

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DE LA OSMODESHIDRATACIÓN COMO PRE-TRATAMIENTO
EN EL PROCESO DE FRITADO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD
CANCHÁN”**

TESIS

PRESENTADA POR:

PAULINA CHAMBILLA ESCOBAR

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PROMOCIÓN: 2014- I

PUNO – PERÚ

2017

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



**“EFECTO DE LA OSMODESHIDRATACIÓN COMO PRE-TRATAMIENTO
EN EL PROCESO DE FRITADO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD
CANCHÁN”**

TESIS

PRESENTADA POR:

PAULINA CHAMBILLA ESCOBAR


PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FECHA DE SUSTENTACION: 26 DE ENERO DEL 2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

.....

 Ing. Edgar Gallegos Rojas

PRIMER MIEMBRO

.....


 Ing. Saïre Rocchí Guerra Lima

SEGUNDO MIEMBRO


.....

 D.Sc. Rosario Edely Ortega Barriga

DIRECTOR

.....

 Ing. M.Sc. Víctor Florentino Choquehuanca Cáceres

ASESOR (A)

.....

 Ing. Whany Quispe Chambi

PUNO – PERÚ

2017

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

A Dios por darme vida y por iluminar mi camino, darme fortaleza en el sendero de esta vida y la oportunidad de crecer como persona, permitiéndome seguir adelante para lograr uno de mis objetivos trazados

A mis padres y Hermanos una eterna gratitud por darme la vida, por brindarme su apoyo incondicional durante mi formación profesional en la Universidad y acogerme siempre con presión, cariño y darme su ejemplo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por haberme brindado una formación Profesional, y a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por los conocimientos y enseñanzas impartidas durante mi formación

Al Director de Tesis Ing. M.Sc. Víctor Florentino Choquehuanca Cáceres, a quien quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su inestimable e incondicional apoyo, exigencia y orientación en la realización del trabajo de investigación

Como también a mi asesor de Tesis Ing. Whany Quispe Chambi por sus consejos transmitidos a lo largo de mi formación profesional, por su colaboración y orientación en la realización del presente trabajo de investigación.

Al personal administrativo, por las facilidades brindadas en los laboratorios para la ejecución del presente trabajo.

Agradezco a mi familia en especial a mis padres y hermanos por brindarme el apoyo moral, por su amor, por su presión, sacrificio y esfuerzo. A mis amigas y compañeros por su apoyo incondicional, por sus palabras de sabiduría y aliento.

ÍNDICE

Pág.

ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ECUACIONES	
RESUMEN	10
CAPÍTULO I	11
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II	13
REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	13
2.1.1. Clasificación taxonómica	13
2.1.2. Generalidades de la variedad INIA 303-Canchán	13
2.1.3. Composición química de la papa	15
2.1.4. Uso de la papa	17
2.2. Fritura	17
2.2.1. Aceites utilizados en el proceso de fritura	18
2.2.2. Tipos de fritura	19
2.2.3. Fases del proceso de fritura	19
2.2.4. Proceso de degradación del aceite	20
2.2.5. Papel del agua contenida en los alimentos sometidos a fritura	22
2.2.6. Papas fritas	22
2.3. Osmodeshidratación	23
2.3.1. Factores que afectan a la Osmodeshidratación	24
2.3.2. Transferencia de masa	26
2.3.3. Aplicaciones de la osmodeshidratación	28
CAPÍTULO III	29
MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Lugar de ejecución	29
3.2. Materia prima	29
3.3. Equipos y Materiales de laboratorio	29
3.4. Metodología	30
3.4.1. Metodología experimental	30
3.4.2. Métodos de análisis	33

3.5. Análisis estadístico	36
CAPÍTULO IV	40
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	40
4.1. Determinación de la velocidad de osmodeshidratación con cloruro de sodio en trozos de papa variedad Canchán.....	40
4.2. Evaluación del efecto de la osmodeshidratación como pre-tratamiento y el tiempo en el proceso de fritura sobre el contenido de grasa	48
4.3. Determinación del tiempo de vida útil de las papas fritas.....	54
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición fisicoquímica de variedades de papa fresca (100g).	15
Tabla 2.	Especificaciones básicas para el aceite.	18
Tabla 3.	Usos y ventajas de los agentes osmóticos.	25
Tabla 4.	Características de la papa fresca (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Canchán.	40
Tabla 5.	Promedio de datos de la osmodeshidratación en papa, variedad Canchán.	41
Tabla 6.	Resultados de la evaluación sensorial del atributo color de las papas fritas.	76
Tabla 7.	Resultados de la evaluación sensorial del atributo textura de las papas fritas.	77
Tabla 8.	Resultados de la encuesta del atributo sabor de las papas fritas.	79
Tabla 9.	Resultados de la evaluación sensorial de aceptación de las papas fritas.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Papa variedad Canchán.	14
Figura 2.	Modelo de curva de velocidad de secado para proceso de osmodeshidratación.	28
Figura 3.	Diagrama de flujo para la elaboración de papa osmodeshidratada frita.	31
Figura 4.	Tendencia polinómica de pérdida de peso durante 180 minutos para los cuatro pre-tratamientos.	42
Figura 5.	Comportamiento de pérdida de peso durante la osmodeshidratación de papa variedad Canchán.	43
Figura 6.	Curva de la pérdida del contenido de humedad por osmodeshidratación.	45
Figura 7.	Comportamiento de la ganancia de sólidos por osmodeshidratación.	47
Figura 8.	Influencia del pre-tratamiento y el tiempo de fritura sobre la absorción de grasa en papas fritas.	48
Figura 9.	Calificación de la evaluación sensorial del atributo color de las papas fritas.	51
Figura 10.	Datos de la evaluación sensorial del atributo textura de las papas fritas.	52
Figura 11.	Datos de la evaluación sensorial del atributo sabor de las papas fritas.	53
Figura 12.	Datos de la evaluación sensorial de la aceptabilidad de las papas fritas.	54
Figura 13.	Evolución del deterioro del aceite extraído de las papas fritas, durante el almacenamiento a temperatura ambiente de 15°C por 8 días.	55

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Pérdida de peso (%).	27
Ecuación 2. Contenido de sólidos totales (%).	27
Ecuación 3. Contenido de humedad (%).	27
Ecuación 4. Pérdida de agua (%).	27
Ecuación 5. Ganancia de sólidos (%).	27
Ecuación 6. Determinación de humedad (%).	33
Ecuación 7. Determinación de grasa (%).	34
Ecuación 8. Materia seca (%).	34
Ecuación 9. Determinación de índice de peróxidos.	34
Ecuación 10. Ecuación cinética de deterioro de orden cero.	35
Ecuación 11. Tiempo de vida útil.	36

