadena. Se usa principalmente como producto de relleno ya que evita la sinéresis, como fibra dietética, agente antigumoso y emulsificante (Atzi & Ainia, 1999).

Es utilizada en la industria alimentaria en grandes cantidades y en gran variedad de aplicaciones, como en algunos tipos de salchichas que se comercializan sin piel (5g/kg como máximo), helados (4g/kg como máximo) y en sopas deshidratadas. Otro ejemplo es la clara de huevo que se estabiliza con CMC para la desecación y congelación, y los productos lácteos que les proporciona una mejor estabilidad frente a la precipitación de la caseína (Fennema, 2000).

### **c) Pectinas**

#### **1. Características estructurales**

Las pectinas (Figura 2) son polisacáridos complejos que se encuentran en la pared celular de las plantas superiores. Están compuestas por distintos elementos estructurales donde homogalacturonano (HG) y ramnogalacturonano I (RGI) constituyen la columna vertebral de la pectina junto con algunos azúcares frecuentes, mientras que el ramnogalacturonano II (RGII) representa complejas cadenas laterales unidas a HG (Caffall y Mohnen, 2009).



**Figura 2.** Estructura básica de la pectina, reproducido de Willats & Col, 2006.

El constituyente mayoritario de la pectina es HG (65%), el cual está formado por residuos de ácido galacturónico, unidos mediante enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) y cuyos grupos carboxilo están parcialmente metilesterificados en la posición 6. Además, este dominio puede encontrarse acetilado en la posición 2 ó 3 dependiendo de la procedencia de la pectina (Holck *et al.*, 2014).

En el caso de RGI (20-30%), la columna vertebral está integrada por repetidos disacáridos constituidos por ramnosa y ácido galacturónico que también puede encontrarse acetilado en la posición 2 ó 3. En muchos casos, a través de los residuos de ramnosa se disponen las cadenas laterales, integradas por distintos azúcares neutros tales como galactosa y arabinosa (Gomez *et al.*, 2013).

El dominio menos predominante y, a la vez, más complejo de la pectina es el RGII (1-8%). Este está compuesto por una cadena principal similar al HG que se encuentra asociada a una amplia variedad de azúcares, unos frecuentes como ramnosa, fucosa, xilosa o galactosa y otros poco comunes como apiosa, ácido acérico ó ácido 3-deoxi-mano-octulosónico (Holck *et al.*, 2014).

La complejidad de la pectina se incrementa, ya que su estructura puede cambiar durante el almacenamiento de la planta y la obtención y procesamiento de este heteropolisacárido, modificando su funcionalidad y dificultando su elucidación estructural. Existen evidencias que demuestran que las variaciones de las longitudes de las cadenas en cada uno de los dominios no son equitativas sino, que HG y RGII presentan una estructura altamente conservada, mientras que RGI exhibe una amplia heterogeneidad en su composición (Zhang *et al.*, 2013a).

Entre las pectinas comercializadas, el presente trabajo se ha basado en las más destacadas, es decir, las derivadas de subproductos de manzana y de cítricos, por mostrar un alto contenido en pectina y por el inmenso volumen de que se genera anualmente en nuestro país durante la elaboración de zumos (Zhang *et al.*, 2013b).

## **2. Propiedades tecnológicas y aplicaciones en la industria alimentaria**

Las propiedades emulsificantes, texturizantes, espesantes y gelificantes de los ingredientes son determinantes para su uso desde el punto de vista tanto de la Tecnología de Alimentos como de la Medicina y la industria farmacéutica (Wikiera *et al.*, 2014).

Para conseguir exhibir tan alentadoras propiedades es necesaria la caracterización física de un gel cuya formación es la consecuencia de una red tridimensional con moléculas de polímero reticuladas. A nivel molecular estos geles son resultantes de tres

factores: la unión de moléculas de polímero mediante enlaces covalentes, la unión intermolecular de segmentos de polímeros que presentan una ligera movilidad debido a la combinación de interacciones hidrofílicas e hidrofóbicas y, por último, el agua retenida en la red del polímero (Thakur *et al.*, 1997).

Dos son los tipos de geles que han ganado popularidad debido a las diversas propiedades gelificantes y biológicas que se les atribuyen, los cuales se pueden obtener según el porcentaje de su grado de esterificación: bajo metoxilo (LM) cuando es inferior al 50% y de alto metoxilo (HM) en el caso de que sus grupos carboxilos esterificados representen más del 50%. Aunque ambos requieren la aproximación de las cadenas del heteropolisacárido para formar zonas de unión, los geles de las pectinas LM y HM son sintetizados de diferente manera. Así, los geles LM son originados tras la adición de cationes divalentes, tales como  $\text{Ca}^{2+}$  o  $\text{Mg}^{2+}$ , formándose zonas de unión regulares mediante enlaces intercatenarios. La síntesis de geles HM tiene lugar gracias a los enlaces de hidrógeno que se establecen entre los grupos carboxilo e hidroxilo de las cadenas adyacentes y, también, por las interacciones hidrofóbicas que se manifiestan entre los grupos metilésteres (Thakur *et al.*, 1997).

Las propiedades que facilitan la gelificación de la pectina, son la dispersabilidad, la capacidad de retención de agua, la solubilidad y la viscosidad. Cuando se disuelve pectina en polvo en agua, si no existe una fuerte agitación que la disperse, ésta tiende a retener rápidamente agua, concretamente entre 15 y 25 veces su peso, formando grumos. Estos grumos consisten en empaquetados de pectina semisecos contenidos en una envoltura donde el revestimiento exterior está altamente hidratado. Debido a que la solubilidad de los grumos es muy lenta se le añaden distintos azúcares con el fin de incrementar su solubilización. Generalmente, la solubilidad se incrementa con el aumento de la

temperatura y con el número de grupos carboxilos esterificados. En cambio, disminuye a medida que asciende el pH, la concentración, la masa molecular (Mw) y, en consecuencia, el grado de polimerización. Sin embargo, el hecho de que la pectina sea soluble en agua no implica que la disolución resultante carezca de viscosidad, ya que para que se solubilice la pectina es necesario, principalmente, encontrarse en una concentración baja, mientras que la Mw de la pectina va ser el factor determinante para que ésta sea viscosa, independientemente de la concentración en la que se encuentre. Los geles LM destacan en la industria alimentaria y los HM adquieren protagonismo como excipientes en la industria farmacéutica, aunque, en ocasiones, también se emplean en el campo de la alimentación. Aunque las pectinas cuentan con un amplio abanico de propiedades farmacéuticas distintas y algunas de ellas se utilizan en algunas formulaciones, es en la industria alimentaria donde encuentran mayor número de aplicaciones, con un consumo estimado de 45.000 T/año (Caffall & Mohnen, 2009).

La pectina es una de las protagonistas principales de la industria alimentaria no sólo por las propiedades emulsificantes, espesantes, texturizantes y gelificantes que exhiben en un amplio y variado número de alimentos, sino también por ser considerada por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios como un aditivo (E-440) seguro. Según el Reglamento (UE) N° 1129/2011, no hay establecidos límites de ingesta admisibles para las pectinas; sin embargo, este heteropolisacárido debe cumplir una serie de especificaciones establecidas por la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), tales como que el contenido de ácido galacturónico no puede ser inferior al 65% para ser utilizadas como aditivo alimentario (Morris *et al.*, 2013).

En las mermeladas, lácteos, salsas y alimentos untables, la pectina LM se utiliza, principalmente, como agente espesante, gelificante y estabilizante. Sin embargo, su uso como aditivo alimentario está adquiriendo especial relevancia ante la elevada demanda de productos con bajo o nulo contenido en azúcar y grasa. Las pectinas LM son buenas sustitutas del azúcar y de la grasa, ya que mantienen la consistencia de partida en estas formulaciones. De esta manera, se cubre la necesidad de lanzar al mercado productos con bajo valor calórico, aptos para diabéticos y, también, para personas con alguna patología cardiovascular (Seshadri *et al.*, 2003).

Las pectinas LM y HM también se emplean en muchos productos de panadería y pastelería. Otras de las aplicaciones de las pectinas HM es su uso como recubrimientos y películas en alimentos como la mantequilla, el chocolate o los frutos secos, para inhibir la migración lipídica y mejorar sus propiedades sensoriales. Las jaleas que integran la masa en este tipo de alimentos están elaboradas con pectinas HM que, al ser térmicamente estables, refuerzan y mantienen la estructura del gel cuando el producto es sometido a temperaturas elevadas. El uso de pectina LM requiere una mayor cantidad de ésta en la fórmula para conseguir la misma firmeza, en comparación con los geles de pectina HM. En cambio, las jaleas a las que da lugar ofrecen un amplio y variado rango de acidez adaptándose a las exigencias de cada matriz alimentaria (Zhang y Col, 2013a).

En los alimentos congelados, la pectina LM, generalmente, favorece la textura controlando el tamaño de los cristales que hay presentes y previene la distribución heterogénea de las piezas de fruta en productos como el yogur. En helados y polos la pectina reduce la tendencia del alimento a perder el color y sabor durante la congelación (Zhang y Col, 2013a).

Los refrescos dietéticos son una de las bebidas del mercado cuya demanda se ha incrementado en los últimos años. En dichos refrescos, la reducción de la cantidad de sacarosa priva a la bebida de proporcionar al consumidor sensación alguna, por lo que se buscan alternativas. Este problema puede solventarse adicionando pectinas LM que son fácilmente dispersadas en estas formulaciones (Dhall, 2013).

#### **d) CARRAGENINA**

La carragenina es el nombre genérico para la familia de polisacáridos gelificantes y viscosantes, las cuales son obtenidas por la extracción de ciertas especies de algas rojas de las especies *Gigartina*, *Hypnea*, *Euचेuma*, *Chondrus* e *Iridaea*. Cuando se usa en productos alimentarios, la carragenina tiene el código alimentario **E407** o **E407a**, siendo el último ligeramente diferente en su composición además que contiene una considerable cantidad de celulosa (Necas & Bartosikova, 2013).

La carragenina no tiene valor nutricional considerable y es usada en procesos alimentarios como gelificante, espesante, por sus propiedades emulsificantes (De Velde & Pearson, 2002).

La carragenina es una sustancia con propiedades ficocoloides obtenidas de ciertos miembros de la clase *Rhodophyceae* (algas rojas). Las principales fuentes comerciales de carrageninas son las siguientes familias y géneros de la clase de las *Rhodophyceae*: *Furcellariaceae* tales como *Furcellaria* *Gigartinaceae*, *Chondrus*, *Gigartina*, *Iridaea* *Hypnaeaceae*, *Hypnea* *Phyllophoraceae* tales como *Phyllophora*, *Gymnogongrus*, *Ahnfeltia* *Solieriaceae*, *Euचेuma*, *Anatheca*, *Meristotheca*.

La carragenina es un ficocoloides que consiste principalmente en ésteres, calcio, magnesio, potasio y sulfato de sodio de galactosa y 3,6 - anhidrogactosa polisacáridos.

Estas hexosas están vinculadas alternadamente entre  $\alpha$  - 1,3 y  $\beta$  -1,4 en el polímero. Las proporciones relativas de cationes existentes en carrageninas se pueden cambiar durante el procesamiento en la medida que un tipo pueda convertirse en predominante.

**Tabla 5. Características de la carragenina**

Composición química	Ficocoloides compuesto por residuos de $\alpha$ -D-1,3 y $\beta$ -D-1,4 galactosa que son sulfatados en un 40% de su peso total; fuerte carga negativa, rango de pH normal; asociado con amonio, calcio, magnesio, potasio y sales de sodio.
Solubilidad	$\lambda$ es fácilmente soluble en soluciones frías y calientes; tratamiento de soluciones acuosas con ión potasio precipita $\kappa$ -carragenina.
Gelificación	$\lambda$ no forma geles; $\lambda$ y $\iota$ forma hélices derechas; cloruro de potasio incentiva la formación de gel de $\kappa$ -carragenina; ión calcio incentiva formación de gel de $\iota$ -carragenina.
Metabolismo	La hidrólisis de los enlaces glicosídicos a bajo pH, especialmente $\text{pH} \leq 3.0$
Viscosidad	Viscosidad de la carragenina de grado alimentario está en no menos de 5 cps a 75°C para una solución de 1.5%; los rangos de viscosidad varían de 5 a 800 cps para soluciones de 1.5% a 75°C.
Materia Prima	Alga roja; predominantemente extracción acuosa del Chondrus, Gigartina y varias especies de <i>Eucheuma</i> .
Peso molecular	Discrepancias en la definición; carragenina natural reporta un peso molecular promedio de $1.5 \times 10^6$ a $2 \times 10^7$ ; carragenina de grado alimentario reporta 100000-800000 ó 200000-400000; carragenina degradada (poligeenan) tiene un peso molecular promedio de 20000-30000; furcellaran tiene un peso molecular promedio de 20000-80000.
Propiedades	$\lambda$ y $\kappa$ se combina fácilmente con proteínas de la leche para mejorar la solubilidad y textura; sirve como agente espesante, emulsificante y estabilizante.
Efectos sinérgicos	Con goma de algarrobo, incrementa la fuerza gelificante; otros Ficocoloides puede afectar la fuerza gelificante y cohesividad.
Concentración en productos alimentarios	0.005-2.0% de peso.
Mayores usos	Productos lácteos, carnes procesadas, formulaciones dietéticas, comida de bebé, pasta dental, cosméticos, preparaciones para la piel, pesticidas y laxantes.

FUENTE: Imeson (2010).

La posición y el número de grupos de éster sulfato, así como el contenido de 3,6-AG determinan las diferencias primarias entre los tipos de carragenina *kappa*, *iota* y *lambda*.

### 1. Clasificación de acuerdo a la estructura y propiedades físico – químicas

Según AGARGEL (2018), señala lo siguiente:

- Carragenina Kappa: Es la de mayor poder de gelificación rindiendo geles en agua y en leche de fuerza elevada, ya que posee un contenido de éster sulfato de 24 a 25% y de 35 a 40% de anhidro galactosa (AG), que le confiere esta propiedad. Su temperatura de activación se encuentra próxima a los 75°C. Esta alta fuerza de gel permite el uso de dosis bajas para lograr la firmeza deseada. Las dispersiones acuosas que no se someten a calentamiento rinden muy baja viscosidad. Los geles son firmes, quebradizos y presentan moderada sinéresis.

Esta carragenina se obtiene únicamente a partir de algas rojas de agua fría y se caracteriza por una alta reactividad con las proteínas de la leche. Posee un contenido de 25% a 28% de éster sulfato y 32% a 34% de 3,6 anhidro galactosa (AG) que influye en la viscosidad y las características del gel. La temperatura de activación se halla alrededor de los 70°C. Las dispersiones acuosas en agua fría o a temperatura ambiente rinden viscosidad moderada. Los geles son firmes y elásticos y presentan menor sinéresis en comparación a los geles elaborados con carragenina Kappa I.

- Carragenina Iota: Es una carragenina que forma geles muy elásticos en agua y en leche caracterizados por una muy baja sinéresis. Posee un contenido entre 30% y 32% de éster sulfato y entre un 28% y un 32% de 3,6 AG. Los geles son tixotrópicos, geles que cuando se someten a agitación se comportan como una

dispersión viscosa y cuando se dejan en reposo recuperan su comportamiento de sólido-elástico, lo que permite su empleo en productos envasados a baja temperatura que recuperan su firmeza dentro del envase.

La carragenina iota también presenta muy buena estabilidad a ciclos congelación-descongelación evitando la sinéresis y la formación de hielo en los productos congelados, manteniendo su cremosidad. La temperatura de activación es baja, alrededor de los 55°C.

- Carragenina Lambda: Es la única carragenina que no requiere temperatura para su hidratación pues posee un contenido aproximado de 35% de éster sulfato y 0% de 3,6 anhidrogalactosa que le confiere su alta capacidad de hidratación en agua y en leche fría impartiendo alta viscosidad a estos sistemas; por lo que es altamente recomendable para productos en polvo instantáneos donde se requiere desarrollar cuerpo sin calentar.

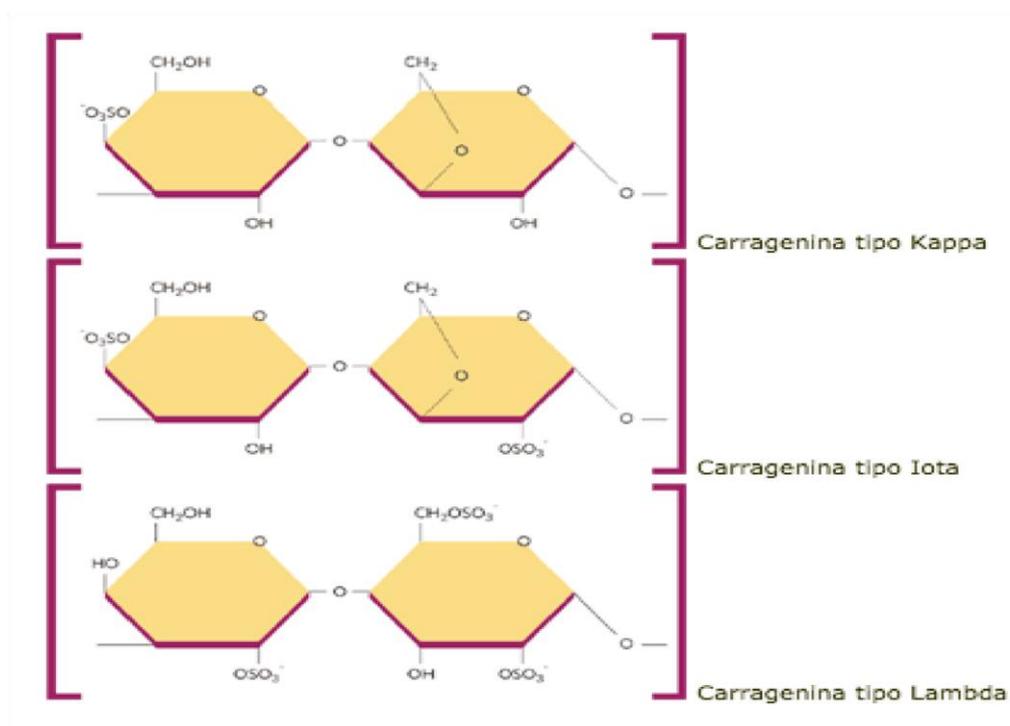


Figura 3. Estructura química de las carrageninas de importancia comercial. (Agargel, 2018)

Los mayores niveles de éster sulfato implican una menor fuerza de gelificación y una baja temperatura de solubilización. La carragenina tipo *kappa* contiene de 25% a 30% de éster sulfato y de 28% a 35% de 3,6-AG. La carragenina tipo *iota* contiene de 28% a 35% de éster sulfato y de 25% a 30% de 3,6-AG. La carragenina tipo *lambda* contiene de 32% a 39% de éster sulfato y no contiene 3,6-AG. (FAO, 2013).

La carragenina se obtiene por extracción a partir de algas marinas rojas, en dilución de agua o con un álcali acuoso diluido. La carragenina puede ser recuperada por precipitación con alcohol, mediante secado en tambor o por precipitación en cloruro de potasio acuoso y posterior congelación. Los alcoholes utilizados durante la recuperación y purificación se limitan a metanol, etanol e iso-propanol.

## 2. Propiedades funcionales de la carragenina

La combinación de la particular y compleja química, interactuando con otros ingredientes y la variabilidad natural pueden hacer que la carragenina contenga aparentes inconvenientes para trabajar con otros sistemas alimentarios.

Sin embargo, los industriales de carragenina reducen la variabilidad del producto estandarizando las interacciones y propiedades para permitir aplicaciones sencillas y facilitando su uso a los usuarios. La información básica de este capítulo puede favorecer la aplicación para la formulación y un efectivo empleo de la carragenina y el PES (algas eucheuma procesadas), en productos y sistemas alimentarios. La carragenina es la evidencia de un aditivo exitoso para estabilizar, espesar y gelificar alimentos.

Las propiedades primarias físicas de los tres tipos de carragenina más comercial en donde se incluye solubilidad y características gelificantes están indicadas en la Tabla 6. Las propiedades espesantes y gelificantes de los varios tipos de carragenina son bastante

diferentes. Por ejemplo, la carragenina *kappa* forma un gel firme con los iones de potasio mientras la carragenina *iota* interactúa con los iones calcio para dar formaciones suaves y elásticas de gel. Los cationes no tienen efecto en las propiedades no gelificantes de la carragenina *lambda*, pero ésta se puede gelificar en concentraciones muy altas de sal. Aplicaciones de estas combinaciones requieren experiencia y un entendimiento de la carragenina, pero esta experiencia es fácilmente alcanzada por los productores.

La carragenina *lambda* es la menos usada de las carrageninas, en muchos casos provee simplemente funcionalidades secundarias de la carragenina *kappa*. La separación de algas diploides para la producción de la carragenina *lambda* pura es muy costosa y tampoco es una práctica muy común.

### **3. Aplicaciones alimentarias de la carragenina**

La carragenina juega un rol importante y valioso en las formulaciones alimentarias de hoy en día proveyendo textura, estabilidad física y estructural a los productos alimenticios. Es también usada por ser un aditivo que abarata costos y agrega valor. En productos cárnicos, la carragenina incrementa la calidad y/o incrementa el rendimiento de cocción de embutidos y jamones. Los geles acuosos y glasés de repostería han tenido un extenso uso a través de los años para la formación de geles rápidos. Las salsas utilizan la carragenina para otorgar cuerpo, espesura y estabilizar las emulsiones. Se puede lograr estabilizar la cocoa, así como también mejorar su sabor usando muy pequeñas cantidades de carragenina debido a la gran reactividad proteica, discutida anteriormente. Cremas batidas y coberturas retienen su forma debido a su uso.

La carragenina ayuda a la estabilización de productos lácteos congelados previniendo la separación del suero de leche y la formación de cristales en los helados, también es usado en pudines y en el relleno de tartaletas.

**Tabla 6. Resumen de las propiedades de la carragenina y su interacción con productos y sistemas alimenticios**

<b>Solubilidad</b>	<b>Lambda</b>	<b>Iota</b>	<b>Kappa</b>
Agua Caliente(80°C)	Soluble	Soluble	Soluble
Agua Fría (20°C)	Todas las sales solubles	Na <sup>++</sup> sal soluble, Ca <sup>++</sup> sal aporta tixotropía a partículas hinchadas	Na <sup>+</sup> sal soluble Hinchamiento limitado de sales K <sup>+</sup> , Ca <sup>++</sup>
Leche Caliente (80°C)	Solubles	Soluble	Soluble
Leche Fría (20°C)	Espesante	Insoluble	Insoluble
Soluciones (50% azúcar)	Soluble	Insoluble	Soluble en caliente
Soluciones (10% sal)	Soluble en caliente	Soluble en caliente	Insoluble
<b>Gelificación</b>			
Efectos de cationes	No gelificante	Geles fuertes con Ca <sup>++</sup>	Geles fuertes con K <sup>+</sup>
Textura gel	-	Elástico	Quebradizo
Sinéresis	-	no	si
Histéresis	-	5-10°C	10-20°C
Estabilidad de descongelamiento	si	si	No
Sinergia con goma de algarrobina	no	no	si
Sinergia con sabor de konjac	no	no	si
Sinergia con almidón	no	si	no
Reversibilidad de cizallamiento	si	si	no
Estabilidad en ácidos	Hidrólisis	Hidrólisis, aceleramiento por calor, bajo pH y tiempo. Geles estables.	
Reactividad proteica	Fuerte interacción proteica en ácido		Reacción específica con caseína kappa

FUENTE: Imeson (2010).

### 2.3.2.3. Usos de hidrocoloides en fritos

Silva *et al.*, (2014), han realizado un estudio en donde se evaluó el efecto de los pre-tratamientos aplicados a trozos de papa en forma paralelepípedo de 1x1x5.5 cm en la absorción de grasa, difusividad efectiva, constante de transferencia de masa y variación del color después del proceso de fritura, utilizando aceite de soya a 180°C durante 3 minutos. La variable independiente en este proceso fue el tipo de tratamiento tomando como niveles: T1 papa sin tratamiento, T2 deshidratación osmótica, T3 cobertura de hidrocoloides y T4 deshidratación osmótica más cobertura de hidrocoloides. Los resultados se procesaron en un diseño de bloques completos al azar, evidenciando que si existen diferencias significativas entre los tratamientos para cada variable dependiente obtenida. El menor porcentaje de absorción de grasa total se obtuvo aplicando el T3, el cual no tuvo diferencia significativa con el T2.

Guzmán *et al.*, (2012), realizaron un estudio donde se determinó el efecto del recubrimiento con pectina y la deshidratación osmótica en la disminución de aceite en papas criollas fritas. Las papas recubiertas con las películas de pectinas presentaron mayor humedad y menor ganancia de aceite que el control y la película de pectina 8002 causó la menor ganancia de aceite en papas fritas. La osmodeshidratación reduce la ganancia de aceite en comparación con el control.

Yazdanseta *et al.*, (2015), donde se estudiaron los efectos de varios tipos de goma (carboximetil celulosa y pectina) y sus concentraciones (0,35%, 0,7%, y 1%) en algunos de los factores de calidad de rosquilla frita en grasa. Propiedades físicas (humedad, aceite, volumen) y las propiedades sensoriales de rosquilla analizaron. Como control, se utilizó la muestra sin la adición de goma. El efecto de varias concentraciones de las gomas de recubrimiento sobre el contenido de humedad fue significativo. También, el análisis

estadístico demostró que los anillos de espuma revestidos tenían significativamente más bajo contenido de grasa que el control. En términos de porcentaje diferencias de peso, porcentaje diferencias de volumen entre los tratamientos de control con otros tratamientos, hay diferencias significativas. Las diferencias significativas entre los parámetros con y sin recubrimiento L, se establece a, b. La evaluación sensorial mostró que las muestras tratadas y no tratadas tenían calificación similar para el sabor, el sabor, la textura y la calidad general. La aplicación del recubrimiento comestible puede introducirse fácilmente en el proceso de producción y es beneficioso tanto para la industria alimentaria y los consumidores.

Phule & Annapure, (2013), en donde estudiaron dos hidrocoloides seleccionados CMC (carboximetilcelulosa) y HPMC (hidroxipropilmetilcelulosa), se revistieron en divisiones de garbanzos y gramo verde para evaluar su efecto sobre la retención de humedad y la reducción de la absorción de aceite en estas ventajas durante la fritura de grasas. El recubrimiento de hidrocoloides se logró usando diferentes concentraciones (0.5, 1 y 2%), en soluciones acuosas durante diferentes tiempos de inmersión (1, 3 y 5 min) para verificar su efecto sobre los parámetros de calidad. Las divisiones de garbanzos y gramos verdes se empaparon en agua durante 300 minutos y 180 minutos respectivamente. La fritura se realizó a  $170^{\circ}\text{C}$  durante 2 min. El recubrimiento de hidrocoloides ha demostrado su eficacia en la reducción de aceite con mejores cualidades organolépticas. Se encontró una mejor reducción en el aceite con CMC durante 5 minutos (0,5%) y con HPMC durante 3 minutos (1%) de inmersión. Las divisiones fritas se sometieron a diversos análisis. HPMC está teniendo una mejor reducción en la absorción de aceite que CMC durante el procesamiento de gramo verde. CMC encontró un mejor contenido de reducción de aceite en garbanzos que las divisiones de gramo verde.

Norizzah *et al.*, (2016), determinar los efectos de la goma de xantana y la carragenina en la absorción de aceite y aceptabilidad de los buñuelos de plátano (*Musa acuminata*) durante la repetición de la grasa profunda fritura. El plátano, a saber, 'Pisang Awak' en la etapa de madurez 6, fue pelado, cortado y sumergido en 3 formulaciones de masa, que contienen 1% de carragenano, 1% de goma xantana y uno de control. Las bananas se frieron a  $170 \pm 5$  ° C durante 3 minutos en 2.5L de aceite de cocina sin reposición de aceite durante 3 días consecutivos. La humedad, el contenido de aceite, la textura, el color y la aceptabilidad de los buñuelos de banano se evaluaron en el primero y cada 10 ciclos de fritura.

#### 2.3.2.4. Elección del tipo de hidrocoloide

La elección del tipo de hidrocoloide para un producto determinado debe determinarse teniendo en cuenta factores críticos, como son: el efecto de la temperatura, fuerza de cizalla sobre la solubilidad y dispersabilidad del hidrocoloide, las características reológicas del producto formado, y del pH sobre la viscosidad y tiempo de formación del producto (Mendoza *et al.*, 2008).

## **2.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DESDE EL CONSUMIDOR**

La calidad como aceptabilidad por parte del consumidor de un determinado producto está integrada por distintos aspectos recogidos por los sentidos: vista (color y defectos), olfato (aroma y flavor), tacto (manual y bucal), oído (tacto y durante la masticación) y gusto (sabor). Todos los aspectos de la calidad, tanto externos como internos, son valorados por el consumidor (Ferratto, 2003).

### **2.4.1. Análisis Sensorial**

La evaluación o análisis sensorial es una herramienta más del control de calidad total en la industria. Así pues, su aplicación incide en diferentes áreas hacia donde se dirija la evaluación, análisis y control desde la materia prima, durante su proceso de transformación o fabricación hasta el producto terminado e inclusive hasta el mercado. Sin bien es cierto existen métodos físicos, químicos y microbiológicos para determinar la calidad y cumplimientos de estándares por medio de análisis instrumentales. En evaluaciones como el olor, sabor incluso el color son tan importantes los análisis sensoriales como criterio de aceptación o rechazo. La evaluación sensorial aporta fundamentalmente a Industrias dedicadas a la fabricación de alimentos, pero también es una herramienta útil en Industrias Farmacéuticas, cosmética, que son las más se destacan por ser de consumo humano. La aplicación del Análisis Sensorial en la industria alimentaria dependerá del objetivo concreto que se busque, por lo que fácilmente se puede dividir en: Análisis Sensorial de Calidad: enfocada objetivamente en el producto y sus características organolépticas específicas (paramétricas). Requieren de personal entrenado y/o semi-entrenado además de materiales adicionales para la realización de las pruebas. 8 análisis Sensorial de Aceptación: enfocada en la reacción que tenga el degustador o pudiendo ser personas poco expertas pero cercanas al mercado hacia el cual se enfoca o va dirigido para determinar solo la preferencia (Castro, 2002).

### **2.4.2. Utilidad del Análisis Sensorial**

Según Espinoza (2007), las utilidades del análisis sensorial son numerosas y dentro de ellas es posible mencionar, un análisis sensorial, metódico y planificado, que resulta de especial interés cuando se ha modificado algún ingrediente o materia prima o simplemente se dan cambios en las condiciones de procesamiento: modificación del

tiempo de cocción, incremento o descenso de la temperatura ambiente, además en la medida de evaluación sensorial.

#### 2.4.2.1. Algunas formas de Realizar el Análisis Sensorial

Según Espinoza (2007), el análisis sensorial de los alimentos puede realizarse a través de diferentes pruebas:

**Pruebas Objetivas:** Son evaluaciones instrumentales ligados a las propiedades sensoriales y al margen de aceptabilidad del alimento. Existen otras evaluaciones instrumentales denominados técnicas semiobjetivas, se incluyen dentro de este grupo a las cromatografías, valoraciones físico-químicas y bioquímicas, indicadores de la composición cualitativa del producto (vitaminas, elementos minerales, proteínas, ácidos, azúcares, colorantes, edulcorantes artificiales, etc.).

**Pruebas Hedónicas:** Los estudios de naturaleza hedónica son esenciales para saber en qué medida un producto puede resultar agradable al consumidor. Pueden aplicarse pruebas hedónicas para conocer las primeras impresiones de un alimento nuevo o profundizar más y obtener información sobre su grado de aceptación o en qué momento puede producir sensación de cansancio en el consumidor.

#### **2.4.3. Propiedades Sensoriales**

La evaluación sensorial está dada por la integración de los valores particulares de cada uno de los atributos sensoriales de un alimento, por tanto, no debe absolutizar que una propiedad en particular es la que define la calidad de un producto dado; sino que existe una interrelación entre ellas, que no permite por tanto menospreciar el papel de ninguno de estas (Carpenter *et al.*, 2002).

**Color:** La importancia del color en la evaluación sensorial se debe fundamentalmente a la asociación que el consumidor realiza entre este y otras propiedades de los alimentos, demostrándose además que en ocasiones sólo por la apariencia y color del alimento un consumidor puede aceptarlo o rechazarlo (Ennis, 1999).

**Olor:** El olor desempeña un papel muy importante en la evaluación sensorial de los alimentos. Diferencia existente entre olor y aroma, el primero es la percepción de las sustancias volátiles por medio de la nariz, en cambio el aroma es la detección que se origina después de haberse puesto en contacto el alimento en la boca, o sea que el aire en el caso del aroma no es el medio de transmisión de la sustancia, sino la membrana mucosa del paladar (Bett & Dionigi, 1997).

**Sabor:** Este atributo de los alimentos es muy complejo, ya que combina tres propiedades el olor, aroma y el gusto (Carpenter, Lyon , & Hasdell, 2002).

**Apariencia:** Se define como el aspecto exterior que presentan los alimentos, resultante de apreciar con la vista su color, forma, tamaño, estado entre otras características que definen su calidad, viene a ser lo primero que capta el consumidor antes de percibir y comprobar por otros estímulos dicha apreciación (Ureña *et al.*, 1999).

#### 2.4.4. Cantidad de Muestra

El comité de evaluación sensorial de la ASTM (American Society for Testing and Materials), recomienda que para pruebas discriminativas cada juez debe recibir al menos 28 gr de alimento sólido, en caso de bebidas debe recibir 50 ml de líquido. También hay que tener en cuenta cuantas muestras deberá evaluar el juez en una sesión, para así modificar el tamaño de las mismas con el fin de que el juez no se empalague o hastíe (Anzaldúa, 1999).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el taller de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, sito en la Av. Floral N° 1153. Los análisis se realizaron en los Laboratorio de Evaluación Nutricional (análisis de humedad y de grasa por método de Soxhlet), en el Laboratorio de Poscosecha se realizó textura y color y en el taller de Frutas y Hortalizas se realizó en análisis sensorial. El alimento analizado fue papas fritas con recubrimientos comestibles.