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivos, determinar la velocidad de osmodeshidratación (OD) con cloruro de sodio en trozos de papa; evaluar el efecto de la osmodeshidratación como pre-tratamiento y el tiempo (3, 4, 5, 6 y 7 minutos) en el proceso de fritura sobre el contenido de grasa y determinar el tiempo de vida útil de las papas fritas. Para la OD se planteó cuatro pre-tratamientos T1 (2% cloruro de sodio), T2 (5% cloruro de sodio), T3 (8% cloruro de sodio) y T4 (10% cloruro de sodio); se trabajó a una relación de producto-solución (1:4), medidas de la papa fresca (10x10x30 mm) y temperatura de OD (40°C) y se analizó el contenido de humedad (%), pérdida de peso (%) y ganancia de sólidos (%) en 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120, 150 y 180 minutos de OD; para el fritado se trabajó a relación de producto y aceite (1:6), temperatura de fritura (170 ± 10 °C) y se determinó el contenido de grasa en los cinco tiempos de fritura (3, 4, 5, 6, 7 minutos) para los cinco pre-tratamientos incluyendo muestra control, además se determinó la vida útil, mediante la ecuación de cinética de deterioro de alimentos de acuerdo al orden de reacción cero considerando índice de peróxidos de 10 meq $O_2/1000$ g como máximo. Los resultados para la velocidad de osmodeshidratación fueron mayor pérdida de peso (%), ganancia de sólidos (%), y reducción del contenido de humedad a concentraciones altas de cloruro de sodio; el pre-tratamiento reduce la absorción de grasa, mientras que el tiempo de fritura no lo hace. Concluyendo que el pre-tratamiento a 5% de cloruro de sodio con un tiempo de 50 minutos de OD presenta mejores resultados con una pérdida de peso de 22.43 %, contenido de humedad de 68.28%, ganancia de sólidos de cloruro de sodio de 3.15%, contenido de grasa de 13.58% y tiempo de vida útil de 19 días en fundas metalizadas.

Palabras claves: Osmodeshidratación, cloruro de sodio, fritura, papas fritas

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La papa, *Solanum tuberosum* L., constituye uno de los principales alimentos en la canasta familiar. Se consume principalmente como producto natural sin procesos industriales (Trincherro, Monti & Ceroli, 2007). La variedad Canchán es la de mayor área de cultivo en el Perú, representando el 40 % de la producción total. Es una variedad mejorada por el Centro Internacional de la Papa (CIP) (INIA, 2012).

En los últimos años, el Perú ha incrementado su porcentaje de procesamiento de papa, siendo los productos procesados de mayor demanda las hojuelas de papa y las papas fritas en bastones (MINAGRI, 2013). Sin embargo, la preferencia de los consumidores por los productos bajos en grasa y sin grasa ha sido el motor de esta industria de la alimentación, por lo cual se busca producir papas fritas con un menor contenido de aceite pero que sigan manteniendo la textura y sabor deseables (Silva *et al.*, 2014; Ramos, Valdivia & Montañez, 2012).

La fritura en inmersión es uno de los procesos más antiguos de preparación de alimentos. Por décadas, los consumidores han preferido los productos fritos en inmersión debido a la combinación única de textura y sabor que ellos poseen. La textura, color y contenido de aceite son los principales parámetros de calidad de las papas fritas. Las papas fritas de buena calidad deben tener una corteza crujiente de aproximadamente 1-2 mm, en donde se encuentra la mayor parte del aceite, y un centro húmedo y suave, como una papa hervida (Bunger, Moyano & Rioseco, 2002).

La osmodeshidratación se ha utilizado para reducir el contenido inicial de humedad, conservar y mantener la calidad inicial de las frutas y verduras procesadas. Los productos alimenticios se sumergen en diferentes soluciones acuosas, por lo general de azúcar o sal. Durante el procesamiento osmótico, el agua fluye fuera del producto hacia la solución osmótica concentrada, mientras que pequeñas cantidades de soluto osmótico es transferido de la solución hacia dentro del producto (Ramos, Valdivia & Montañez, 2012).

Además la osmodeshidratación es una alternativa como pre-tratamiento, previo al proceso de fritura que se utiliza para reducir la absorción de grasa, ahorro de energía y conservación de las características organolépticas (Rodríguez *et al.*, 2013).

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, los objetivos que se plantearon en la investigación fueron:

1. Determinar la velocidad de osmodeshidratación con cloruro de sodio, en trozos de papa de la variedad Canchán.
2. Evaluar el efecto de la osmodeshidratación como pre-tratamiento y el tiempo en el proceso de fritura sobre el contenido de grasa
3. Determinar el tiempo de vida útil de las papas fritas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Papa (*Solanum tuberosum* L.)

La planta de papa es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce tubérculos, la papa, con un abundante contenido de almidón, que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz (FAO, 2008).

2.1.1. Clasificación taxonómica

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

Tipo: Spermatophyta

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotiledónea

Orden: Tubbiflorae

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).

Algunas de las características generales de la papa variedad Canchán. También llamada rosada por el color de su cáscara, 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). En la Figura 1. se muestra una imagen de la papa variedad Canchán.

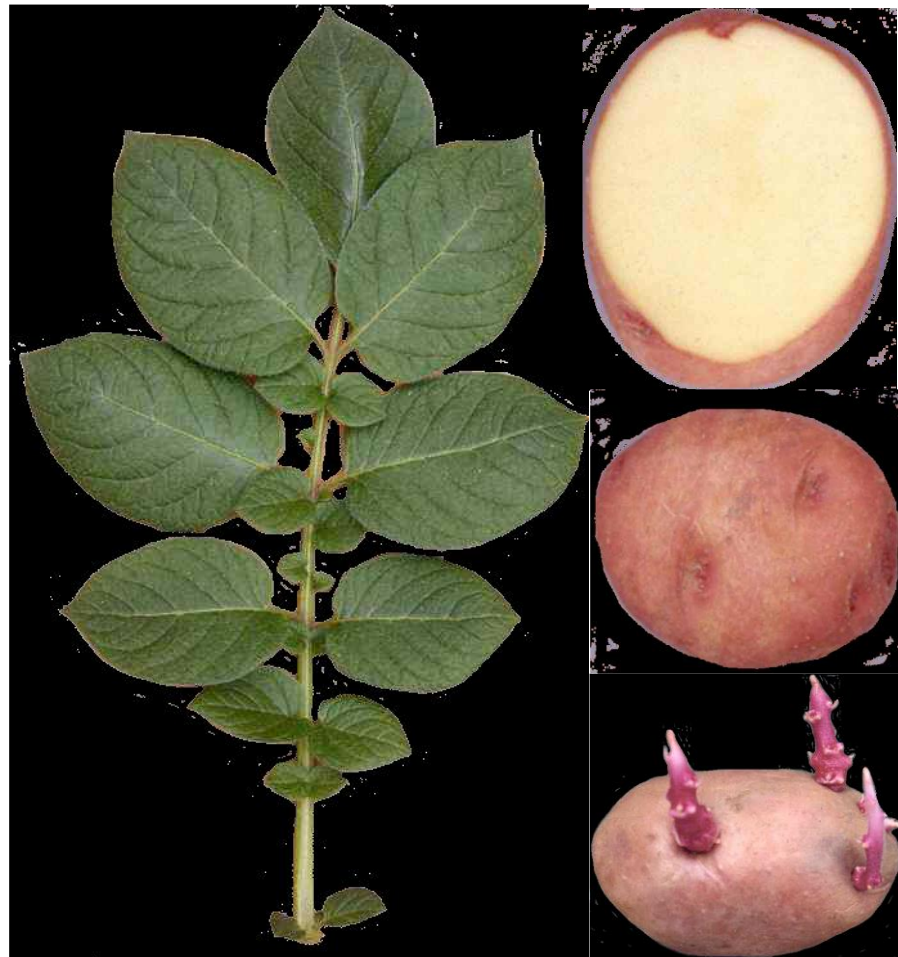


Fig. 1. Papa variedad Canchán (INIA, 2012).