#### 3.2. Materia Prima

Se usó tres variedades de papa: Canchán (forma redonda y color de piel rojo), Blanca (forma redondeada, de color de la piel blanca marfil) y la papa de variedad Mariva (forma redonda, color de piel morado), las cuales fueron obtenidas del mercado Unión y Dignidad de la ciudad de Puno.

#### 3.3. Insumos

- Aceite comestible de girasol
- Carboximetilcelulosa (CMC)
- Pectina
- Carragenina

#### 3.4. Materiales

- Olla de aluminio de 5 L de capacidad
- Lavadores de acero Inox
- Cuchillo marca tramontina, con una cuchilla de acero y mango de madera.

- Picadora de papa vertical, cubeta de acero inoxidable con un cuchillo cuadrado, la pieza cortada trae una medida de 10mm de cada lado.
- Recipientes de plásticos (baldes de 2 L) de capacidad
- Regla métrica de 30cm de diámetro
- Cocina eléctrica marca premier
- Platos de tecnopor
- Mondadientes
- Papel absorbente
- Espátula de acero inoxidable
- Probeta de 250 y 500ml

### **3.5. Equipos utilizados**

- Balanza Analítica Digital, Marca AND FR, 300 Japón, capacidad 0.0001~1000gr. 409
- Termómetro de mercurio HANNA 150°C
- Campana de desecación de vidrio Pyrex 30 cm
- Equipo Soxhlet
- Matraz Erlenmeyer. (300ml y 750 ml)
- Vasos de precipitado de 20 ml, 100ml, 200 ml y 500 ml
- Brookfield Texturómetro CT3
- Freidora eléctrica de dos canastillas de capacidad de 2 litros
- Colorímetro Modelo PCE Lo 100/a

### **3.6. Metodología Experimental**

En la Figura 4, se puede observar la secuencia de operaciones unitarias para hacer unos ensayos y posterior evaluación de la fritura de papas andinas.

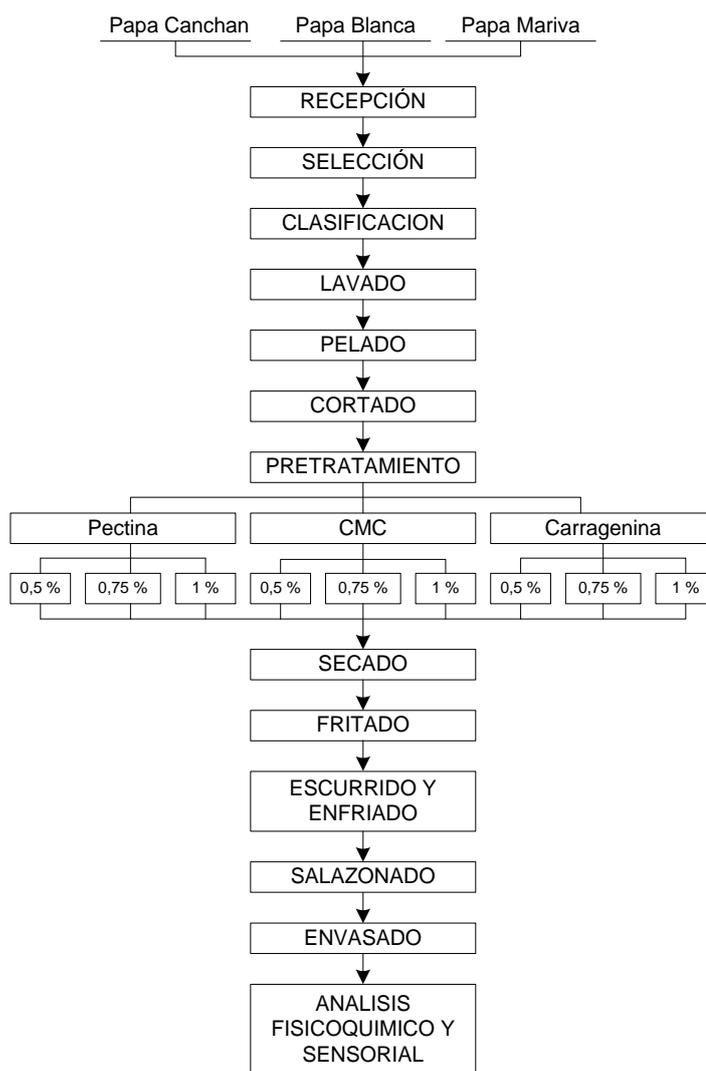


Figura 4. Flujo de operaciones para freír las papas

a) **Recepción:** La papa se adquirió del mercado unión dignidad y luego se hizo la operación de acopio donde se recibió la materia prima. La recepción se realizó previa evaluación de acuerdo a sus características de sanidad y aspecto se clasificó en los siguientes grados de calidad, extra, primera, segunda y de importancia para el posterior procesamiento.

b) **Selección:** Se hizo una selección manual se separó los tubérculos sanos del defectuoso daño fisiológico, como fueron las papas en podredumbre, corazón negro,

heridas, verdeado, pelado o también deformado y eso fue eliminando con la finalidad de que puedan entrar en proceso de fritado cumpliendo con los estándares de calidad.

c) **Clasificación:** Se agrupó a la materia prima de acuerdo al tamaño cilíndrico alargado con un rango de 8-12 cm, diámetro: 4-5 cm, y peso: 25-30 g lo cual permitirá obtener una muestra experimental de calidad uniforme.

d) **Lavado:** Se realizó manualmente con agua de consumo humano con el fin de eliminar todo tipo de material extraño o contaminante en la superficie del tubérculo como tierra adherida, suciedad y restos vegetales para lo cual se empleó escobillas, y se sometió a un lavado suave por inmersión en tinas agua.

e) **Pelado:** Se procedió con el pelado de las papas para el separado de la cáscara manualmente con ayuda de cuchillos de acero inoxidable, procurando no cortar excesivamente la parte comestible.

f) **Cortado:** se aplicó mediante una picadora de papa vertical, cubeta de acero inoxidable con un cuchillo cuadrado, la pieza cortada trae una medida de  $1 \times 1 \times 5.5$  cm de dimensiones cada lado.

g) **Pre-tratamiento:** Se puso los cortes de papa en recipientes que contengan las soluciones de hidrocoloides o cubiertas comestibles las cuales se elaboraron a partir de carboximetilcelulosa (CMC), pectina y carragenina, las cuales son comerciales de una tienda de materias primas de la localidad de Juliaca. Se prepararon soluciones con tres concentraciones diferentes (0.5%, 0.75% y 1%). Los hidrocoloides se disolvieron en agua destilada y para hacer una solución homogenizada se calentó a  $70 - 72$  °C (CMC) durante 5 minutos, y posteriormente se dejó enfriar a una temperatura ambiente de acuerdo a la

metodología reportada por Phule & Annapure (2013); la pectina y la carragenina se hizo disolver durante dos horas a temperatura ambiente

h) **Secado:** Un lote de los cortes de papa fue puesto en una estufa a 60 °C durante 45 min hasta 67% de humedad, con la finalidad de disminuir la humedad inicial y para constituir una forma eficiente para disminuir la absorción de aceite y también en la mejora de la crocantes en el producto frito.

i) **Fritura:** Se realizaron pruebas para determinar la temperatura que alcanzaba realmente en la freidora en la escala del controlador de temperatura que iba desde 200 a 400, esto fue medido con un termómetro de mercurio de inmersión total de -20 a 400°C, la primera prueba se realizó con la finalidad de determinar la temperatura real del freído, para lo cual se hicieron pruebas de cocimiento a muestras de las papas picadas sin cubiertas. Se utilizó aceite de girasol, freidora eléctrica de dos canastillas de capacidad de 2 litros, teniendo como principal objetivo obtener un producto con un tratamiento térmico parejo confiriéndole al producto un color y aspecto uniforme.

j) **Escurrido y enfriado:** El exceso de aceite se eliminó mediante el escurrido del mismo a través de la canastilla metálica de la freidora. Esto se realizó con el fin de eliminar el exceso de grasa y mejorar así su presentación. El enfriado se realizó colocando las rebanadas recién fritas y escurridas sobre el papel toalla en mesas completamente limpias a temperatura ambiente por espacio de 20 min, tiempo el cual se garantiza que las rebanadas fritas estén completamente frías.

k) **Salazonado:** Es la operación en el cual se le adicionó sal en una proporción de 1.5% respecto al peso del producto final para que asienta sobre la superficie y la embebe el aceite superficial con la finalidad de impartir un mejor sabor al producto terminado.

1) *Envasado y sellado*: Los cortes de papa ya fritos y fríos fueron envasados cada 100g en bolsas de polietileno de 80 micras de espesor. Una vez colocado el producto en la bolsa, se procederá a cerrar la bolsa tratando de dejar menor cantidad de oxígeno (aire) dentro de ella, para evitar la oxidación de la grasa.

### 3.7. Metodología de análisis

#### 3.7.1. Análisis físico y químico

Después del proceso de fritura se determinó las siguientes características físico-químicas.

##### a. Determinación del porcentaje de Humedad

Para esta determinación se utilizó el método por secado en estufa de vacío, para lo cual se tomó una muestra de 2 a 3 g para pesar de en un pesafiltro con tapa (previamente pesado después de tenerlo a peso constante 2 h a 130° C) la muestra se secó al menos por 24 h en la estufa conectada a vacío a una temperatura de 70° C como máximo, luego se retiró de la estufa, para luego dejar enfriar en desecador y se pesó tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente, se repitió la operación hasta peso constante. La determinación de humedad se hizo por diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final, obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad (A.O.A.C, 1995).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso total} - \text{peso final}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

Peso total = peso placa + peso muestra húmeda

Peso final = peso placa + peso muestra seca

b. Determinación de grasa

La determinación de grasa en las papas fritas, se procedió empleando el método de extracción continua (equipo Soxhlet). Se colocó la muestra en el dedal de extracción lo cual estuvo bien envuelta en papel filtro el dedal se colocó dentro del aparato Soxhlet, se añadió 150 ml de éter de petróleo a cada uno de los matraces de extracción que contiene perlas de vidrio, previamente secados y pesados, luego se efectuó la conexión de los mismos al aparato con el cuidado necesario, la extracción de grasa se realizó por 6 horas continuas y al final de la extracción, se evaporó el solvente del matraz mediante una fuente de calor y los matraces se secaron en estufa a 100 – 101 °C durante 1,5 a 2 horas hasta obtener el peso constante, todo esto se enfrió en el desecador a temperatura ambiente y luego se pesó, empleando la metodología de la Norma (COVENIN, 1995).

El contenido de grasa presente en la muestra se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{G}{P} \times 100$$

Donde:

G = Contenido de grasa obtenida, en gramos

P = Peso de la muestra, en gramos

c. Determinación de color

Los cambios de color se analizaron en la parte externa de las papas fritas, utilizando un colorímetro de reflectancia de laboratorio CS – 20 (modelo Konica Minolta Sensing Americas, Inc. USA), con iluminante D65 y un ángulo de tono 10° para el observador.

Los parámetros se evaluaron en el espacio CIEL\*a\*b, en cuanto a la luminosidad L\* (claro 100° y oscuro 0°), cromaticidad a\* (rojo - verde) y b\* (amarillo - azul). Así mismo, se calculó el cambio general del color ( $\Delta E$ ), respecto al producto antes de la fritura, utilizando la distancia euclidiana como se muestra en la ecuación.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2}$$

Dónde L\* a\* b\* son los valores de cada tratamiento y L, a, b corresponden al producto antes de la fritura.

#### d. Determinación de textura

Después de que las papas fritas fueron analizadas (humedad, grasa y el color), posterior a ello se determinó el análisis de textura (esfuerzo de corte), lo cual se realizó mediante el método de esfuerzo de corte, utilizando un accesorio de Warner-Brazler a un analizador de textura, donde se obtuvo los valores de resistencia al corte (kg, N), de las papas fritas en forma de bastones (5mm espesor), en sus tres variedades. Este aparato realiza una simple medida de la fuerza máxima de corte ejercida durante la ruptura completa de la muestra (Viera *et al.*, 2004).

### 3.7.2. Análisis Sensorial

Para la evaluación sensorial de las papas fritas se utilizó la metodología de análisis descriptivo cuantitativo del nivel de agrado o desagradado de atributos como la apariencia general, color externo, sabor y el aroma con el fin de determinar la aceptabilidad, se empleó una prueba de aceptabilidad, basada en una escala hedónica estructurada de 5 puntos, donde el 5 indica el nivel de “muy bueno” y el 1 “muy malo”, las muestras se presentaron codificadas en orden aleatorio y se realizó con 20 panelistas, la eficacia de los panelistas mediante tres repeticiones, evaluando la reproducibilidad de los mismos

( $p \geq 0,05$ ) y su capacidad discriminatoria ( $p \leq 0,50$ ) aplicando un análisis de varianza (ANOVA) de factores (variedad y hidrocoloides) para cada evaluador y cada atributo (Trincherro *et al.*, 2007), ver el anexo 2.

### 3.4. Diseño estadístico

Para determinar el efecto de los hidrocoloides en sus diferentes concentraciones sobre las papas en sus diferentes variedades (canchán, blanca y mariva). Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial de  $3 \times 3 \times 4$  (variedad, hidrocoloide y la concentración), para cada variedad de papa, con tres repeticiones, cuyos factores fueron: concentración con cuatro niveles 0, 0.5, 0.75 y 1%, hidrocoloides (CMC, Pectina y carragenina), para así seleccionar el mejor tratamiento, para el análisis estadístico se utilizó el Software Minitab 16, con el siguiente modelo matemático:

Modelo matemático del Diseño Completamente al Azar (DCA):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

- $Y_{ijk}$  = Es la variable de la respuesta.
- $\mu$  = Media global.
- $\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A.
- $\beta_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima nivel del factor B.
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor A con el  $j$ -ésima nivel del factor B.
- $\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

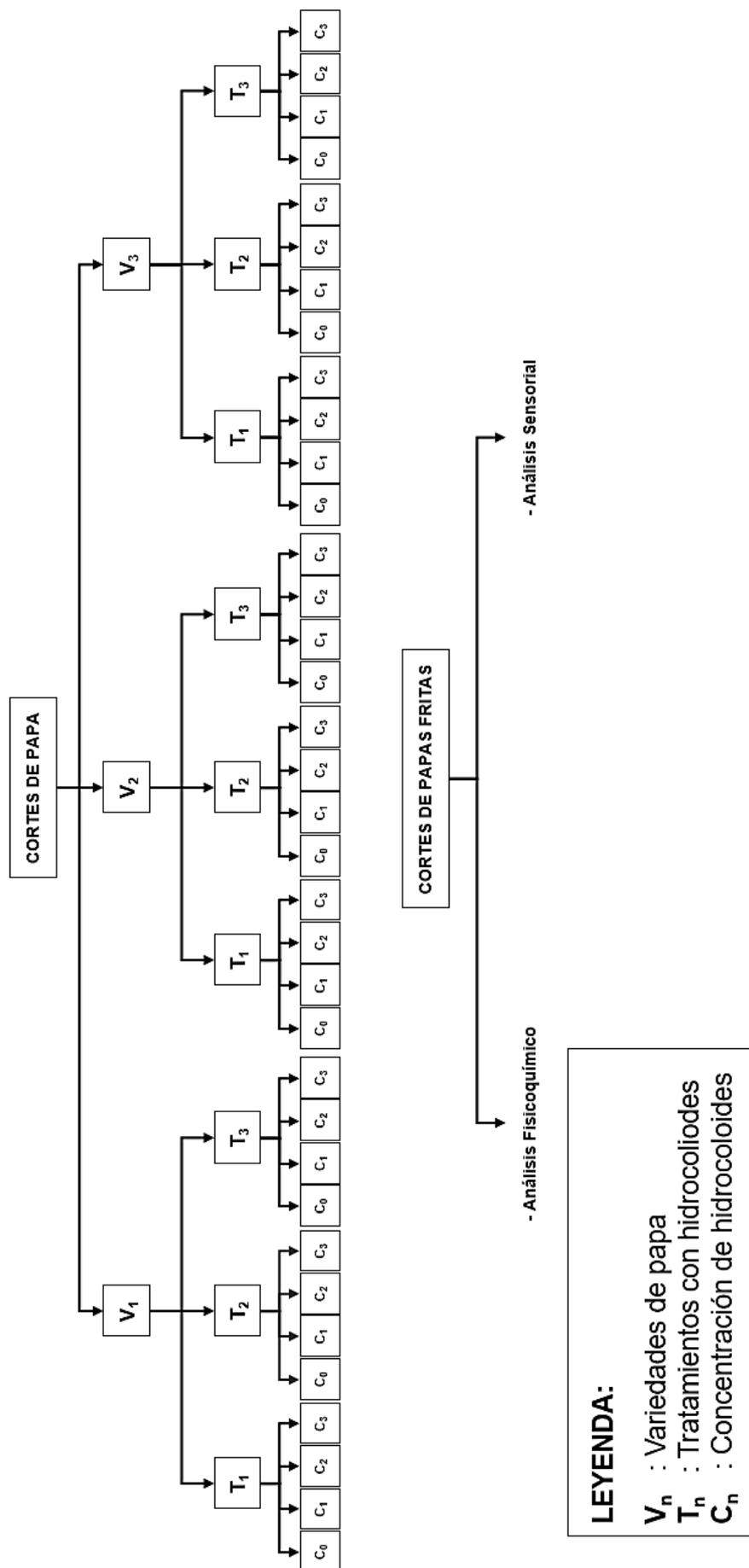
Para comparar los resultados del análisis sensorial se aplicó un análisis de varianza en bloque, ajustado al siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{tratamiento } i + \text{catador } j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

- $Y_{ijk}$  = Es variable de respuesta.
- $\mu$  = Media global.
- Tratamiento  $i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento  $i = 1, 2, 3, 4$
- Catador  $j$  = Efecto de la  $j$ -ésimo bloque catador  $j = 1, 2, 3, \dots, 20$
- $\varepsilon_{ij}$  = Componentes aleatorios del error.

La distribución de las unidades experimentales se muestra en la Figura 5.



**LEYENDA:**  
 $V_n$  : Variedades de papa  
 $T_n$  : Tratamientos con hidrocoloides  
 $C_n$  : Concentración de hidrocoloides

Figura 5. Diseño experimental

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1. Efecto del tipo de hidrocoloide (pectina, carragenina, cmc) y concentración (0.5; 0.75 y 1%) en la absorción de aceite de tres variedades de papas fritas (canchán, blanca y mariva).

Tabla 7. Contenido de aceite de las papas fritas en las tres variedades y concentraciones de hidrocoloides

Variedad	Concentración de hidrocoloide	Tipo de hidrocoloide		
		CMC	Pectina	Carragenina
Canchan	0 (Patrón)	21,82±0,05	20,57±0,10	20,45±0,06
	0,50	19,45±0,12	19,57±0,10	21,13±0,07
	0,75	17,27±0,08	18,66±0,15	20,39±0,07
	1,00	15,85±0,21	18,58±0,11	19,38±0,07
Blanca	0 (Patrón)	20,65±0,06	20,85±0,06	20,68±0,08
	0,50	21,45±0,07	19,70±0,08	19,07±0,04
	0,75	22,11±0,10	8,713±0,05	19,01±0,07
	1,00	17,88±0,09	21,92±0,05	21,66±0,05
Mariva	0 (Patrón)	20,72±0,06	21,82±0,06	22,49±0,07
	0,50	18,92±0,05	17,71±0,09	21,10±0,05
	0,75	15,79±0,04	16,25±0,07	20,94±0,05
	1,00	15,10±0,07	15,92±0,05	19,81±0,05

En la Tabla 7 se presenta los resultados de contenido de aceite de papas fritas en tres variedades de papa (Canchan, Blanca y Mariva) pretratadas con soluciones acuosas de hidrocoloides (CMC, Pectina y Carragenina) al cocentraciones de 0.50, 0.75 y 1%, observandose que a medida que se incrementa la concentración de hidrocoloide disminuye el contenido de aceite en las papas fritas, esto sucede con los tres tipos de hidrocoloides estudiados y en las tres variedades. En la variedad Canchan, las papas fritas pretratadas con recubrimiento a base de CMC presenta mayor barrera, con menor capacidad de absorción de grasa, seguido por pectina y carragenina. La capacidad de absorción se ve afectado por la concentración de hidrocoloide, a mayor concentración se presenta menor contenido de grasa en los tres tipos de hidrocoloides, esto nos demuestra que los hidrocoloides han funcionado como barrera en la absorción de aceite durante el fritado, debido a que forman una película sobre el producto y disminuye la tendencia del producto a absorber el aceite. Estos resultados fueron similares a los presentados por Morales & Santacruz (2017); quienes explican que muestras recubiertas con carboximetilcelulosa y Goma Xantana, presentan la reducción de contenido de grasa del 33% comparado con el control. En dicho estudio se comprueba que la formación de una película con carboximetilcelulosa y goma xantana reduce la absorción de grasa durante la fritura, por su acción como barrera contra la penetración de aceite.

En la variedad Blanca, se aprecia que a medida que se incrementa la concentración de hidrocoloide la capacidad de absorción de grasa disminuye, esto sucede con los tres tipos de hidrocoloides, resultando con menos contenido de grasa con el CMC a una concentración al 1%, por tanto, se atribuye que actúa como mejor barrera para la penetración de aceite. Sahin *et al.* (2005), señala que la efectividad de los hidrocoloides a esta concentración se relaciona con la alta viscosidad desarrollada, lo que le confiere las características para su acción de barrera contra la absorción de aceite.

En la variedad Mariva se observa que a medida que incrementa la concentración hidrocoloide disminuye el contenido de grasa, esto sucede en los tres tipos de hidrocolides, lográndose reducir hasta 15,10% de grasa con 1% de CMC. Primo et al., (2010), explica que las condiciones en las que las papas se retiran del aceite de fritura parecen ser decisivos para la absorción del aceite; esto estaría relacionado con la adhesión de aceite a la superficie y de los fenómenos de drenaje. Para lo cual se proponen dos mecanismos principales para explicar la absorción de aceite: mecanismo de condensación y mecanismo capilar, en tanto el aceite penetra a través de los poros dentro del producto, por lo tanto la manera por la cual la barrera de recubrimiento limita la absorción de aceite después de la fritura puede ser atribuido a la reducción de tamaño de tamaño y cantidad de poros (Mellema, 2003).

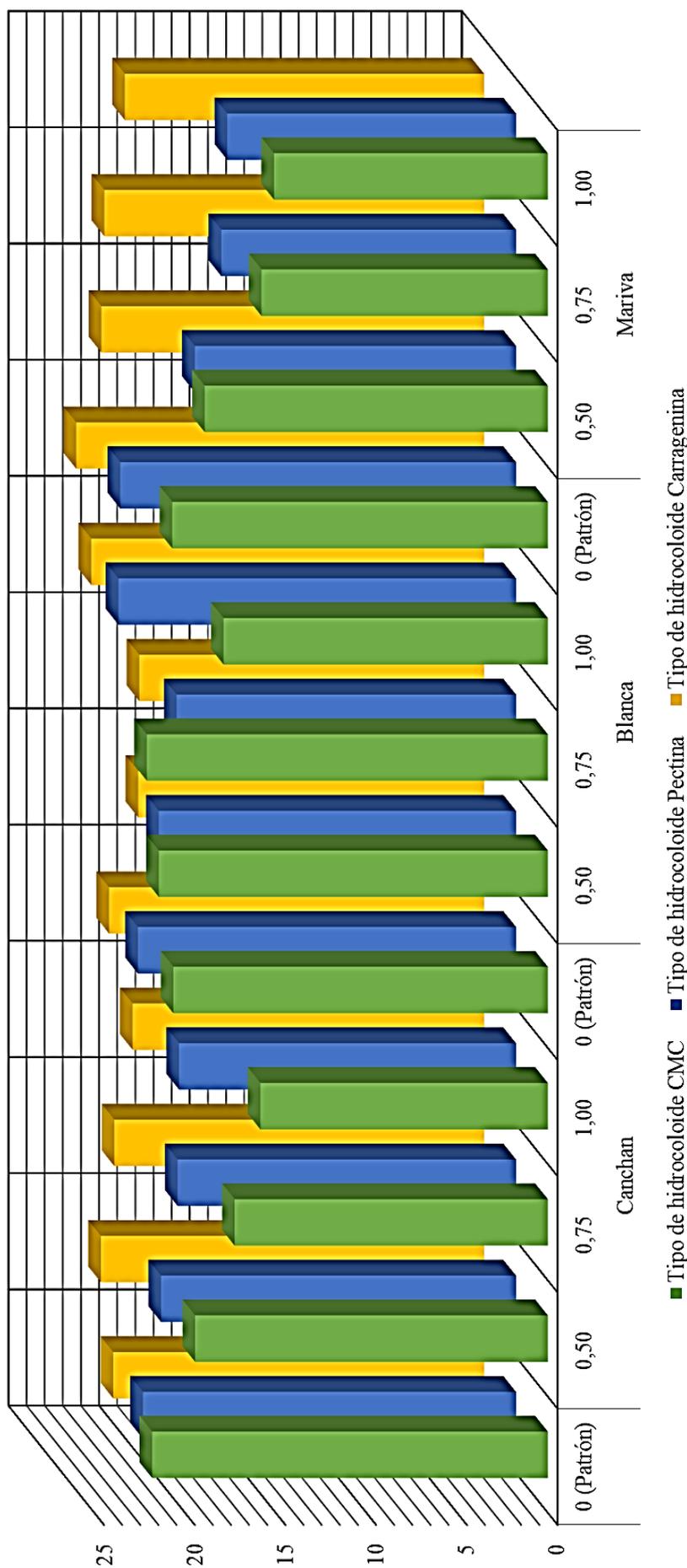


Figura 6. Contenido de aceite de las papas fritas en las tres variedades y concentraciones de hidrocoloides

En la Figura 6, se observa la representación gráfica de porcentaje de reducción de contenido de aceite de las papas fritas en sus tres variedades, en donde se observa que el mayor porcentaje de reducción de contenido de grasa con respecto a la muestra control (Sin recubrimiento), resultando la variedad Canchan con mayor porcentaje de reducción de aceite 27.36%, recubierto con CMC al 1%. Este valor es similar a lo reportado por (Morales & Santacruz, 2017) quien realizaron ensayos con carboximetilcelulosa y Goma Xantana, obteniendo una reducción de contenido de grasa en dicho estudio del 33% comparado con el control.

Garmakhany *et al.*, (2011) realizaron un estudio con recubrimiento de papas fritas con 0.3% de goma guar podría reducir la absorción de aceite en un 54.7%, así mismo Sothornvit (2011) descubrió que la aplicación de goma guar en chips de plátano produce una reducción de la absorción de aceite en un 25,2% en comparación con las muestras de control. Lin *et al.*, (2011) donde informaron que el recubrimiento de papas fritas con soluciones de goma guar a una concentración de 0.9%, redujo la absorción de aceite hasta 41%. El contenido de aceite en estas investigaciones se expresó contra el contenido sólido total, y considerando la diferencia en la absorción de aceite durante la fritura, se mostraron los siguientes datos de contenido de aceite contra el contenido sólido total sin grasa. La reducción de aceite de las muestras fritas podría atribuirse, entre otras causas, a las diferencias de adhesión y la suspensión del recubrimiento, las características de la superficie de la muestra y las condiciones de fritura, Garmakhany *et al.*, (2011).

Rimac *et al.*, (2004), explican que la carboximetilcelulosa posee un contenido de aceite reducido para la tira de papa recubierta, donde el porcentaje de grasa más bajo se obtuvo del 10% de concentración de película de recubrimiento CMC en comparación con todos los demás tratamientos. Estos resultados podrían se debe al aumento de la capacidad de retención de agua y en consecuencia a la prevención de la sustitución de la humedad

por el aceite. Otras investigaciones como el de Dogan *et al.*, (2005) explica que la adición de diferentes películas de proteínas a diferentes concentraciones a la masa disminuía el contenido de aceite del producto final frito. Una menor absorción de aceite puede estar relacionada con la formación de enlaces covalentes dentro de las películas durante el calentamiento. El tratamiento más efectivo para reducir el porcentaje de grasa (18.0%) en papas fritas de papas fritas fue 10% de concentración SPI en comparación con todos los otros tratamientos.

Según el análisis ANVA (Anexo I), a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , se puede afirmar que existe diferencia significativa en la variedad, tipo de hidrocoloide y concentración del mismo; según la prueba de Tukey esta varianza se aprecia en la variedad Mariva; mientras que en el tipo de hidrocoloide la diferencia se observó en el uso de la Carragenina; para el nivel de concentración se puede apreciar que existe la diferencia en la muestra patrón y a un nivel de concentración del 0.50%.

Otro factor que puede ser de influencia en variación de absorción de aceite es el tiempo, tal como lo explica Garayo & Moreira (2002) quienes indican que la absorción de aceite se incrementa con el tiempo de fritura, si la fritura se realiza presión atmosférica. Así mismo, se determinó que la absorción de aceite final fue menor en las muestras con secado previo. Moreira *et al.*, (1999) indican que el secado previo de rebanadas de papa reduce la absorción de aceite debido al encogimiento y la plasticidad que la microestructura del alimento adquiere. Por otro lado, el aire caliente deshidrata el almidón gelatinizado en la superficie del producto, creando una costra externa que actúa como barrera a la penetración del aceite (Aguilera, 1997). Similares resultados fueron reportados por Moyano & Pedreschi (2006), quienes evaluaron el efecto del escaldado y pre secado en la cinética de absorción de aceite en rebanadas de papas, encontrando que

el pre secado de rebanadas de papas escaldadas genera una cubierta externa durante la fritura que incrementa la resistencia a la absorción de aceite, por lo que el tratamiento de pre secado de rebanadas de papas ha sido reportado como un medio práctico para reducir absorción de aceite (Krokida y otros, 2001).

## 4.2. Efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (Canchán, Blanca y Mariva).

### 4.2.1. COLOR

#### A. Análisis de color de las papas fritas variedad Canchan

En la Figura 7 se presentan los parámetros de luminosidad “L\*”, y de cromaticidad “a\*” (+a\* = rojo, -a\* = verde) y “b\*” (+b\* = amarillo, -b\* = azul) obtenidas en muestras con recubrimiento y testigo en la variedad canchan. En las diferentes variedades de papa, con diferentes hidrocoloides al 1% de concentración considerada como la mejor en la reducción de la capacidad de absorción de grasa. El parámetro L\* de las papas fritas de la variedad Canchan aumenta cuando es sometido a la solución de CMC y pectina al 1%, por tanto se atribuye que la luminosidad aumentó y la opacidad disminuye ligeramente, sin embargo esto no sucede con la carragenina en donde la luminosidad disminuye, estas variaciones pueden ser atribuida a las características propias de color de los hidrocoloides ya que la pectina y CMC en solución tienen un transparente, mientras que la carragenina es de color blanco crema. Por otra el parámetro a\* disminuye en los tres tipos de hidrocoloide comparado con la muestra patrón de rojo hacia verde y el parámetro b\* aumenta en tres tipos de hidrocoloide de azul hacia amarillo, haciendo una interacción las papas fritas han adquirido una coloración amarilla tendido a naranja, esto es atribuido principalmente por el proceso de fritado, al aumentar la temperatura el aceite disminuye su viscosidad y por lo tanto fluye más rápidamente al interior del alimento; en tanto que

a temperaturas menores existe una mayor resistencia del aceite a fluir por lo que el producto presenta una mayor cantidad de aceite en su exterior mostrándose ligeramente con mayor brillo, lo que indica valores elevados de  $L^*$ . El factor  $a^*$  denota el valor rojo/verde; una medición de color en la dirección  $a^*$  muestra un desplazamiento hacia el rojo y para  $-a^*$  el verde. Un alto valor de  $a^*$  representa un pardeamiento o una reacción de Maillard. La temperatura del aceite de fritura desarrolla propiedades mecánicas y sensoriales deseables en los alimentos fritos e igualmente se genera un pardeamiento no enzimático que influye en la coloración de los diferentes alimentos (Ross & Scanlon, 2004). Según (Pritchard & Adams, 1994) el alto contenido de azúcares reductores hace que las patatas fritas presenten un alto grado de oscurecimiento. Según (Moreno, 2003) en su apariencia externa y evolución, el color debe ser: desde un color blanco amarillento, (aceptable) pasando por un color amarillo-oro (deseable) hasta un color marrón-negruzco (rechazable), que viene dado por una alta concentración de azúcares reductores, para lo cual la papa variedad “huevo de indio” presenta este color en las temperaturas de 170 y 180 y en todos los tiempos; mientras que las variedades única y negras no.

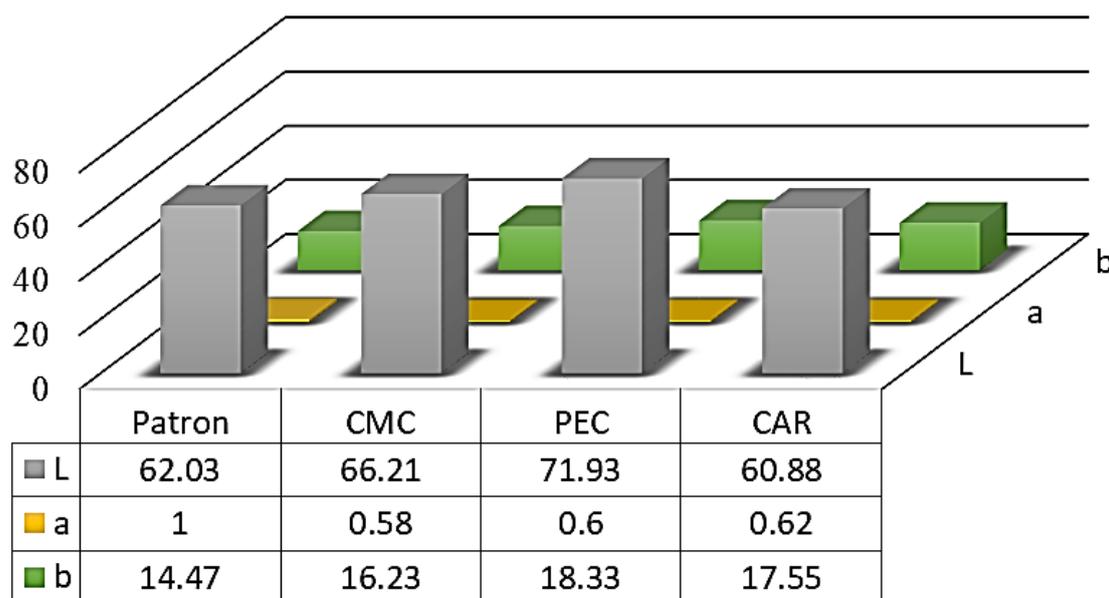


Figura 7. Comportamiento de cromaticidad de las papas fritas variedad canchán al 1% de pectina.