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 ³
Color del tallo	: Verde claro
Color de la flor	: Lila; escasa floración
Forma	: Redondo

2.1.3. Composición química de la papa

En la Tabla 1, se menciona el contenido de nutrientes de la papa fresca en diferentes variedades, la humedad representa la mayor parte del contenido de la papa representando entre 68.20-80.0%, los carbohidratos son el nutriente más abundante, después de los sólidos totales constituyendo entre 14.70 - 27.95%, los lípidos no tienen importancia desde un punto de vista cuantitativo es de 0.1 % que se encuentran mayoritariamente en la piel, la fibra alimentaria representan desde 0.34% - 2.20% y las cenizas representan cerca de 1.0% del total de papa (Quilca, 2007; Obregón & Repo, 2013).

Tabla 1: Composición fisicoquímica de variedades de papa fresca (100g).

Nutrientes	papa	Peruanita	Amarilla Runtus	Huayro	Huamantanga
Peso específico (N/m ³)	---	1.15	1.11	1.09	1.08
Sólidos totales	20.00 %	27.90 %	31.80%	24.60%	22.98%
Humedad	80.00 %	72.10%	68.20%	75.40%	77.02%
Proteínas (*)	2.00 %	2.94%	2.33%	1.66%	2.30%
Grasa	0.10 %	0.07%	0.07%	0.09%	0.08%
Cenizas	1.00 %	0.98%	0.71%	0.89%	0.87%
Fibra cruda	2.20 %	0.47%	0.74%	0.44%	0.34%
Carbohidratos	14.70 %	23.44%	27.95%	21.52%	19.39%
Almidón	---	23.01%	26.20%	20.02%	17.50%
Azúcares Red.	---	0.50%	0.51%	0.37%	0.38%
Vitamina C (mg/100ml)	18.00	10.81	16.19	8.90	7.85
acidez	---	0.06 %	0.09 %	0.03%	0.05%
pH	---	6.90	6.60	6.30	6.70
Valor calórico (***)	---	106.15	121.75	93.53	87.48

- Factor de proteína =6.25, *** valor expresado en kilocalorías

Fuente: (Quilca, 2007; Obregón & Repo, 2013)

La composición química de la papa, puede variar sustancialmente por muchos factores como por los genes de cada variedad, condiciones del cultivo (calidad de la semilla, tipo de suelo, fertilizantes, temperatura, humedad, luz), grado de madurez, condiciones de almacenamiento y procesamiento (Quilca, 2007).

En cuanto a las características de calidad determinantes para el procesamiento de la papa, son la calidad externa del tubérculo y la calidad interna. La calidad interna de la papa está asociada al color de la pulpa, el contenido de sólidos totales, el porcentaje de azúcares reductores, la susceptibilidad al pardeamiento enzimático, a las manchas negras y la decoloración después del cocido. Para el procesamiento industrial una de las características más importantes es el contenido de sólidos totales, donde se requiere un valor $>20\%$. Los sólidos totales están relacionados principalmente con un porcentaje de almidón alto, con alrededor de 60-80% de los sólidos totales. Otro de los componentes con gran influencia, son los azúcares reductores que es de gran importancia en la fritura, ya que el contenido de estos azúcares se correlaciona con el grado de oscurecimiento no enzimático que se desarrolla durante el calentamiento. Para una buena calidad de papas pre fritas congeladas y papa tostada se recomienda contenidos de azúcares reductores $\leq 0,30\%$ (Hasbun *et al.*, 2009).

Dos importantes cualidades de cada variedad, determinan el mejor modo de preparación de las papas. Estas son: el contenido de fécula y contenido de humedad (Washington State Potato Commission, 2007).

Las papas altas en almidón/bajas en humedad, son descritas como altas en sólidos totales, tienen un contenido promedio entre 20-23 por ciento de sólidos y son las mejores para hornear, hacer puré y freír. Esto se debe a los grandes gránulos de almidón que absorben la humedad interna mientras se cocinan, después se expanden y revientan, creando la textura harinosa que da como resultado esponjosas papas horneadas, purés bien cocinados y Papas a la Francesa crujientes por fuera y esponjosas por dentro. Estas variedades, son las preferidas para hacer Papas a la Francesa porque el almidón en la superficie se expande con el calor y seca la superficie al tiempo que absorbe el agua de la papa dando una capa crujiente e interior esponjoso. Las papas de bajo-medio contenido de almidón/alta-media humedad son las preferidas para hervirse, aunque pueden freírse pero no quedan firmes porque la humedad interna se convierte en vapor mientras se

cocinan, además tiene que vigilarse la absorción del aceite mientras se fríen (Washington State Potato Commission, 2007).

2.1.4. Uso de la papa

Una vez cosechada, la papa se destina a diversos fines. En realidad, las papas que se consumen frescas son menos del 50 por ciento de la producción mundial. Con el resto se obtienen alimentos e ingredientes alimentarios industriales, piensos para ganado ovino, porcino y las aves de corral, almidón para la industria y tubérculos semilla para la siguiente cosecha (FAO, 2008).

El consumo mundial de papa está cambiando de papa fresca a productos procesados, como papas tostadas (hojuelas de papa fritas), pre fritas, congeladas y deshidratadas (Hasbun et al, 2009).

La papa en tiras que se usa para pollerías son las variedades Diacol Capiro, Canchán, Perricholi, Única y Serranita. Aunque hay algunas pollerías exclusivas que usan variedades nativas Amarilla Tumbay y Huamantanga. La cantidad de papa industrial (de las variedades Kennebec, Atlantic, Russet Burbank) que se importa de Holanda y Bélgica para papas fritas en bastones, se estima que significa el 3.3 % de la producción de papa que se usa para pollerías, el resto de papa, 96.7% es papa peruana (MINAGRI, 2013).

2.2. Fritura

La fritura por inmersión es uno de los métodos de cocción más antiguo y popular para obtener un producto con un sabor y textura únicos (Rimac et al, 2004). Además puede definirse como un proceso de cocinado de alimentos mediante su inmersión en un fluido comestible (aceite). El proceso de fritura se realiza a altas temperaturas en tiempos cortos (algunos minutos), estas temperaturas de fritura oscilan entre 130 – 190 °C (Brennan, 2008).

La temperatura usada para la fritura es determinada principalmente por requerimientos del producto y consideraciones económicas. A temperaturas altas, los tiempos de procesamiento son reducidos y el grado de producción por lo tanto incrementado. El tiempo tomado por el alimento para estar completamente frito depende de muchos factores como el tipo de alimento, la temperatura del aceite, el geometría del

alimento, el método de fritura (superficial o profundo) y los cambios requeridos en las características del alimento (Fellows, 2000).

Esta operación compleja representa un proceso que implica varios cambios químicos y físicos, incluyendo la gelatinización del almidón, desnaturalización de proteínas, vaporización del agua, formación de la corteza, transferencia de calor y transferencia de masa de manera simultánea. Esta operación se caracteriza por la migración del aceite hacia el producto, así como también la migración de agua del producto hacia el medio de fritura (aceite) (Rímac *et al.*, 2004).

En el alimento frito los principales cambios son pérdida de humedad, cambio en el color, la formación de costra, desarrollo de texturas firmes, desarrollo de sabor y aroma a freído (Ortiz, 2012).

2.2.1. Aceites utilizados en el proceso de fritura

El proceso de fritura usa aceites y grasas como medio de transferencia de calor al producto, los alimentos pueden freírse en una amplia variedad de aceites vegetales (maíz, girasol, semilla de soya, etc.), grasas animales o una mezcla de ellos. (Brennan, 2008). Las especificaciones básicas para un aceite de fritura se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Especificaciones básicas para el aceite

CRITERIO	ESPECIFICACION
Color (unidades lovibond rojo)	2.0 máx., claro
Gusto	Ninguno
Flavor – sabor	Ninguno
Ácidos grasos libres	0.1% máx.
Índice de peróxidos	1-2 meq O ₂ /kg
Punto de humo	200-220 °C
Humedad	0.05-0.1% máx.
Ácido linoleico	2-3% máx.