### B. Análisis de color de las papas fritas variedad Blanca

En la figura 8 se presentan los parámetros de luminosidad “L\*”, y de cromaticidad “a\*” (+a\* = rojo, -a\* = verde) y “b\*” (+b\* = amarillo, -b\* = azul) obtenidas en muestras con recubrimiento y testigo en la variedad Blanca. En las diferentes variedades de papa, con diferentes hidrocoloides al 1 % de concentración lo cual es considerado como la mejor en la reducción de la capacidad de absorción de grasa. El parámetro L\* de las papas fritas en la variedad blanca aumenta cuando es sometido a la solución de pectina y carragenina al 1% por lo tanto se atribuye que la luminosidad aumentó y la opacidad disminuye ligeramente, sin embargo, esto no ocurre con el CMC en donde la luminosidad disminuye, estas variaciones pueden atribuirse a las características propias de la papa. Por otro lado el parámetro a\* aumenta en los tres tipos de hidrocoloides comparando con la muestra patrón de rojo hacia verde y el parámetro b\* aumenta en los tres tipos de hidrocoloides de azul hacia amarillo, haciendo una interacción las papas fritas han adquirido una coloración amarillenta tendido a naranja, esto es atribuido principalmente por el proceso de fritado, al aumentar la temperatura el aceite disminuye su viscosidad y por lo tanto fluye rápidamente al interior del alimento; en tanto a temperaturas menores existe una mayor resistencia del aceite a fluir por lo que el producto presenta una mayor cantidad de aceite en su exterior mostrándose ligeramente con mayor brillo, lo que indica valores elevados de L\*. Daraei *et al.*, (2011), Determinaron que la mayor cantidad de  $\Delta E$  se observó en las muestras recubiertas con CMC 0,5 %, 0,5 % de guar y goma de mezcla de 0,5 % y el  $\Delta E$  más baja se relaciona con muestras fueron recubiertas con diferente concentración de goma de xantano y pectina de 1,5 %. Una consideración general del efecto de las soluciones osmóticas en los parámetros de color muestra que la deshidratación en sal resulta más aceptable, obteniendo productos luminosos y amarillos. Dos de los parámetros que se utiliza para la evaluación del color son L\* y h°. El valor L\*

indica el grado de luminosidad, a medida que el valor aumenta se tiene un producto más claro, mientras que un  $L^*=0$  representa el color negro. El valor  $h^\circ$  indica el tono del producto, un  $h^\circ=90^\circ$  corresponde al color amarillo, valores cercanos a  $0^\circ$  corresponden al color rojo (Papadakis *et al.*, 2000).

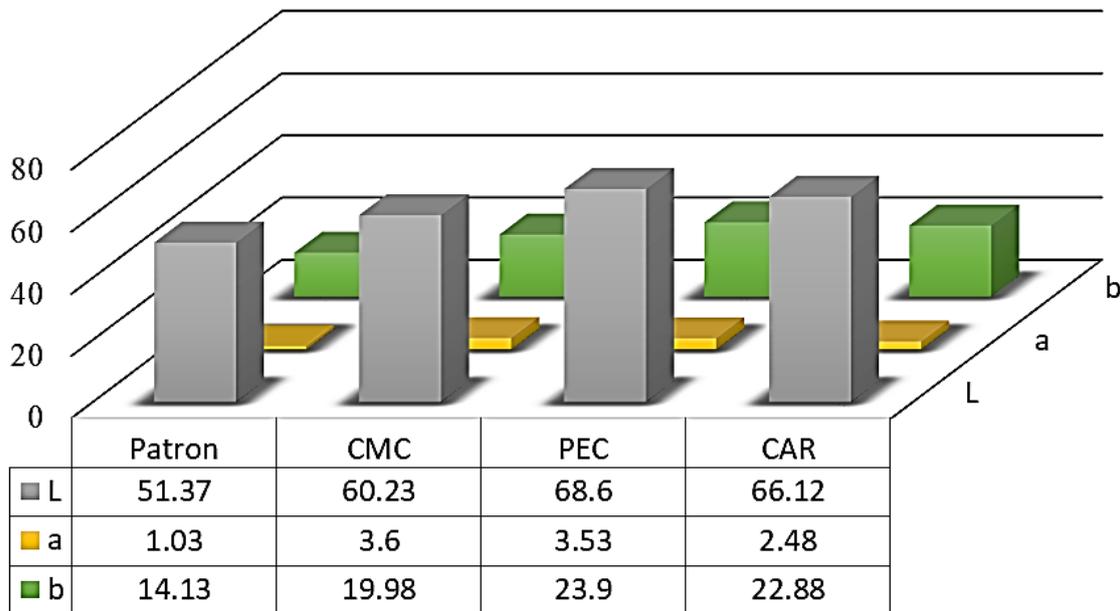


Figura 8. Comportamiento de cromaticidad de las papas fritas variedad blanca al 1% de pectina.

### C. Análisis de color de las papas fritas variedad Mariva

En la figura 9 se presentan los parámetros de luminosidad “ $L^*$ ”, y de cromaticidad “ $a^*$ ” ( $+a^*$  = rojo,  $-a^*$  = verde) y “ $b^*$ ” ( $+b^*$  = amarillo,  $-b^*$  = azul) obtenidas en muestras con recubrimiento y testigo en la variedad Mariva. En las diferentes variedades de papa, con diferentes hidrocoloides al 1% de concentración lo cual es considerada como la mejor en la reducción de grasa. El parámetro  $L^*$  de las papas fritas de variedad Mariva aumenta cuando es sometido a la solución de CMC, pectina y carragenina al 1% por lo tanto se atribuye que la luminosidad aumentó y la opacidad disminuye ligeramente, estas variaciones se deben a las características propias de los hidrocoloides, ya que estos son de color transparente en solución. Por otra parte el parámetro  $a^*$  se mantiene en los tres tipos

de hidrocoloides esto comparando con la muestra patrón de rojo hacia verde y el parámetro  $b^*$  aumenta en sus tres tipos de hidrocoloides de azul hacia amarillo, haciendo una interacción las papas fritas han adquirido una coloración amarilla tendido a naranja, esto es atribuido principalmente por el proceso de fritado, al aumentar la temperatura en aceite disminuye su viscosidad y por tanto fluye más rápidamente al interior del alimento; en tanto que a temperaturas menores existe una mayor resistencia del aceite a fluir por lo que el producto presenta una mayor cantidad de aceite en su exterior mostrándose ligeramente con mayor brillo, lo que indica valores elevados de  $L^*$ . Según (Alva *et al.*, 2015) a mayor contenido de materia seca del tubérculo existe un menor consumo de aceite para fritura, por esa razón la variedad negra al poseer un menor contenido de materia seca absorbió más aceite que las otras variedades. También se ve afectado por el tiempo que permanece el producto en el aceite caliente por eso los valores hallados para tratamientos a 117 será menor al resto, el grado de oscurecimiento depende tanto del tiempo como de la temperatura de freído en combinación con la composición química del producto proceso.

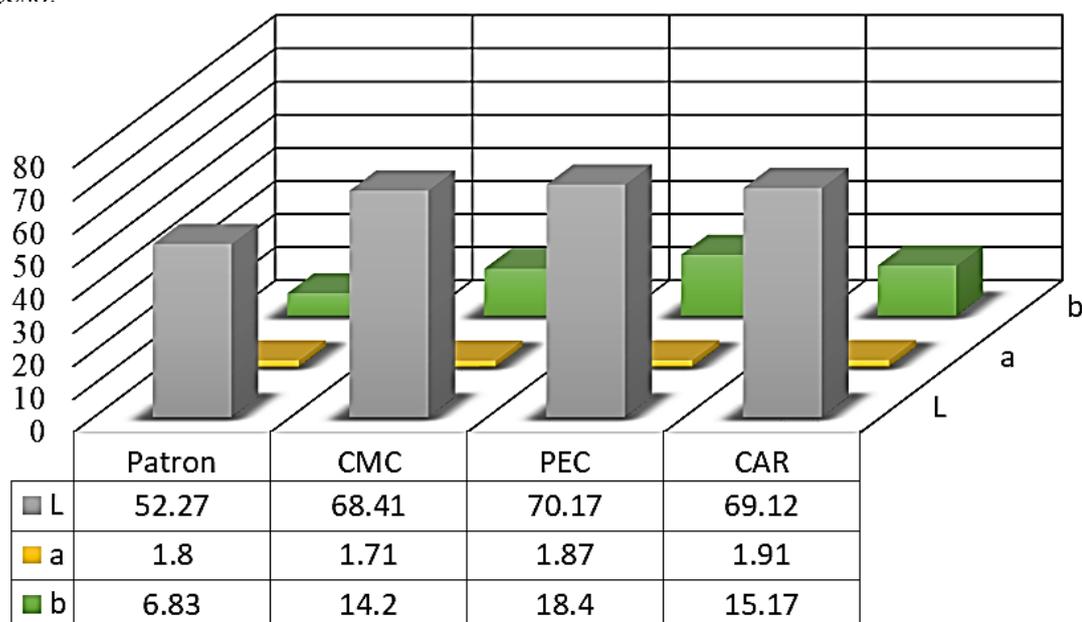


Figura 9. Comportamiento de cromaticidad de las papas fritas variedad mariva al 1% de pectina

## 4.2.2. TEXTURA

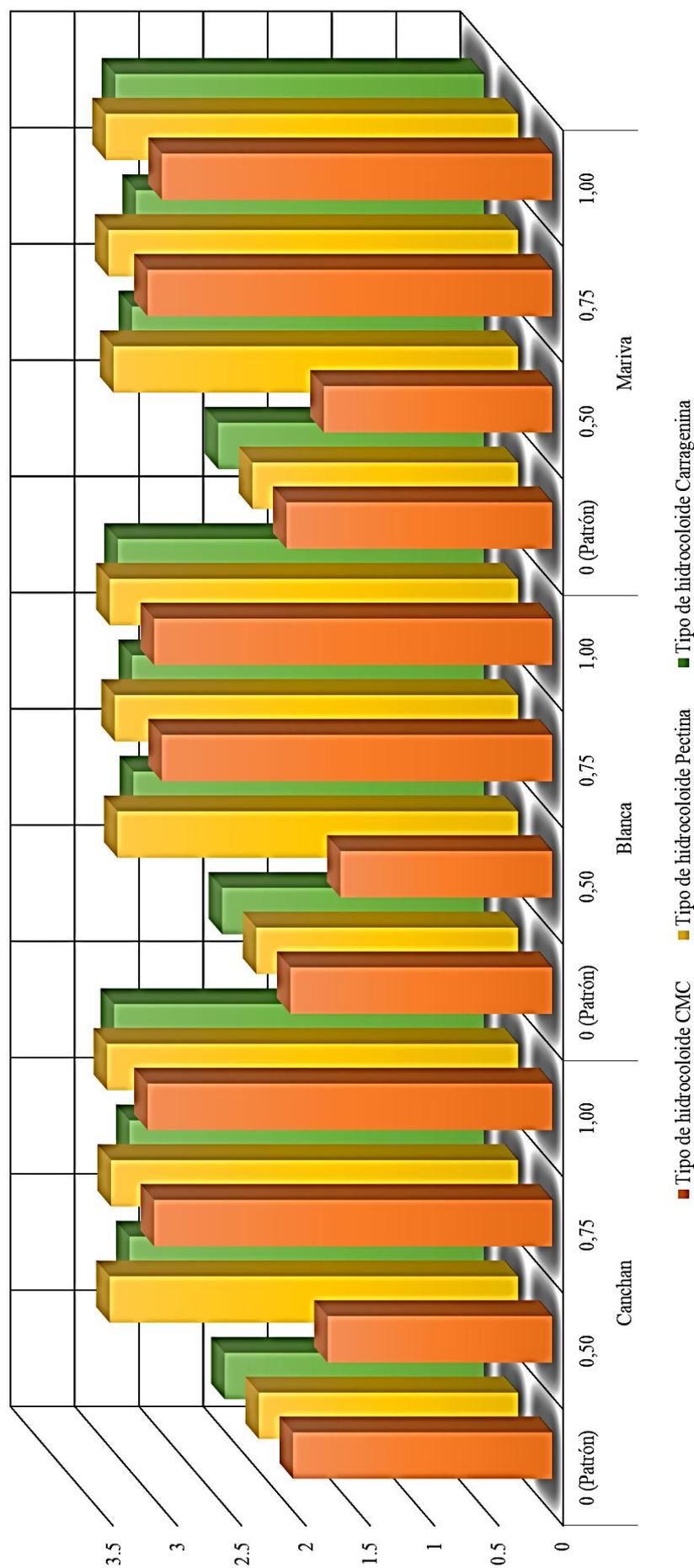
**Tabla 8. Análisis de textura sobre el efecto de tipo de hidrocoloideos y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (Canchán, Blanca y Mariva).**

Variedad	Concentración de hidrocoloide	Tipo de hidrocoloide		
		CMC	Pectina	Carragenina
Canchan	0 (Patrón)	2.02	2.02	2.02
	0,50	1.75	3.18	2.76
	0,75	3.1	3.17	2.76
	1,00	3.15	3.2	2.88
Blanca	0 (Patrón)	2.04	2.04	2.04
	0,50	1.65	3.12	2.73
	0,75	3.04	3.14	2.74
	1,00	3.1	3.18	2.85
Mariva	0 (Patrón)	2.07	2.07	2.07
	0,50	1.78	3.15	2.74
	0,75	3.15	3.19	2.71
	1,00	3.04	3.21	2.87

En la Tabla 8 se presenta los resultados obtenidos del análisis de textura (fuerza de fractura) en las tres variedades de papa (canchán, blanca y mariva), los cuales se han freído con diferentes concentraciones (0, 0.5, 0.75 y 1%) de hidrocoloideos (CMC, Pectina y Carragenina), donde se puede afirmar que existe diferencia estadística altamente, donde

se puede apreciar que la variedad Canchan presenta valores altos tanto en la interacción con el tipo de hidrocoloide y la concentración del mismo, presentando este valor alto en concentración de pectina al 1%, este resultado se debe también a que la firmeza de las rebanadas de papa se incrementó con el tiempo de fritura en las muestras sin secado y con secado previo, debido al desarrollo progresivo y endurecimiento de la corteza de la rebanada (Pedreschi *et al.*, 2008). De igual modo, Pedreschi & Moyano (2005) reportaron una mayor firmeza en rebanadas de papa frita con pre secado.

Según el análisis ANVA (Anexo II), a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , se puede afirmar que no existe diferencia significativa en la variedad; pero si en el tipo de hidrocoloide y concentración del mismo; según la prueba de Tukey esta varianza en el tipo de hidrocoloide la diferencia se observó en el uso de la pectina y Carragenina con respecto a la muestra patrón; para el nivel de concentración se puede apreciar que existe la diferencia a un nivel de concentración del 1.00%.



**Figura 10. Análisis de textura sobre el efecto de tipo de hidocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (Canchán, Blanca y Mariva).**

En la Figura 11 se puede observar que los valores altos de textura se presentan en el tipo de hidrocolide pectina, estos resultados son similares a los reportados por Ramos-Perfecto en el 2013, quien realizó un estudio con papas fritas recubiertas con una solución de pectina, encontrando que la textura de las papas depende de la presencia de sustancias pécticas, las cuales son parte del material intercelular. Las enzimas pécticas producen grupos carboxílicos libres, los cuales pueden reaccionar con iones divalentes, por ejemplo, Ca y Mg (calcio y magnesio), creando estructuras más rígidas y también incrementando la firmeza. La formación de pectatos-Ca incrementa la rigidez de la pared celular y da resistencia a la degradación por el proceso de freído. Otros estudios realizados por Taiwo & Baik (2006), reportaron en propiedades de textura en papas fritas en muestras secadas con aire y deshidratación osmótica eran más adhesivas mientras que las muestras congeladas requerían que la fuerza más grande supera la fuerza de la atracción en contacto con otras superficies. Kawas & Moreira (2001), describen que la solubilización del medio de transferencia y la gelatinización del almidón de papa en las etapas tempranas de freído son pensadas como responsables de la severidad reducida. Además, la falta de decrecimiento adicional con el paso del tiempo puede ser relacionada con el crujiente creciente del producto. Moyano & Bernia (2002), en donde informaron sobre una disminución en la fuerza máxima de rebanadas de papa cruda blanqueadas, ya que el rendimiento de la fuerza mordaz se elevó a medida que el tiempo de fritado aumento. Según Hindra & Baik (2006), una mayor temperatura del aceite producido cambios más rápidos de la dureza y la formación de la corteza acelerada y, finalmente, se ve afectada la fuerza de rotura. Al comienzo de la fritura, la textura podría llegar a ser más suave

debido a los efectos de combinación de la pérdida de la integridad de la célula, la difusión libre de contenido celular en todo el tejido.