Fuente: Dobarganes, Velasco & Marquez (2002).

2.2.2. Tipos de fritura

El proceso de fritura se puede clasificar atendiendo a varios criterios; así según (Lercker & Carrasco, 2010) la fritura puede ser:

- a) **Superficial:** en un recipiente más o menos plano, tipo sartén o con bajo nivel de aceite, donde parte del alimento queda fuera del baño de fritura. La parte sumergida se fríe y la parte externa se cuece por efecto del vapor interno generado al calentarse.
- b) **Profundo:** al sumergir totalmente el alimento en el baño de fritura, normalmente en una freidora o en recipientes con nivel alto de aceite. La fritura es uniforme en toda la superficie este sistema es más frecuente en las frituras industriales, en las que se controla mucho más el proceso y la calidad del proceso y, por tanto, es difícil que se lleguen a acumular sustancias peligrosas en el producto final.

2.2.3. Fases del proceso de fritura

En cuatro fases se puede dividir el proceso de fritura según (Lercker & Carrasco, 2010) las cuales son:

- 1) **Calentamiento inicial (Initial heating):** el alimento, a una temperatura muy inferior a la del aceite, es inmerso en la grasa. La temperatura de la superficie del alimento empieza a aumentar a causa del calentamiento debido a la convección natural. En esta breve fase, que dura unos pocos segundos, no se da la evaporación del vapor acuoso del alimento.
- 2) **Ebullición superficial (Surface boiling):** la temperatura de la superficie del alimento alcanza la temperatura de ebullición del agua que inicia a evaporarse. Las burbujas modifican la convección natural. En esta fase se empieza a formar la costra por la deshidratación de la parte superficial del alimento.
- 3) **Periodo de velocidad decreciente (Falling rate):** el agua no alcanzada, que está situada en el interior del alimento, se calienta; la temperatura del interior aumenta y el alimento empieza a cocerse, desprende más vapor acuoso y la parte de costra se hace más gruesa. El espesor de la costra depende de la conductividad térmica de la misma, de la temperatura del aceite, del contenido de agua y también de la

conductividad térmica del interior del alimento. Un aumento en la temperatura del aceite se refleja en un aumento del espesor de la costra.

- 4) **Punto final de burbuja (Bubble end point):** disminuye hasta detenerse la evaporación del agua, mientras la temperatura superficial, que hasta este momento se había detenido a punto de ebullición del agua, crece y existe el riesgo de que el alimento se queme en la superficie.

2.2.4. Proceso de degradación del aceite

El deterioro del aceite depende de varios factores: el tipo de proceso de freído, la temperatura, la intermitencia entre enfriar y calentar, el grado de insaturación del aceite utilizado, el alimento, la luz, el mantenimiento del equipo de freído y el uso de filtros. Los factores que causan los cambios en la estructura del aceite durante el freído y, por lo tanto, su degradación, son: la humedad del alimento, que da lugar a alteraciones hidrolíticas; el oxígeno atmosférico, que entra al aceite produciendo reacciones oxidativas; las altas temperaturas (mayores a 90°C), que causan alteración térmica; y la contaminación por ingredientes del alimento (Fernandez, 2010).

La calidad del aceite y del alimento frito pasa a través de una fase óptima. Después, la calidad y el sabor de ambos comienzan a declinar. Las reacciones químicas alteran la estructura química de las moléculas de aceite y los ácidos grasos insaturados son los más afectados (Ortiz, 2012). Los métodos que se utilizan para medir la degradación de grasas y aceites son el índice de peróxido, el índice de yodo, el índice de acidez, la viscosidad, el porcentaje de polímeros y el porcentaje de compuestos carbonilos, entre otros (Fernandez, 2010).

Con el aumento de la temperatura se aceleran todos los procesos químicos y enzimáticos. Por lo tanto, una grasa o aceite calentados se degradan con bastante rapidez, sobre todo si hay residuos que potencian las reacciones de alteración actuando como catalizadores. Los principales cambios y alteraciones químicas que los aceites calentados pueden sufrir según (Lercker & Carrasco, 2010) son:

a) **Hidrolisis de la sustancia grasa**

Se produce en presencia de agua o humedad y calor, que provocan la ruptura del enlace éster de los triglicéridos, los cuales se descomponen en monoglicéridos y

digliceridos y aparecen ácidos grasos libres y, en menor cantidad, se pueden formar metilcetonas y lactosas. Los ácidos grasos libres además es un factor negativo, pues favorece la formación de humo, con el consecuente efecto de “agrio”. Dado que la acidez libre es capaz de catalizar la hidrólisis en si misma, la presencia del agrio provoca un ulterior agriamiento, causando un aumento que es exponencial en el tiempo. La fritura se caracteriza en general por una fuerte hidrólisis de los glicéridos, principalmente triacilgliceroles, y una modesta oxidación. Este efecto se debe al vapor de agua que sale del producto que se está cocinando que atraviesa el aceite a temperatura elevada y lo hidroliza poco a poco. El vapor que emana de la superficie del baño de fritura mantiene una capa en la superficie que no permite el contacto con el aire (Lercker & Carrasco, 2010).

b) Oxidación de la sustancia grasa

La oxidación transcurre a través de reacciones en cadena, en el cual intervienen los radicales libres y el oxígeno. Un primer tipo de compuestos derivados de la oxidación de los ácidos grasos insaturados y de otras moléculas insaturadas son los hidroperóxidos que son los compuestos de oxidación primaria más característicos y abundantes. A las temperaturas de fritura, la oxidación de los ácidos grasos depende de la concentración de oxígeno en estas grasas calentadas, convirtiéndose la disponibilidad del oxígeno en un factor limitante. Por ello, a temperatura de fritura, los hidroperóxidos existen de una forma transitoria debido a su baja termo estabilidad y se descomponen en productos volátiles y no volátiles (Lercker & Carrasco, 2010). Los dos mecanismos que han sido postulados para la oxidación a altas temperaturas de las grasas insaturadas son:

- **Descomposición térmica:** por interacción entre radicales libres, cuando los ácidos grasos insaturados son continuamente calentados a elevadas temperaturas.

Descomposición inducida a través de la formación de hidroperóxidos: a partir de ácidos grasos insaturados cuando son sujetos a calentamiento intermitente. Bajo estas condiciones, los hidroperóxidos se acumulan a bajas temperaturas contribuyendo a la formación de radicales cuando los aceites son recalentados; por ello se considera la fritura discontinua más destructiva que la fritura continua.

c) Polimerización de la sustancia grasa

Otro de los cambios químicos que pueden observarse en los aceites calentados es la polimerización. Los radicales libres tienden a combinarse entre ellos o con otros ácidos grasos y forman compuestos lineales, más o menos largos y ramificados, o compuestos cíclicos, especialmente en caso de que existan dobles enlaces. Estos polímeros, al ser de mayor tamaño y peso molecular, tienden a aumentar la viscosidad del aceite lo que, por un lado, favorece la formación de espuma y por lo tanto, la oxidación; además, producen un arrastre mayor de aceite por parte del producto frito debido a que gotea con más dificultad. A nivel industrial, el indicador de grado de oxidación del aceite de fritura usado es la cantidad de ácidos grasos libres en el mismo. Un aceite se considera usado cuando el porcentaje de ácidos grasos libres es mayor a 0,5% pero se han hecho ensayos con aceites con un nivel de ácidos grasos libres del 2% y no se vieron afectadas las propiedades organolépticas de los alimentos hasta que se comenzó a oxidar con el aire (Lercker & Carrasco, 2010).

2.2.5. Papel del agua contenida en los alimentos sometidos a fritura

El agua contenida en los alimentos sometidos al proceso de fritura tiene un papel protagonista según (Lercker & Carrasco, 2010) durante el proceso.

- Al evaporarse crea una interface entre el aceite y el alimento
- Retira energía térmica del aceite caliente que envuelve el alimento bajando la temperatura y evitando que el alimento se queme o carbonice; cuando el agua deja de evaporarse, la costra se sobrecalienta y corre el riesgo de quemarse, mientras que, a causa de la presencia del agua en el interior, que no se puede evaporar, el corazón del alimento generalmente no supera los 100 ° C aprox.
- El agua, además es el principal responsable de la cocción de la parte interna del alimento (es importante también la conductividad térmica y el calor específico de la parte sólida del mismo).

2.2.6. Papas fritas

Las papas fritas son nombradas de diferentes maneras dependiendo del lugar, algunas las llaman solo papas fritas, papas fritas en forma de bastones, papas fritas en tiras, otras las conocen como papas fritas a la francesa (french fried potatoes), sin

embargo el termino más utilizado y posiblemente adecuado es las “papas fritas a la francesa”, debido a que su origen se le adjudica a Francia, aunque sigue siendo cuestionado. Se conocen como papas fritas a la francesa a las piezas de papa sometidos a un proceso de fritura por inmersión, principalmente a trozos con forma de bastón obtenidos ya sea de la papa en fresco o bien, procesada, como en el caso de los bastones de papa pre frita congelados, con cortes de entre 70 y 80 mm de largo aproximadamente y 11 mm de grosor. Además las patatas fritas se sirven calientes, ya sea suave o crujiente, y generalmente se comen como parte del almuerzo o la cena o por ellos mismos como un aperitivo, y aparecen comúnmente en los menús de comida rápida restaurantes (Moya, 2011).

2.3. Osmodeshidratación

La Osmodeshidratación (OD) también denominada deshidratación osmótica es una técnica que, aplicada a los productos hortofrutícolas, permite reducir el contenido de humedad e incrementar el contenido de sólidos solubles. En este proceso, el producto es puesto en contacto con una solución concentradas de alcohol, sales y/o azúcares, a un tiempo y temperatura específicos. Esta extracción se debe a la fuerza impulsora que se crea por la alta presión osmótica de la solución o por el gradiente de concentración entre la solución osmótica y el sólido a deshidratar (Villada, Villada, & Mosquera, 2009).

La osmodeshidratación de alimentos esta englobada por dos tipos de transferencia de masa: la primera es la difusión del agua del alimento a la solución y la segunda la difusión de solutos de la solución al alimento. En el primer tipo, la fuerza conductora de la transferencia de masa es la diferencia de presión osmótica, mientras en la segunda es la diferencia de concentraciones (Barbosa & Vega, 2000). Asimismo más específicamente ocurren tres flujos continuos de masa durante la osmodeshidratación (1) un flujo de salida de agua desde el alimento hacia la solución, (2) un flujo del soluto desde la solución hacia el alimento y (3) una lixiviación de solutos propios del alimento (azúcares, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas que forman parte del sabor, el color y el olor), no necesariamente en dicho orden (Bekele & Ramaswamy, 2010). Dicho flujo ocurre debido a una osmosis que consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución de menor concentración de cierto tipo particular de moléculas (Barbosa & Vega, 2000).

La pérdida de agua por parte del alimento, en el proceso de secado osmótico se puede dividir en dos períodos: (1) un período, de alrededor de 2 horas, con una alta velocidad de eliminación de agua y (2) un período, de 2 a 6 horas, con una velocidad decreciente de eliminación de agua. De hecho, se ha observado que el flujo neto de azúcares y ácidos nativos del producto hacia la solución osmótica es prácticamente cero en procesos de hasta 10 horas y hay una ganancia muy limitada (hasta un 10% en peso) de azúcares externos (Barbosa & Vega, 2000).

2.3.1. Factores que afectan a la Osmodeshidratación

Los factores que pueden afectar la osmodeshidratación según (Brennan, 2008; Barbosa & Vega, 2000) son los siguientes:

- a. **Naturaleza del Alimento:** La permeabilidad del tejido varía con la madurez, estructura física, condiciones de almacenamiento, compactación de tejido, contenido de sólidos solubles y espacios intercelulares.
- b. **Tipo de solución Osmótica:** El tipo de agente osmótico afecta los parámetros de pérdida de agua y ganancia de sólidos. La selección del soluto o solutos para la deshidratación osmótica está basado en tres factores: (1) características sensoriales del producto, (2) el costo de los solutos, y (3) el peso molecular de los solutos.
- c. **Concentración de la Solución Osmótica:** Los intercambios de masa son favorecidos al utilizar soluciones de alta concentración. En la Tabla 3 podemos observar los agentes osmóticos más utilizados y sus ventajas.

Tabla 3: Usos y ventajas de los agentes osmóticos

Nombres	Usos	Ventajas
Cloruro de Sodio	Principalmente carnes y vegetales. Soluciones hasta 10 %	Gran capacidad de deprimir aw
Sacarosa	Principalmente en frutas	Reduce el oscurecimiento y aumenta la retención de volátiles
Lactosa	Principalmente en frutas	Sustitución parcial por Sacarosa
Glicerol	Frutas y vegetales	Mejora la textura
Combinación	Frutas, vegetales y carnes	Mejora las características sensoriales, combina gran capacidad de depresión de aw de sales, con una gran capacidad de remoción de agua de azúcares

Fuente: Barbosa & Vega (2000).

- d. Temperatura:** La temperatura es un factor importante ya que la transferencia de masa en el proceso se ve afectado por este. Sin embargo las velocidades de deshidratación se incrementan con el aumento en la temperatura, por arriba del 49°C se inicia el oscurecimiento enzimático y el deterioro del sabor.
- e. Tiempo de Proceso:** El incremento en el tiempo de contacto de la solución con el alimento da como resultado una deshidratación más efectiva. Se ha observado que en las primeras 2 horas del proceso, las velocidades de pérdida de agua y ganancias de sólidos son altas, a partir de las siguientes horas las velocidades sufren una dramática disminución.
- f. Aditivos en la solución osmótica:** Algunos aditivos contribuyen a mejorar la calidad del producto final; como la adición de calcio en la solución ya que permite mejorar la textura del producto. También, la inclusión de 0.5-2% de sal en la solución puede aumentar la velocidad de osmosis.
- g. Geometría del producto:** La geometría, el tamaño y la forma del producto influyen en el proceso de deshidratación osmótica. Trozos pequeños de alimento se concentran más rápido, debido a la mayor área superficial además el agua tiene una corta distancia para viajar del interior de la pieza de alimento hacia la superficie.

h. Relación producto/jarabe y agitación de la solución: manifiesta que se emplean proporciones de 1:4 a 1:5. A menor relación peso del alimento/solución, mayor es la pérdida de agua y la ganancia de sólidos. La agitación periódica del sistema produce un aumento de la deshidratación; a medida que avanza el tiempo de contacto de alimento con el jarabe este se rodea de su propia agua, la cual se va difundiendo lentamente por el jarabe concentrado; provocando que la diferencia de concentraciones entre jarabe y la pared celular se haga menor. Una mezcla vigorosa podría provocar daño en la célula; para ello se podría mejorar la velocidad de secado recirculando la solución del tanque por medio de una bomba.