#### 4.2.3. HUMEDAD

**Tabla 9. Análisis de humedad sobre el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (Canchán, Blanca y Mariva).**

Variedad	Concentración de hidrocoloide	Tipo de hidrocoloide		
		CMC	Pectina	Carragenina
Canchan	0 (Patrón)	50.37	50.37	50.37
	0,50	53.52	51.39	51.89
	0,75	55.7	55.41	51.38
	1,00	51.75	53.21	51.4
Blanca	0 (Patrón)	50.63	50.63	50.63
	0,50	53.47	51.6	52.16
	0,75	52.28	50.71	51.8
	1,00	51.71	51.87	50.63
Mariva	0 (Patrón)	50.84	50.84	50.84
	0,50	56.71	51.4	56.8
	0,75	55.76	58.49	57.41
	1,00	58.14	45.48	57.71

En la tabla 9 se aprecia los valores de humedad, obteniendo valores altos en la variedad Mariva, recubierto con pectina al 0.75% que fue de 58.49%; además que se observa el

valor mínimo en la misma variedad a una concentración de pectina de 1% siendo 45.48%. Esta variabilidad de valores se debe a que los recubrimientos comestibles utilizados en la industria de los alimentos, aquellos elaborados a base de hidrocoloides son más atractivos debido a que poseen buenas propiedades de barrera al oxígeno, humedad, dióxido de carbono y lípidos, por lo cual pueden reducir la absorción de aceite durante el freído profundo (Aminlari *et al.*, 2005; Suárez *et al.*, 2008; Singthong y Thongkaew, 2009; Quintero *et al.*, 2010; Nyunet *al.*, 2011), por lo tanto, una variedad de alimentos se han recubierto con hidrocoloides para prevenir la pérdida de humedad, preservar la textura y mantener el color (Singthong and Thongkaew, 2009; Nyun *et al.*, 2011).

Según el análisis ANVA (Anexo II), a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , se puede afirmar que no existe diferencia significativa en el tipo de hidrocoloide y concentración del mismo, mientras que si hay variabilidad en la variedad; según la prueba de Tukey esta varianza se da en la variedad Mariva.

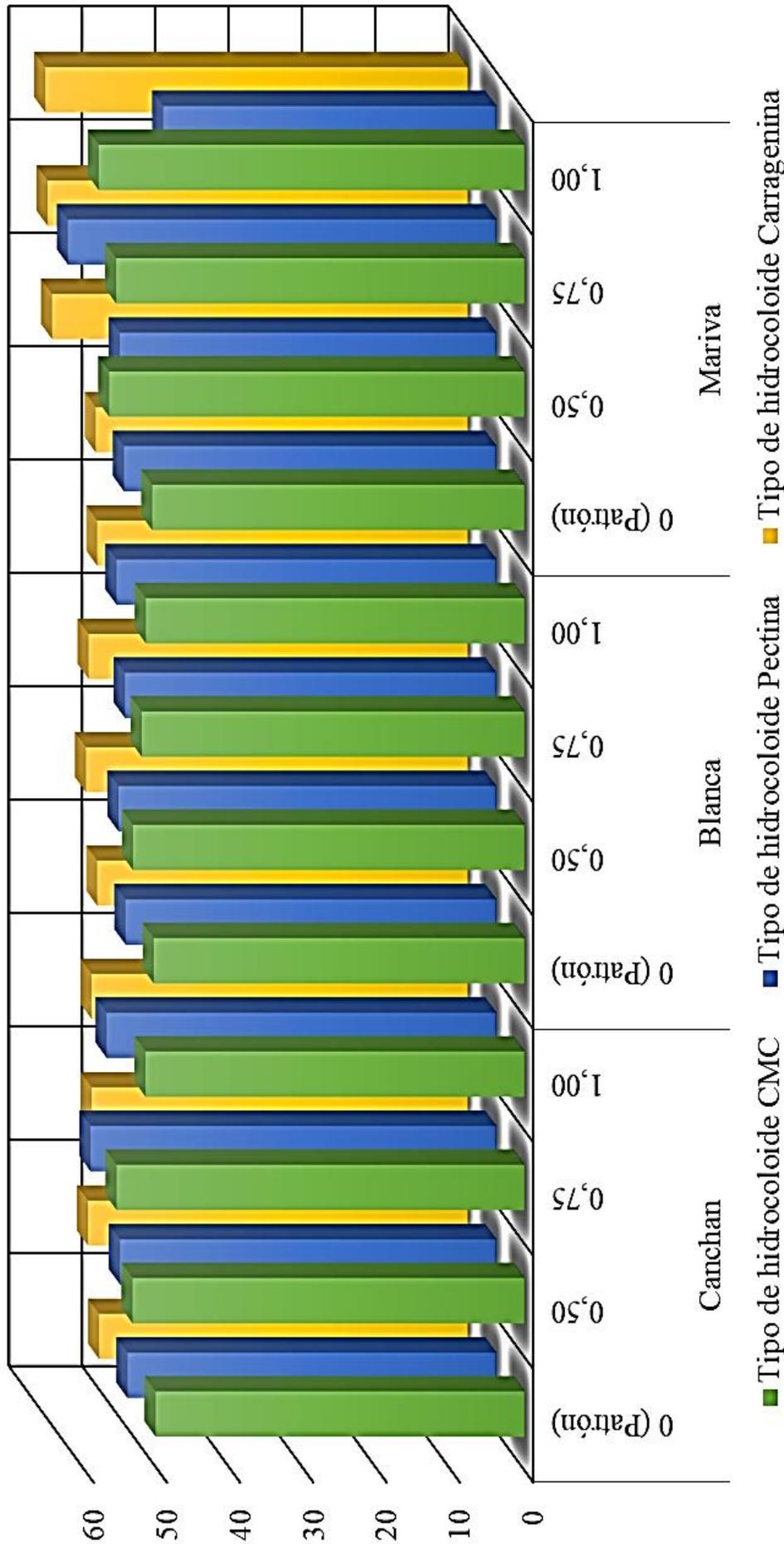


Figura 11. Análisis de humedad sobre el efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (Canchán, Blanca y Mariva).

En la Figura 12 se aprecia valores máximos en la variedad Mariva, recubierta con pectina y Carragenina en los diferentes porcentajes de concentración, esto se debe a que algunos de los hidrocoloides usados comúnmente son las proteínas, celulosa en polvo y sus derivados, metilcelulosa, alginatos, pectina, almidón, proteína de suero, albúmina, maíz, gluten, gomas, etc. Otros autores como Garayo y Moreira (2002) obtuvieron chips de papa con una humedad promedio de 1.9 %. Así mismo Shyu y Hwang (2005) concluyeron una humedad de 1.7 % en su estudio de fritura al vacío de zanahorias en temperaturas que van de los 100°C hasta los 130°C. Silva y col (2014), manifiesta que en productos fritos un factor importante que indica la calidad de dichos alimentos es el contenido de humedad, ya que de este dependen otros factores como la textura y el color.

#### **4.3. Efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades sensoriales en tres variedades de papa frita (Canchán, Blanca y Mariva).**

##### **4.3.1. APARIENCIA**

Tabla 10. Evaluación sensorial de la apariencia

Variedad	PATRON	Tipo de hidrocoloide		
		CMC	Pectina	Carragenina
Canchan	1.91	2.31	2.87	2.88
Blanca	1.89	2.3	2.85	2.84
Mariva	1.92	2.31	2.87	2.88

En la tabla 10 se puede observar la aceptabilidad de la apariencia, teniendo mayor aceptabilidad en las variedades Canchan y Mariva recubiertas con Carragenina. Expresando

según el ANVA (Anexo III), existe diferencia significativa en la variedad y el tipo de hidrocoloide.

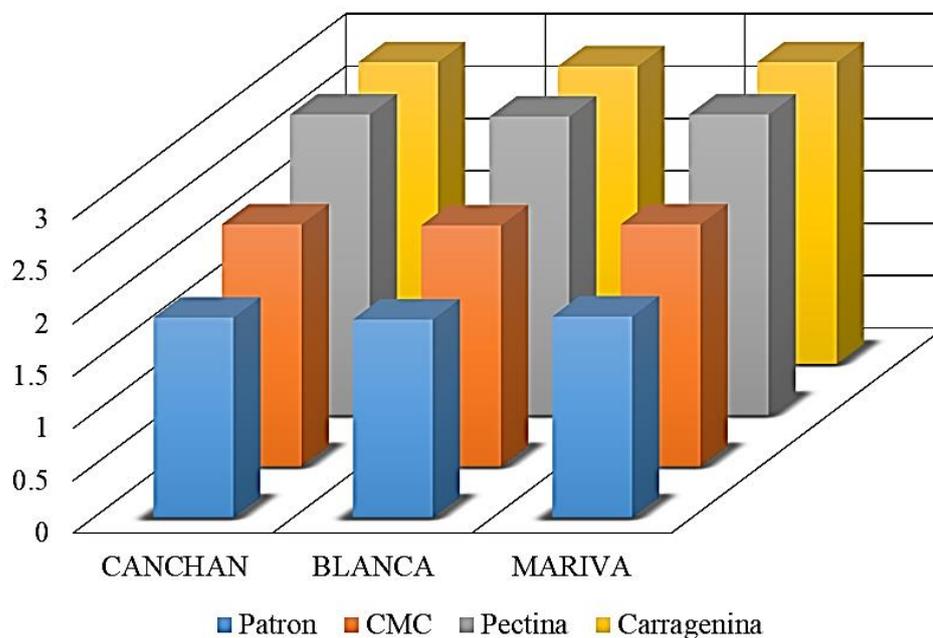


Figura 12. Evaluación sensorial de la apariencia

Según la prueba de Tukey evaluada la variedad, esta se observa en la variedad Blanca, mientras que en los hidrocoloides existe variabilidad para todos los recubrimientos utilizados, esto también se puede corroborar con la figura 12.

Tabla 11. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas en las tres variedades.

Variedad	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Blanca	4	2.47±0.46	a
Canchan	4	2.49±0.47	b
Mariva	4	2.49±0.47	b

Según el análisis de Tukey (Tabla 11) para la diferencia significativa de la variedad se recomienda elegir las variedades Canchan y Mariva porque presentan un mayor promedio de aceptabilidad con respecto a la variedad Blanca.

Tabla 12. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide.

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	1.91±0.015	a
CMC	3	2.31±0.006	b
Pectina	3	2.86±0.012	c
Carragenina	3	2.87±0.023	c

Según el análisis de Tukey (Tabla 12) para la diferencia significativa del tipo de hidrocoloide se recomienda utilizar la carragenina como recubrimiento porque presentan un mayor promedio de aceptabilidad con respecto a los demás recubrimientos.

Esta percepción se debe que través de los sentidos se evalúa la aceptación o rechazo de un alimento por parte del consumidor relacionada con las sensaciones que provoca por medio de la vista, siendo posible detectar las propiedades o atributos sensoriales las papas fritas (Di Bartolo, 2005).

**4.3.2. SABOR**

Tabla 13. Evaluación sensorial del sabor

Variedad	PATRON	Tipo de hidrocoloide		
		CMC	Pectina	Carragenina
Canchan	2.31	2.41	2.72	2.57
Blanca	2.32	2.42	2.69	2.59
Mariva	2.34	2.4	2.7	2.55

En la tabla 13 se puede observar la aceptabilidad del sabor, teniendo mayor aceptabilidad en las variedades canchan y mariva recubiertas con pectina. Expresando según el ANVA (Anexo III), existe diferencia significativa en el tipo de hidrocoloide.

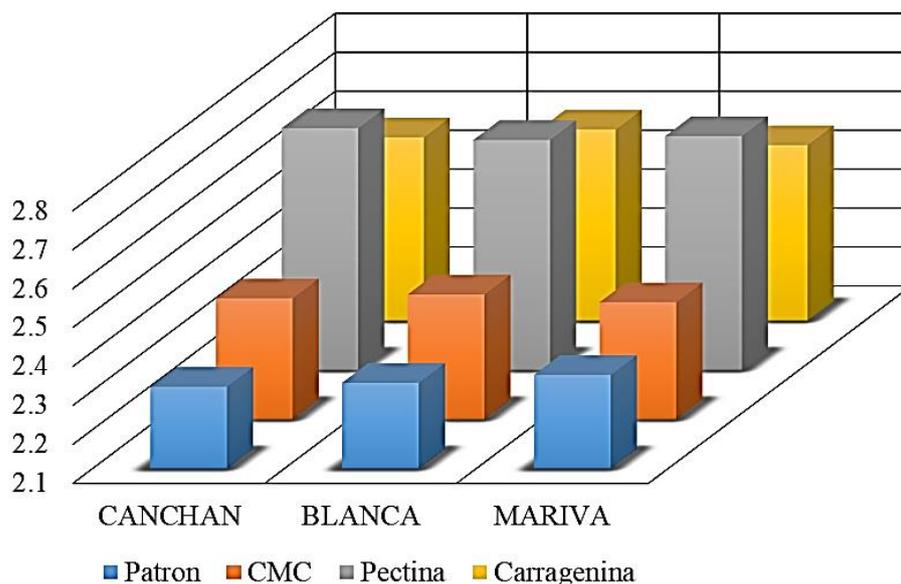


Figura 13. Evaluación sensorial del sabor

Según la prueba de Tukey en los hidrocoloides existe variabilidad para todos los recubrimientos utilizados, esto también se pudo corroborar con la figura 13.

Tabla 14. Prueba de comparación múltiple de Tukey del sabor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	2.32±0.015	a
CMC	3	2.41±0.010	b
Pectina	3	2.70±0.015	c
Carragenina	3	2.570±0.020	d

Según el análisis de Tukey (Tabla 14) para la diferencia significativa del tipo de hidrocoloide se recomienda utilizar la pectina como recubrimiento porque presentan un mayor promedio de aceptabilidad de sabor con respecto a los demás recubrimientos.

El sabor es la combinación de olor, aroma, y gusto, que a su vez nos indica el perfil del sabor (Arroyo, 2003). Precisando que el gusto varía de acuerdo a la persona debido a que cada una tiene diferentes percepciones sensoriales, el olor por su parte tiene diferentes notas y puede dificultar el análisis sensorial, y la textura se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Di Bartolo, 2005).

### 4.3.3. OLOR

Tabla 15. Evaluación sensorial del olor

Variedad	PATRON	Tipo de hidrocoloide		
		CMC	Pectina	Carragenina
Canchan	2.54	2.21	2.7	2.51
Blanca	2.5	2.19	2.73	2.55
Mariva	2.49	2.23	2.72	2.5

En la tabla 15 se puede observar la aceptabilidad del olor, teniendo mayor aceptabilidad en las tres variedades recubiertas con pectina. Expresando según el ANVA (Anexo III), existe diferencia significativa en el tipo de hidrocoloide.

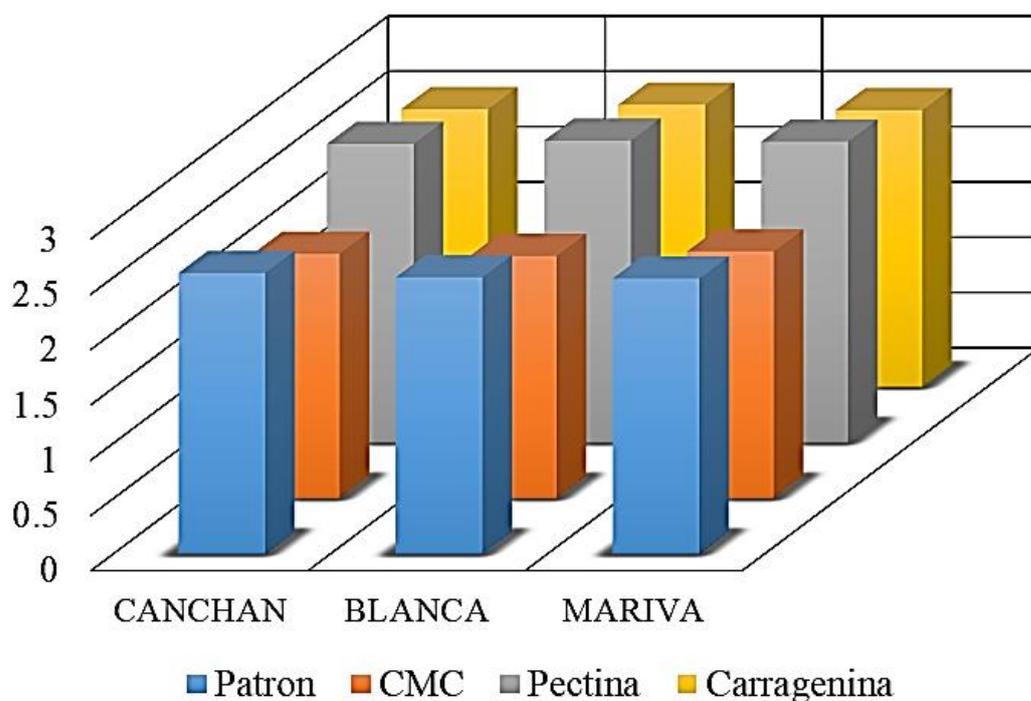


Figura 14. Evaluación sensorial del olor

Según la prueba de Tukey en los hidrocoloides existe variabilidad para todos los recubrimientos utilizados, esto también se pudo corroborar con la figura 14.