2.3.2. Transferencia de masa.

El proceso de OD se caracteriza por periodos dinámicos y periodos de equilibrio. En el periodo dinámico, las velocidades de transferencia de masa varían hasta alcanzar el equilibrio donde la tasa neta de transporte de masa es cero. La cinética del proceso de OD está determinada por la aproximación al equilibrio, estas velocidades de difusión están controladas usualmente por el transporte de humedad en el producto y por la estructura de la fruta (porosidad). El agua puede difundirse más fácilmente que los solutos a través de la membrana celular (Ochoa & Ayala, 2005).

Sin embargo, dada la complejidad del sistema, no se conocen relaciones matemáticas que permitan predecir de manera óptima las variables de proceso para unas variables de respuesta dada. En general, los indicadores para dicha selección, de acuerdo a la aplicación final, son los cambios de las propiedades organolépticas y los valores de pérdida de agua y ganancia de sólidos que se determinan experimentalmente. Esta dificultad, hace que en la mayoría de los casos, se interprete la información experimental bajo esquemas empíricos o semiempíricos que son válidos solamente para reproducir condiciones semejantes a las del trabajo del cual se obtuvieron. La metodología que se utiliza es la correlación directa de la pérdida de agua y la ganancia de sólidos con algunas variables de proceso o el planteamiento de un ajuste polinómico, sin embargo, estos métodos no permiten la extrapolación más allá del rango experimental, necesitan un alto número de parámetros que no tienen significado físico, o no siempre generan un buen coeficiente de correlación (Ochoa & Ayala, 2005).

La velocidad de osmodeshidratación, con frecuencia ha sido analizada en términos de velocidades de pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos del alimento (Yanqui & Maquera, 2010; Chavarro, Ochoa & Ayala, 2006).

La evolución de la transferencia de masa durante el proceso de osmodeshidratación es monitoreada a través de la variación en el tiempo de la pérdida de peso (PP); contenido de sólidos totales (ST); la pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (SG). Según (Della & Mascheroni, 2011) las ecuaciones se detallan a continuación:

$$PP(\%) = \left[\frac{m_0 - m_f}{m_0} \right] \times 100 \quad (1)$$

m_0 : Masa inicial de muestra de papa fresca

m_f : Masa de muestra deshidratada osmóticamente a tiempo t.

$$ST(\%) = \left[\frac{m_s}{m_0} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$H(\%) = 100 - ST(\%) \quad (3)$$

m_s : Masa de muestra seca para determinado tiempo, t

H (%) : porcentaje de humedad para determinado tiempo, t

$$PA(\%) = \left[\left(1 - \frac{ST_0}{100} \right) - \left(1 - \frac{ST}{100} \right) \left(1 - \frac{PP}{100} \right) \right] \times 100 \quad (4)$$

ST_0 : contenido de sólidos totales iniciales

ST : contenido de sólidos totales para determinado tiempo, t

$$GS(\%) = \left[\left(1 - \frac{PP}{100} \right) \frac{ST}{100} - \frac{ST_0}{100} \right] \times 100 \quad (5)$$

En la Figura 2, se muestra la curva de velocidad de osmodeshidratación, en función a la pérdida de peso en porcentajes en su respectivo tiempo en minutos. Dicho modelo según (Spiazzi & Mascheroni, 2001).

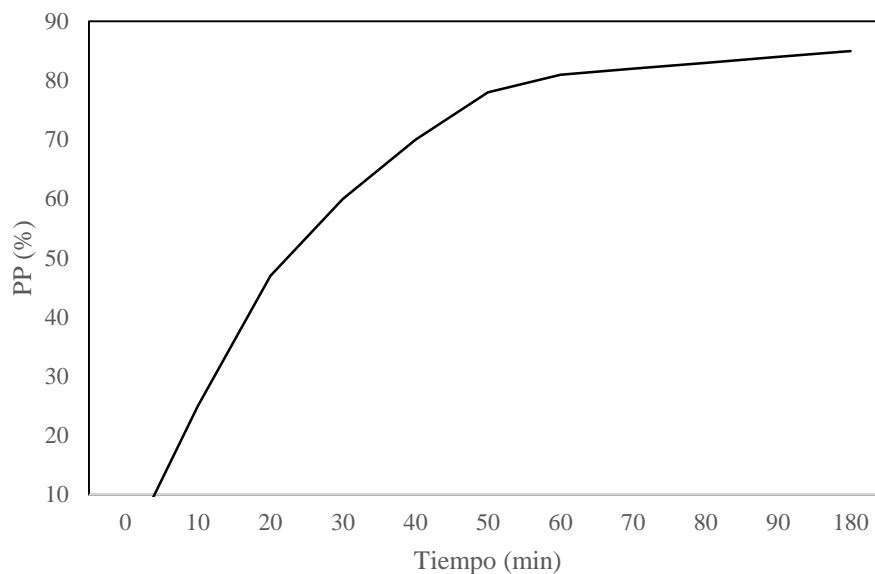


Fig. 2. Modelo de curva de velocidad de secado para proceso de osmodeshidratación

En lo que se refiere a los mecanismos de transferencia de masa, pueden presentarse

- Mecanismos dependientes del gradiente de concentración que incluyen los mecanismos osmóticos y Fickianos, y que se afectan principalmente por la permeabilidad de la membrana a los diferentes componentes.
- Mecanismos dependientes del gradiente de presión, que son los mecanismos hidrodinámicos (HDM) que son inducidos por la aplicación de vacío o por las tensiones liberadas en el proceso de relajación y que están condicionados por la estructura del alimento (porosidad).
- Mecanismos de vaporización-condensación cuando se trabaja a presiones cercanas a la presión de vapor.

2.3.3. Aplicaciones de la osmodeshidratación

La principal aplicación del proceso de osmodeshidratación en la industria alimentaria es como pre tratamiento a otros procesos de conservación de materiales biológicos, con el propósito de mejorar la calidad de los productos terminados, reducir el tiempo de proceso y ahorrar energía. Además de su utilización como pre tratamiento, la OD tiene otras aplicaciones en la producción de materia prima para ser incorporada como ingrediente en productos de frutas tales como jaleas, mermeladas, helados, lácteos y confitados, todo lo cual le abre una excelente posibilidad para el aprovechamiento y la exportación de fruta (Ramos, Valdivia, & Montañez, 2012).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de Pos cosecha, Biotecnología Agroindustrial y Evaluación Nutricional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

3.2. Materia prima

Para la realización de este trabajo se utilizó papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchán, la cual fue validada por el INIA Puno (ver anexo 7).

3.3. Equipos y Materiales de laboratorio

Equipos

- Baño maría MEMMERT
- Brixometro marca HANNA de 0-80 °Brix
- Estufa eléctrica MEMMERT UN 55
- Balanza analítica KERN ABC max 220g
- Selladora manual de impulso electrónico tipo cizalla para sellado de bolsas de polietileno, polipropileno y aluminizadas.
- Termómetro HERMOMELER (-50-300°C)
- Freidora eléctrica de dos canastillas de capacidad de 2 litros
- Equipo para extracción soxhlet con cuerpo extractor de 500 ml de vidrio borosilicato

Materiales

- Cuchillo; marca tramontina, con una cuchilla de acero y mango de madera
- Picadora de papas vertical; cubeta de acero inoxidable, con cuchillo cuadrado, la pieza cortada trae una medida de 10 mm de cada lado.
- Probeta 100ml \pm 1ml
- Vaso precipitado de 150 ml \pm 0.1ml
- 13 Recipientes de plástico de 190 ml de capacidad

- Toallas absorbentes doble hoja marca Scott
- Envase: fundas metalizadas
- Papel filtro n° 40
- Varillas de agitación, material de vidrio
- Matraces de 250 ml
- Pipetas 1ml, 5 ml, 10ml, 25ml
- Rollos de papel de aluminio
- Tabla de picar de polietileno color blanco
- Lunas de reloj de vidrio de 100 mm de diametro
- Placas Petri sin división de poliestireno cristal, de 50 x 10 mm

Reactivos

- Éter de petróleo para analisis de 40-60°, 1L
- Cloroformo; Chloroform for analysis CHCl_3 , 67-66 cloroform, ethan 64-17, 2.5l
- Ácido acético glacial (CH_3COOH) PM 60.05 99.9% 2.5 L
- Tiosulfato de sodio penta hidratado: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 – 0.01 N (valorada)
- Almidón soluble extra puro, solido de color blanco con una solubilidad de 50g/L (90°C) de uso para laboratorio
- Yoduro de potasio (IK)

Insumos

- Cloruro de sodio (sal yodada de mesa al 99% de pureza, de laboratorio Merk): se utilizó como soluto deshidratante a diferentes concentraciones.
- Aceite vegetal (mezclas de aceite soya, girasol y algodón) marca cocinero fabricado por alicorp S.A.A.

3.4. Metodología

3.4.1 Metodología experimental

Las operaciones seguidas para la elaboración de papa osmodeshidratada frita se utilizaron cuatro pre tratamientos T1 (2% cloruro de sodio), T2 (5% cloruro de sodio), T3 (8% cloruro de sodio) y T4 (10% cloruro de sodio), se describen a continuación en el diagrama de flujo presentado en la Figura 3.

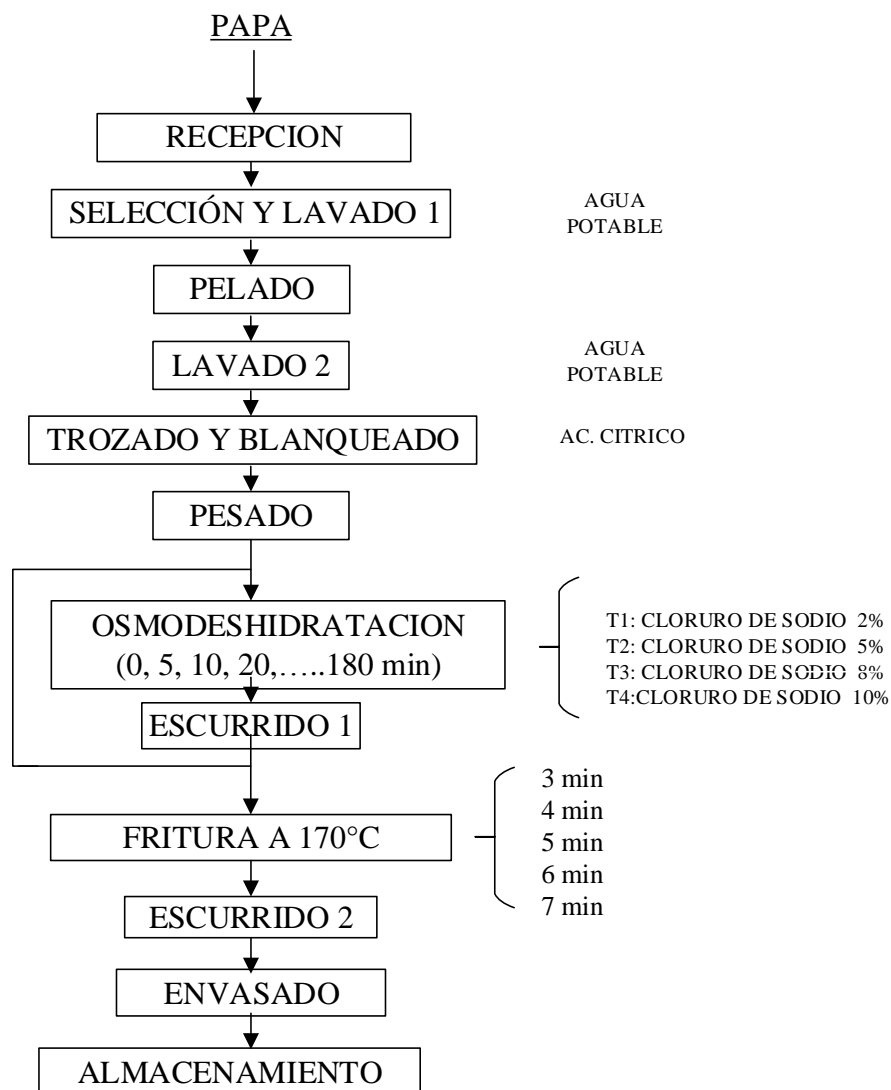


Fig. 3. Diagrama de flujo de papa osmodeshidratada frita

Fuente: (Della & Mascheroni, 2011; Ugarte, 2006)

Procedimiento

1. **Recepción:** Se recepcióna papa variedad Canchán, tamaños medianos, y seleccionados libre de daños físicos.
2. **Lavado 1 y selección:** se seleccionó las de tamaño homogéneo, sin daños físicos posteriormente se realizó una limpieza con bastante agua potable la parte exterior, para quitar el resto de tierra u otros residuos, hasta que el agua este clara.
3. **Pelado:** Se realizó un pelado manual con cuchillo, para quitar la cascara.
4. **Lavado 2:** Posteriormente se le realizo un lavado con agua potable para eliminar restos de almidón.

5. **Trozado y blanqueado:** Las papas con la ayuda de una maquina picadora se obtuvo trozos en forma de paralelepípedo que son conocidos como papas en tiras con una medida de 10 mm de grosor y 30 mm de largo aproximadamente cada una. Y se sumergió en una solución de ácido cítrico al 3% por 5 minutos para evitar en pardeamiento enzimático.
6. **Pesado:** Se pesó la cantidad adecuada de papa picada, para los posteriores tratamientos, se pesaron 195 g de papa trozada para cada tratamiento. En total se empleó 13 kg de papa trozada.
7. **Osmodeshidratación:** se trabajó a una relación de 4:1 (4 masas de solución y 1 masa de papa). Para los cuatro pre-tratamientos T1 (2% cloruro de sodio), T2 (5% cloruro de sodio), T3 (8% cloruro de sodio) y T4 (10% cloruro de sodio), se preparó en 4 recipientes de 1000 ml, 780 ml de soluciones de cloruro de sodio a diferentes concentraciones con tres repeticiones, se dividieron en 13 cubetas de 190 ml con 60 ml de cada solución a los que se colocaran 15 g de papa troceada. Para determinar la velocidad de osmodeshidratación se controló el peso, contenido de humedad y ganancia de sólidos de la muestra en intervalos de tiempo de 5 minutos (primera medición) y 10 minutos para las mediciones posteriores hasta llegar a los 180 minutos donde se concluyó el proceso.
8. **Escurrido 1:** al acabar el proceso de osmodeshidratación, las papas inmersas en la solución, se las enjuago con agua destilada, se escurrió, se dejó orear por 5 minutos y se utilizó papel absorbente para desprender el agua superficial de las papas trozadas osmodeshidratadas, posteriormente se pesaron para analizar como variaba la pérdida de peso, ganancia de sólidos en función al tiempo y luego se separaron 5g para determinar el porcentaje de humedad de las muestras en estufa. En esta etapa del proceso se pudo determinar el tiempo necesario para lograr perder un peso significativo y un menor contenido de humedad, por lo que se elige el mejor tiempo de osmodeshidratacion para todos los pre-tratamientos, para las posteriores operaciones
9. **Fritura:** se realizó en una freidora eléctrica de dos bandejas, con una relación de papa y aceite (relación de 1:6) respectivamente, sometiendo las papas a inmersión en aceite vegetal 100% de girasol a una temperatura controlada de $170^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, el tiempo de fritado fueron 3, 4, 5, 6 y 7 minutos donde el burbujeo del aceite disminuía, lo cual indicaba que ya no había agua disponible.