Tabla 16. Prueba de comparación múltiple de Tukey del olor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide

Hidrocoloide	N	Media	Tukey ( $P < 0.05$ )
Patron	3	2.51±0.026	a
CMC	3	2.21±0.020	b
Pectina	3	2.72±0.015	b
Carragenina	3	2.52±0.026	c

Según el análisis de Tukey (Tabla 16) para la diferencia significativa del tipo de hidrocoloide se recomienda utilizar la pectina como recubrimiento porque presentan un mayor promedio de aceptabilidad del color con respecto a los demás recubrimientos.

El olor es el principal componente del sabor, enmascarando el sabor y la textura, el gusto varía de acuerdo a la persona debido a que cada una tiene diferentes percepciones sensoriales, el olor por su parte tiene diferentes notas y puede dificultar el análisis sensorial, y la textura se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Di Bartolo, 2005).

#### 4.3.4. COLOR

Tabla 17. Evaluación sensorial del color

Variedad	PATRON	Tipo de hidrocoloide		
		CMC	Pectina	Carragenina
Canchan	2.25	2.12	2.35	2.48
Blanca	2.19	2.08	2.33	2.5
Mariva	2.26	2.14	2.38	2.49

En la tabla 17 se puede observar la aceptabilidad del color, teniendo mayor aceptabilidad en la variedad Blanca, recubiertas con pectina. Expresando según el ANVA (Anexo III), existe diferencia significativa en el tipo de hidrocoloide.

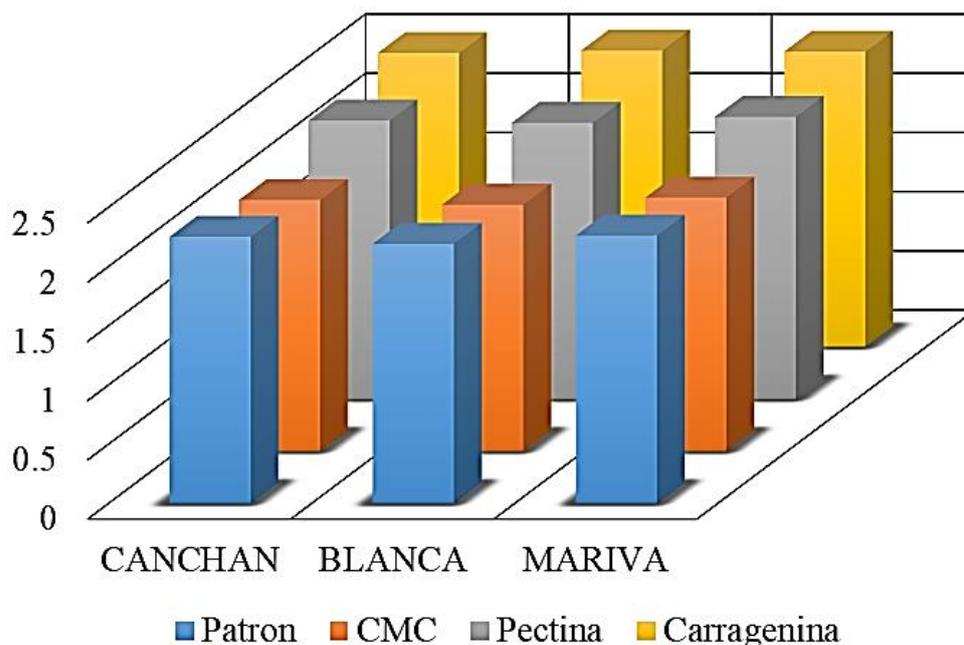


Figura 15. Evaluación sensorial del color

Según la prueba de Tukey en los hidrocoloideos existe variabilidad para todos los recubrimientos utilizados, esto también se pudo corroborar con la figura 15.

Tabla 18. Prueba de comparación múltiple de Tukey del color de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide

Hidrocoloide	N	Media	Tukey ( $P < 0.05$ )
Patron	3	2.23±0.038	a
CMC	3	2.11±0.031	b
Pectina	3	2.35±0.025	c
Carragenina	3	2.49±0.010	d

Según el análisis de Tukey (Tabla 18) para la diferencia significativa del tipo de hidrocoloide se recomienda utilizar la carragenina como recubrimiento porque presentan un mayor promedio de aceptabilidad del color con respecto a los demás recubrimientos.

Precisando que la influencia del color de los alimentos en la respuesta del consumidor, es decir, en el grado de aceptación o rechazo. El consumidor al percibir el color de un alimento, de manera espontánea lo relaciona con otras características (Duran y Costell, 1999).

En la evaluación sensorial de las diferentes cubiertas y variedades, se encontró diferencia estadística en el atributo de apariencia y no hubo diferencia significativa en cuanto al sabor, color y olor con respecto al patrón (papa frita sin cubierta). Carpenter y Lyon, (2002), afirma que es una de las características organolépticas de mayor importancia en el producto puesto que el sabor resulta de la combinación de cuatro propiedades color, olor, sabor, gusto y viscosidad por lo que su percepción es compleja. Bett y Dionigi, (1997), afirma que la cantidad mínima de sustancia olorosa necesaria para que sea percibida como tal es denominada umbral de percepción la que varía enormemente para cada persona, y cada especie animal, por lo que esta característica es importante en la calidad del producto y aceptación del consumidor.

Uno de las más propiedades importantes de hidrocoloides es su capacidad para formar películas y láminas y actuar como una barrera muy efectiva de aceite y por lo tanto utilizados en número de aplicaciones alimentarias incluyendo adherencia, formación de película, de gelificación térmica y características no carbonización. La película que forma características de estos hidrocoloides ha impedido la absorción de aceite y al mismo tiempo ayudado a retener la humedad natural de los alimentos. Esta podría ser la razón de la utilización de estos hidrocoloides en la fritura de los productos fritos (Ang, 1993; Koelsch y Labuza, 1992; Mallikarjunan *et al.*, 1997; Williams & Mittal, 1999; Sakhale *et al.*, 2011). La calidad sensorial es un aspecto importante para considerar la aceptabilidad general del producto alimenticio.

## V. CONCLUSIONES

El recubrimiento con hidrocoloides en diferentes concentraciones ha disminuido considerablemente el contenido de grasa, en las tres variedades de papa, presentándose mayor disminución de absorción de grasa, al aplicar el recubrimiento de CMC a 1% en las variedades Canchán y Mariva; y la Carragenina al 1% para la variedad Blanca.

La concentración de hidrocoloide tuvo influencia en el color, la textura y humedad de las papas fritas, debido a que aumenta la rigidez del alimento, siendo más evidente en cubiertas de pectina y de CMC, teniéndose valores de cromaticidad de L 71.93 acercándose a la zona blanca,  $a^*$  3.53 ligeramente rojizo y  $b^*$  22.88 tendiendo al amarillo; mientras que en la textura se obtuvo valores de hasta 3.19 KgF/cm<sup>2</sup>; y se obtuvo una humedad de 58.49%

Los diferentes recubrimientos influyeron en la aceptabilidad de las papas fritas siendo la de mayor aceptación la variedad Canchan, con el recubrimiento de Carragenina, seguida por las variedades Mariva y blanca recubierta con pectina.

## VI. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio donde se escojan las variables de temperatura, tiempo y concentración de la solución de recubrimiento que optimicen las variables de respuesta y permitan estandarizar el proceso de fritura de trozos de papas.

Realizar un análisis sensorial descriptivo y de aceptación que permita identificar las características deseables de los trozos de papas fritos desde el punto de vista del consumidor y la posibilidad de que éste compre un producto más saludable.

Realizar un análisis económico de los costos que implicaría el uso de recubrimientos comestibles en la industria de los snacks y que indique la relación costo/beneficio para una empresa que pretende ofrecer productos más sanos al consumidor.

## VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- A.O.A.C. (1995). Official methods of analysis of the AOAC. DC. US.A.: Horwitz Washington.
- AGARGEL. (2018). Importancia química de las carrageninas de importancia comercial. Obtenido de <http://www.agargel.com.br/carragenina-tec.html>
- Aguilera, J. (1997). Fritura de alimentos. In J.M. Aguilera, Temas en Tecnología de Alimentos 1 Mexico. Instituto Politecnico Nacional
- Alimentatec. (25 de febrero de 2013). portal de tecnologías y mercados del sector alimentario (2010). Obtenido de [www.alimentatec.com](http://www.alimentatec.com): <http://www.alimentatec.com/muestrapaginas.asp>
- Alva, C., Ramírez, C., & Siche, R. (2015). Visión computacional en la evaluación del efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre el color de hojuelas de papa (*Solanum tuberosum*) nativa. *Agroindustrial Science*, 8.
- Anderson, A. (1994). Modelling of potato blanching. Ph. D. Thesis, Lund University. Sweden.
- Anzaldúa, A. (1999). La Evaluación Sensorial De Los Alimentos En La Teoría Y La Práctica. Zaragoza España: Acribia.
- Arroyo, M. (2003). Tema de actualidad: refresco de mil sabores [en línea] disponible en <http://www.dietanet.com>. (04-08-2009).
- Asmita, P., & Uday, A. (2013). Effect of coating of hydrocolloids on chickpea (*Cicer arietinum* L.) and green gram (*Vigna radiata*) splits during deep fat frying. *International Food Research Journal* 20(2), 565-573.
- Atzi, & Ainia. (1999). Vigilancia tecnológica en el sector de aditivos. Agentes de textura: Chile.

- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (Cuarta Edición ed.). México: Editorial Pearson Education.
- Bett, K., & Dionigi, C. (1997). Detecting seafood off-flavors: Limitations of sensory evaluation. *Food Technology*, 51.
- Caffall, K., & Mohnen, D. (2009). The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides. *Carbohydrate Research* 344, 1879-1900.
- Carpenter, R., Lyon, D., & Hasdell, T. (2002). *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. México: Editorial ACRIBIA, S.A.
- Castro, J. (2002). *Introducción al Analisis Sensorial de los Alimentos*. Barcelona, España: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Cha, D., & Chinnan, M. (2004). Bipolymer-based antimicrobial packaging. A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 223-237.
- Contreras, A. (2001). *La papa*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- Covenin. (1995). *determinación de grasa cruda*. Norma Venezolana, 5.
- Darei, A., Aghajani, N., & Kashiri, M. (2011). Use of hidrocolloids as edible covers to produce low fat french fries. *Latin American Applied Research*, 211-216.
- De Velde, V., & Pearson, P. (2002). The variability of female reproductive ageing. *Human reproduction update*, 141-154.
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., & Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina. Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*: Centro internacional de la papa.

- Dhall, R. K. (2013). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53, 435-450.
- Di Bartolo, E. (2005). Guía para la degustación de productos.
- Dogan, S., Sahin, S., & Sumnu, G. (2005). Effects of batters containing different protein types on the quality of deep-fat-fried chicken nuggets. *European Food Research Technology*, 220, 502-508.
- Duran, L., y Costell, E. (1999). Percepción del gusto. Aspectos fisicoquímicos y psicofísicos. *Food Science and Technology International*, 5:299-309
- Elías, X. (2012). Reciclaje de residuos industriales. 1-28. Obtenido de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788353.pdf>
- Ennis, D. (1999). Foundations of sensory science and vision for the future. *Food Technology*, 52(7).
- Espinoza, J. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. La Habana, Cuba: Editoria Universitaria. 116 p.
- FAO. (2013). Dimensión social y económica del cultivo de algas para carragenina. *Fisheries and aquaculture technical paper*.
- Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos (Segunda Edición ed.)*. Zaragoza. España: Editorial Acribia.
- Ferratto, J. (2003). Importancia de la gestión de la calidad en frutas y hortalizas, situación y perspectivas. Presentación Feria Internacional de la Alimentación FIAR. Rosario.

- Flores, A. (2017). Análisis de los factores que inciden en la baja productividad de 5 variedades de papa nativa en la provincia de cotabambas, región apurímac, 2015. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Flórez, A. E. (2014). Influencia del recubrimiento comestible y la temperatura en la transferencia de calor y de masa durante el freído por inmersión y la textura de trozos de batata (*Ipomoea Batatas Lam*). Universidad de Córdoba Facultad de Ingenierías: Tesis Programa de Ingeniería de Alimentos.
- Garayo, J., & R., M. (2002). Vacuum Frying of Potato Chips. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 181-191.
- Garayo. J., & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potatoes chips. *Journal of Food Engineering*, 55: 181-191.
- Garmakhany, A. D., Aghajani, N., & Kashiri, M. (2011). Use of hydrocolloids as edible covers to produce low fat french fries. *Latin American applied research* 41, 211-216.
- Gonzales, J., & Peña, G. (2014). Caracterización molecular de papas nativas (*Solanum spp.*) del distrito de Chungui, Ayacucho, mediante AFLP. *Revista peruana de biología*, 6. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v21n3/a12v21n3.pdf>
- González, A. (2014). Influencia del recubrimiento comestible y la temperatura en la transferencia de calor y de masa durante el freído por inmersión y la textura de trozos de batata (*Ipomoea Batatas Lam*). Universidad de Córdoba: Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería de alimentos.
- Guzmán, C., Acevedo, C., & Granados, C. (2012). Disminución de la absorción de aceite en papas criollas fritas. *redalyc.org*, S312 - S313.

- Guzmán, D., & Acevedo, C. (2012). Disminución de la Absorción de aceite en papas criollas fritas. *redalyc*, 3.
- Hasbún, J., Esquivel, P., Brenes, A., & Alfaro, I. (2009). Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía Costarricense* 33 (1), 77-89.
- Hatem S., Adel G., & Mohi, M. (2012). Effect of Pre-Frying Treatments of French Fried Potatoes to Achieve Better Oil Uptake Reduction for Health and Technological Aspects. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(10), 5018-5024.
- Hernández, M. (2013). Aplicación de recubrimiento comestible para reducir la absorción de aceite durante el proceso de freído en los alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Departamento de ciencia y tecnología de alimentos.
- Hindra, K., & Baik, O. (2006). Kinetics of quality changes during food frying. *Journal of Food Science and Nutrition* 46, 239–258.
- Imeson, A. (2010). Estabilizadores alimenticios, espesantes y agentes gelificantes. La carragenina y su importancia económica. Wiley-Blackwell, Singapur, 372 p.
- INIA. (2012). Papa INIA 303 - Canchan. Centro internacional de la papa, 2.
- Kawas, M. L., & Moreira, R. G. (2001). Characterisation of product quality attributes of tortilla chips during frying process. *Journal of Food Engineering*, 47, 97 - 107.
- Krokida, M., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. (2001). Effect of pre.drying on quality of french fries. *Journal of Food Engineering* 49: 39-49.
- Lin, Y., Jinwei, L., Shaodong, D., Feng, H., & Liuping, F. (2016). Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips. *Food Hydrocolloids* 54, 211-219.

- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 364-373.
- Mendoza, E., García, M., Casas, C., Fernández, M., & Selgas, M. (2008). Utilización de hidratos de carbono como sustitutos de grasa en productos cárnicos. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 17 (7), 55-61.
- Minagri. (2015). Industrialización de la papa. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de <http://minagri.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa-2014/10859-minagri-impulsara-la-industrializacion-de-la-papa>
- Montes O., Millar M., Provoste L., Martínez M., Fernández Z., Morales I., & Valenzuela B., (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Rev Chil Nutr*, 43(1), 87 - 91.
- Mora, F. (2013). Efecto de la concentración de cmc, goma guar y goma xantana sobre la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*cynara scolymus* L.) variedad imperial star. Universidad Privada Antenor Orrego: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Morales, V., & Santacruz, S. (2017). Uso de Películas Comestibles a Base de Carboximetilcelulosa y Goma Xantana para la Disminución de Absorción de Grasa de Malanga Frita (*Xanthosoma Sagittifolium*). *Revista Politécnica*, 6.
- Moreira, R. Castell-Perez, M.E y Barrufet, M.A. (1999). *Deep fat frying: fundamentals and applications*. Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Moreno, J. (2003). Calidad de la Papa para Usos. Programa Regional Agrícola. CORPOICA. C.I.A.
- Morris, V., Belshaw, N., Waldron, K., & Maxwell, E. (2013). The bioactivity of modified citrus pectin fragments. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 1, 21-37.

- Moyano P. y Pedreschi F. (2006). Deep fat frying of potatoes. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Universidad de Santiago de Chile.
- Moyano, P., & Bernia, A. (2002). Modeling water loss during the frying of potato strip: Effect of solute impregnation. *Drying Technology*, 20 (7), 1303 -1318.
- Moyano, P., & Pedreschi, F. (2006). Deep fat frying of potatoes. Universidad de Santiago de Chile: *Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Necas, J., & Bartosikova, L. (2013). Carrageenan: a review. *Veterinarni Medicina* 58, 187–205.
- Norizzah, A. R., Junaida, A. R., & Afifah, A. L. (2016). Effects of repeated frying and hydrocolloids on the oil absorption and acceptability of banana (*Musa acuminata*) fritters. *International Food Research Journal* 23(2), 694-699.
- Pahade, P. K., & Sakhale, B. K. (2012). Effect of blanching and coating with hydrocolloids on reduction of oil uptake in french fries. *International Food Research Journal* 19(2), 697-699.
- Papadakis, S., Abdul, M. S., Kamdem, R., & Yam, K. (2000). A versatile and inexpensive technique for measuring colour of foods. *Food Technology* 54, 48-51.
- Pedreschi F., Mendoza, M., & Aguilera, J. (2004). Classification of Potato Chips Using Pattern Recognition. *Food Engineering and Physical Properties*, 264-269.
- Pedreschi F. & Moyano P. (2005). Effect of predrying on texture and oil uptake of potato chips. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 38: 29-35.
- Pedreschi F. y Zuñiga R. (2008). Kinetics of quality changes during frying. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Universidad de Santiago de Chile. Pag 81-112.

- Peña, E. (2017). Extracción y Caracterización Fisicoquímica y Funcional de Almidones de Cinco Variedades de Papas Nativas Procedentes de Ilave (Puno). Universidad Nacional Agraria La Molina: Facultad de Industrias Alimentarias.
- Phule, A. & Annapure, U. (2013). Effect of coating of hydrocolloids on chickpea (*Cicer arietinum* L.) and green gram (*Vigna radiata*) splits during deep fat frying. *International Food Research Journal* 20(2), 565-573.
- Preciado, A. (2017). Evaluación del Aceite Reciclado de Cocina para su Reutilización. Universidad de Guayaquil: Facultad de ciencias naturales carrera de ingeniería ambiental.
- Primo, M., Sanz, T., Steringa, D., Salvador, A., Fiszman, S., vanVliet T, & vanVliet, T. (2010). Performance of cellulose derivatives in deepfried battered snacks: Oil barrier and crispy properties. *Food Hydrocolloids*, 24.702-708.
- Pritchard, M., & Adams, L. (1994). Relationship between fry color and sugar concentration in stored Russet, Burbank and Shepody potatoes. *American Potato Journal* 71, 59-66.
- Ramos, V., Hidalgo, M., & Torres, A. (2017). Efectos de un recubrimiento comestible sobre la absorción de aceite en papas fritas. *Revista de Simulación y Laboratorio*, 4(13), 19-27.
- Rayner, M., Ciolfi, V., Maves, B., Stedman, P., & Mitta, L. G. (2000). Development and application of soy-protein films to reduce fat intake in deep-fried foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 777-782.
- Rimac, B. S., Lelas, V., Rade, D., & Simundic, B. (2004). Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering* 64, 237-241.
- Ross, K., & Scanlon, M. (2004). A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust. *J. Food Engine.* 62(4), 417-423.

- Sahin, S., Sumnu, G., & Altunakar, B. (2005). Effects of batters containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (85), 2375-2379.
- Sakhale, B., Badgujar, J., Pawar, V. & Sananse, S. (2011). Effect of hydrocolloids incorporation in casing of samosa on reduction of oil uptake. *Journal of Food Science and Technology*, (Online) DOI: 10.1007/s13197-011-0333-0.
- Salazar, M., Zambrano, J., & Valecillos, H. (2008). Evaluación del rendimiento y características de calidad de trece clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultura Andina*, 14, 101-117. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/29373/articulo7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Seshadri, R., Weiss, J., Hulbert, G., & Mount, J. (2003). Ultrasonic processing influences rheological and optical properties of high-methoxyl pectin dispersions. *Food Hydrocolloids* 17, 191-197.
- Shyu, H., & Hwang. (2005). Effects of processing conditions on the quality of vacuum – fried carrot chips. *Food Agric*, 85, 1903-1908.
- Silva, E., Amaya, L., Quispe, J., Narro, I., Zavaleta, A., & Gutiérrez, A. (2014). Efecto de la deshidratación osmótica y cobertura con hidrocoloides en la disminución de absorción de grasa en trozos de papa (*Solanum tuberosum*) frita. *Agroindustrias Science*, 87-93.
- Singthong, J., & Thongkaew, C. (2009)). Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 1199-1203.
- Singthong, J., & Thongkaew, C. (2009). Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 1199-1203.

- Sothornvit, R. (2011). Edible coating and post-frying centrifuge step effect on quality of vacuum-fried banana chips. *Journal of Food Engineering*, 107(3-4), 319-325.
- Stier, R. (2012). Frying as science - An Introduction. *European Journal of lipid: Science and technology*.
- Taiwo, K., & Baik, O. (2006). Effects of pre-treatments on the shirkage and textural properties of fried sweet potatoes. *LWT. Food Science and Technology* 40, 661-668.
- Thakur, R., Singh, K., & Handa, K. (1997). Chemistry and uses of pectin - A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 37, 47-73.
- Tirado, D., Acevedo, D., & Enrique, L. (2012). Freido por inmersión de los alimentos. *researchgate*, 15.
- Trincherro, J., Monti, M., & Ceroli, P. (2007). Características sensoriales de papas fritas en bastones. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 14 (1): 33-40.
- Udlap. (2011). Películas comestibles. revisión de literatura.
- Ureña, M., D'Arrigo, M., & Girón, O. (1999). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Lima. Perú: Editorial Agraria.
- Usucachi, L. P. (2011). Proceso de obtención de bioetanol a partir de papa peruana. UNI. Lima Perú.
- Vieira, C., Martinez, B., Diaz, M. T., & Garcia, M. D. (2004). Efecto de la maduración y del periodo de conservación sobre la evolución de las características de la carne de vacuno. Castilla, España: Instituto Tecnológico de agrario de Castilla y León.

Yazdanseta, P., Ghiassi, B., & Gharachorloo, M. (2015). Effect of some hydrocolloids on reducing oil uptake and quality factors of fermented donuts. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 233-241.

Ziaiifar, A., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I., & Trystram, G. (2008). Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science and Technology* 43: 1410-1423.

## ANEXOS

## ANEXO I

**Efecto del tipo de hidrocoloide (pectina, carragenina, cmc) y concentración (0.5; 0.75 y 1%) en la absorción de aceite de tres variedades de papas fritas (canchán, blanca y mariva).**

Tabla 19. ANVA Contenido de Aceite de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedad	2	654.87	327.43	6.78	**
Tipo de Hidrocoloide	2	349.15	174.57	3.62	*
Concentración	3	1027.32	342.44	7.10	**
Error	28	1351.4	48.26		
Total (Corr.)	35	3382.74			

**Tabla 20. Prueba de comparación múltiple de Tukey para contenido de Aceite de las papas fritas en las tres variedades.**

Variedad	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Canchan	36	19.88±2.19	a
Blanca	36	20.27±1.40	a
Mariva	36	18.88±2.55	b

**Tabla 21. Prueba de comparación múltiple de Tukey para contenido de Aceite de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide**

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
CMC	36	18.92±2.43	a
Pectina	36	19.18±1.90	a
Carragenina	36	20.94±1.53	b

**Tabla 22. Prueba de comparación múltiple de Tukey para contenido de Aceite de las papas fritas de acuerdo a la concentración**

Concentración	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
1.00	27	18.79±2.17	a
0.75	27	19.19±2.71	a
0.50	27	19.76±1.27	a b
0.00	27	20.98±0.49	b

## ANEXO II

**Efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades físicas en las tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva).**

## A. TEXTURA

**Tabla 23. ANVA Textura de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedad	2	0.008	0.004	0.039	n.s.
Tipo de Hidrocoloide	2	1.361	0.680	6.301	*
Concentración	3	1.434	0.717	6.640	**
Error	22	2.375	0.108		
Total (Corr.)	29	6.999			

**Tabla 24. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas en las tres variedades.**

Variedad	N	Media	Tukey ( $P < 0.05$ )
Canchan	10	2.80±0.51	a
Blanca	10	2.76±0.52	a
Mariva	10	2.79±0.49	a

**Tabla 25. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide**

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	2.04±0.025	a
CMC	9	2.64±0.686	b
Pectina	9	3.17±0.029	b c
Carragenina	9	2.78±0.065	c

**Tabla 26. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas de acuerdo a la concentración**

Concentración	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
1.00	3	2.043±0.025	a
0.75	9	2.540±0.636	a b
0.50	9	3.000±0.202	b
0.00	9	3.053±0.149	b

**B. HUMEDAD**

**Tabla 27. ANVA Humedad de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedad	2	53.88	26.94	4.19	*
Tipo de Hidrocoloide	2	21.34	10.67	1.66	n.s.
Concentración	3	16.29	8.15	1.27	n.s.
Error	22	141.49	6.43		
Total (Corr.)	29	252.87			

**Tabla 28 . Prueba de comparación múltiple de Tukey de la humedad de las papas fritas en las tres variedades.**

Variedad	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Blanca	10	51.69±0.88	a
Canchan	10	52.60±1.80	a b
Mariva	10	54.87±4.25	b

**Tabla 29. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la humedad de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide**

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	50.61±0.24	a
CMC	9	54.34±2.32	a
Pectina	9	52.17±3.54	a
Carragenina	9	53.46±2.92	a

**Tabla 30. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la textura de las papas fritas de acuerdo a la concentración**

Concentración	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
1.00	3	50.61±0.24	a
0.75	9	53.22±2.16	a
0.50	9	54.33±2.83	a
0.00	9	52.43±3.79	a

## ANEXO III

**Efecto de tipo de hidrocoloides y concentración en las propiedades sensoriales en tres variedades de papa frita (canchán, blanca y mariva).**

## A. APARIENCIA

**Tabla 31. ANVA Apariencia de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedad	2	0.002	0.001	13.00	*
Tipo de Hidrocoloide	3	1.965	0.655	11229.86	**
Error	6	0.000	5.833E-5		
Total (Corr.)	11	1.967			

**Tabla 32. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas en las tres variedades.**

Variedad	N	Media	Tukey ( $P < 0.05$ )
Blanca	4	2.47±0.46	a
Canchan	4	2.49±0.47	b
Mariva	4	2.49±0.47	b

**Tabla 33. Prueba de comparación múltiple de Tukey de la apariencia de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide**

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	1.91±0.015	a
CMC	3	2.31±0.006	b
Pectina	3	2.86±0.012	c
Carragenina	3	2.87±0.023	c

## B. SABOR

**Tabla 34. ANVA Sabor de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedad	2	0.000	5.833E-5	0.193	n.s.
Tipo de Hidrocoloide	3	0.257	0.086	2.82.53	**
Error	6	0.002	0.000		
Total (Corr.)	11	0.259			

**Tabla 35. Prueba de comparación múltiple de Tukey del sabor de las papas fritas en las tres variedades.**

Variedad	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Canchan	4	2.50±0.18	a
Blanca	4	2.51±0.17	a
Mariva	4	2.49±0.16	a

**Tabla 36. Prueba de comparación múltiple de Tukey del sabor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide**

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	2.32±0.015	a
CMC	3	2.41±0.010	b
Pectina	3	2.70±0.015	c
Carragenina	3	2.570±0.020	d

**C. OLOR**

**Tabla 37. ANVA Olor de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedad	2	0.000	5.833E-5	0.089	n.s.
Tipo de Hidrocoloide	3	0.393	0.131	199.101	**
Error	6	0.004	0.01		
Total (Corr.)	11	0.397			

**Tabla 38. Prueba de comparación múltiple de Tukey del olor de las papas fritas en las tres variedades.**

Variedad	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Canchan	4	2.49±0.20	a
Blanca	4	2.50±0.22	a
Mariva	4	2.49±0.20	a

**Tabla 39. Prueba de comparación múltiple de Tukey del olor de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide**

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	2.51±0.026	a
CMC	3	2.21±0.020	b
Pectina	3	2.72±0.015	b
Carragenina	3	2.52±0.026	c

#### D. COLOR

**Tabla 40. ANVA Color de las papas fritas en las tres variedades, respecto a la concentración de los hidrocoloides.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedad	2	0.004	0.002	4.294	n.s.
Tipo de Hidrocoloide	3	0.235	0.078	184.020	**
Error	6	0.003	0.000		
Total (Corr.)	11	0.241			

**Tabla 41. Prueba de comparación múltiple de Tukey del color de las papas fritas en las tres variedades.**

Variedad	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Canchan	4	2.30±0.15	a
Blanca	4	2.28±0.18	a
Mariva	4	2.32±0.15	a

**Tabla 42. Prueba de comparación múltiple de Tukey del color de las papas fritas de acuerdo al Tipo de Hidrocoloide**

Hidrocoloide	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey (P&lt;0.05)</i>
Patron	3	2.23±0.038	a
CMC	3	2.11±0.031	b
Pectina	3	2.35±0.025	c
Carragenina	3	2.49±0.010	d

**ANEXO IV**

**Cartilla de evaluación sensorial descriptivo de papas fritas**

**COLOR EXTERNO**

(Amarillo marfil)

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAPAS FRITAS ANDINAS EN BASTONES**

**AROMA**

(Sui generis) .....  
 .....  
 .....

Nombre:.....

Fecha:.....

Observe y pruebe cada una de las muestras presentes los cuales están cubiertos con hidrocoloides y con una variedad de papas, las cuales están marcadas con claves en los mismos, siga la secuencia de cada atributo a calificar en el orden establecido. Y serán calificados de acuerdo a su opinión basándose en la escala de calificación.

Muy bueno (5 pts), Bueno (4 psts), Regular (3 psts), Malo (2 Ptos),  
 Muy malo (1 pto).

**Observaciones:**.....  
 .....

**ATRIBUTOS/ CODIGO** MP (A) Carrag. (%) Pec. (%) CMC (%)

.....

**APARIENCIA GENERAL**

(Buena presentación) .....  
 .....

**¡MUCHAS GRACIAS!**

ANEXO V

Panel Fotográfico



Fotografía 1. Papa variedad Canchán



Fotografía 2. Papa variedad Mariva



Fotografía 3. Papa variedad Blanca.



Fotografía 4. Pelado de la Papa



**Fotografía 5.** Agua destilada



**Fotografía 6.** Soluciones de hidrocoloides



**Fotografía 7.** Cortado de Papas



**Fotografía 8.** Papas en solución



**Fotografía 9.** Fritura de Papas



**Fotografía 10.** Pruebas Sensorial

**Fotografía 11.** Pruebas Sensorial



**Fotografía 12.** Análisis de textura



acofarma distribución, S.A.

## ANEXO VI

## FICHAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA

## PECTINA POLVO

**Sinónimos:** E440.

20.000 –

**Peso Molecular:** 400.000

**Descripción:** Polisacárido presente en la pared celular de todos los tejidos vegetales que hace la función de cemento intercelular.

La pectina polvo Acofarma tiene origen en la piel de cítricos.

**Datos Físico-Químicos:** Polvo fino color blanco crema a marrón claro. Bastante soluble en agua, prácticamente insoluble en etanol.

Se disuelve más rápidamente en agua si se humecta con glicerina, alcohol, o jarabe simple, o si se mezcla con 3 o más partes de sacarosa.

**Propiedades y usos:** La pectina se encuentra en alta proporción (un 30% aproximadamente) en la piel de los frutos cítricos como la naranja o el limón.

Se obtiene de la piel de estos cítricos o bien de la piel de manzana. Se emplea como adsorbente y formadora de bolo

fecal en el tratamiento sintomático de la diarrea, especialmente en lactantes y niños, generalmente asociada a Caolín, aunque la terapia de elección es la rehidratación.

Además se ha investigado como fuente de fibra para tratar la hipercolesterolemia y para reducir o enlentecer la absorción de carbohidratos.

También se utiliza como emulsificante y estabilizante en la industria alimentaria.

<b>Dosificación:</b>	Por vía oral 0,6-1 g (al 1 % en solución acuosa).
<b>Precauciones:</b>	Debe emplearse con precaución en terapias prolongadas de diarreas crónicas para evitar deficiencias alimentarias y digestivas.
<b>Interacciones:</b>	Las sustancias formadoras de bolo fecal como la pectina reducen el tiempo del tránsito intestinal y pueden afectar la absorción de otros fármacos.
<b>Incompatibilidades:</b>	Medios ácidos fuertes, medios alcalinos, ácido salicílico, ácido tánico, sales alcalinotérreas, metales pesados, alcohol concentrado, agua de cal, y fermentos.
<b>Observaciones:</b>	Apto uso oral.
<b>Conservación:</b>	En envases bien cerrados. PROTEGER DE LA LUZ Y DE LA HUMEDAD.