- 10. Escurrido 2:** luego de finalizar el proceso de fritura se extrajo la canastilla para dejar escurrir el aceite superficial para eliminar las últimas gotas de aceite, y dejarlo enfriar y orear por 10 minutos sobre papel absorbente. Posteriormente se colocaron 15 g de papa frita en estufa para determinar el contenido de grasa. En esta etapa del proceso se pudo determinar con una evaluación sensorial el tiempo aceptable para el fritado de papa, por lo que se pudo determinar el tiempo de fritura, para todos los pre-tratamientos, para las posteriores operaciones.
- 11. Envasado:** Las papas osmodeshidratadas fritas y la papa frita control luego se envasaron en envases de funda metalizada con un contenido de 15g cada una. se volvió a realizar el proceso de osmodeshidratacion y fritado en cantidades solo a los mejores tratamientos más la muestra control para posteriores operaciones y se los envasaron.
- 12. Almacenamiento:** posteriormente se almaceno a temperatura ambiente (15°C) y se analizó índice de peróxidos cada día, por tres veces a las dos muestras.

3.4.2 Métodos de análisis

A.) Análisis químico

A.1) Determinación de humedad.- Se realizó por desecación a estufa a 65°C con una muestra de 5 gramos, hasta lograr peso constante durante 12 horas. 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 (AOAC, 1990; Ugarte, 2006).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso total} - \text{peso final}}{\text{peso muestra}} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

Peso total= peso placa +peso muestra húmeda

Peso final=peso placa + peso muestra seca

A.2) Determinación de grasa.- Se procedió mediante el método Soxhlet, para lo cual se pesó 2 gramos de muestra, se empaquetó en un papel filtro Whatman N° 2, se colocó el paquete en el cuerpo del aparato Soxhlet, libre de humedad y luego se agregó éter de petróleo. Seguidamente se conectó a una fuente de calor, al calentarse se evaporo y ascendió a la parte superior del cuerpo del Soxhlet, allí se condensa por refrigeración y el éter cayó nuevamente sobre la muestra,

regresando al balón por sifón. Se evaporó el éter de petróleo remanente en la muestra empaquetada en una estufa a 60°C y enfrió en una campana. Los cálculos se realizaron con la siguiente ecuación (AOAC, 1990; Ugarte, 2006).

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(\text{peso del papel + muestra}) - (\text{peso final})}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad (7)$$

A.3) Sólidos solubles totales (°Brix).-Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron en el sobrenadante de 10 g de muestra de papa triturada. Se colocaron dos gotas del sobrenadante del material centrifugado sobre el prisma del refractómetro y se tomó la lectura después de 1 min. en °Brix (Salazar, Zambrano, & Valecillos, 2008).

A.4) Materia seca o solidos totales (%).-El contenido de materia seca se determinó por medio de secado de la papa, luego se cortaron, se pesaron (peso inicial) y posteriormente fueron introducidas en la estufa a 65 °C hasta llegar a peso constante (Salazar, Zambrano, & Valecillos, 2008).

El porcentaje de materia seca se obtuvo mediante la siguiente formula.

$$\text{MS}(\%) = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad (8)$$

A.5) Determinación de índice de peróxidos.- se pesó 5 gramos de muestra en un matraz, se le añadió 30 ml de una mezcla de cloroformo y ácido acético (2:3) en baño maría y se agito hasta la dilución de la grasa, agregar 1 ml de solución saturada de yoduro de potasio y dejar en oscuridad por 5 minutos. Al cabo del tiempo se agregó 30 ml de agua destilada tibia y se agita, luego se agrega 1 ml de indicador de almidón al 1%, luego titular con tiosulfato de sodio al 0.01 N. Para el caso del blanco, se hizo el mismo procedimiento, sin muestra (AOAC, 1990; Anco, 2015).

$$\text{Índice de peróxidos} \left(\frac{\text{meq de peróxido}}{1000 \text{ g muestra}} \right) = \frac{(M-B) \cdot N \cdot f \cdot 1000}{m_M} \quad (9)$$

Dónde:

M = ml de $Na_2S_2O_3$ gastados en la titulación de la muestra.

B = ml de $Na_2S_2O_3$ gastados en la titulación del blanco.

N = normalidad de la solución $Na_2S_2O_3$

f = factor de la solución de $Na_2S_2O_3$

m_M = masa de muestra (g).

B.) Análisis sensorial

Se realizó la evaluación sensorial de la papa osmodeshidratada frita, como prueba complementaria, que determina la aceptabilidad de las papas osmodeshidratadas, por 15 panelistas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA-Puno. La prueba consistió en describir 5 muestras de papas fritas frías por tres sesiones, debidamente codificadas acompañado de un vaso de agua, lápiz y sus respectivas cartillas de evaluación, siendo las características evaluadas a los 15 tratamientos: color, textura (crujiente) y sabor (salado), mediante una prueba descriptiva con una escala categorizada de cinco puntos (Ugarte, 2006; Espinoza, 2003) ver en el anexo 5.

Para escoger la mejor muestra de los 15 tratamientos de papas fritas, se aplicó una prueba afectiva, empleando una escala hedónica de 5 puntos (Espinoza E., 2003), ver Anexo 5.

C.) Vida útil

El método utilizado para la determinación de la vida útil de las papas fritas sometidos a pre-tratamiento fue el mencionado por (Luna & Aguilar, 2011). La cinética de deterioro de los alimentos que expreso matemáticamente por medio de ecuaciones de reacción. En esto se considera el tratamiento experimental cuyo indicador será la rancidez oxidativa mediante el índice de peróxido de 10 meq/1000g como máximo.

Para la determinación de vida útil se seleccionó el mejor tratamiento, las muestras de papas fritas se envasaron en funda metalizada y almacenada a $15^{\circ}\text{C} \pm 5$. Se evaluó el índice de peróxido cada día (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 días) (Chatterjee, Bhattacharjee & Bhattacharyya, 2014). Con los datos obtenidos se probaron varios ajustes matemáticos sencillos. Finalmente se eligió el modelo con mejor coeficiente de correlación (r^2) obteniéndose ecuaciones de regresión lineal (reacción de orden cero) teniendo en cuenta que el índice de peróxidos aumenta con relación al tiempo de almacenamiento, utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_f = Q_0 - Kt_u \quad (10)$$

En consecuencia, la vida útil t_u será:

$$t_u = \frac{Q_0 - Q_f}{k} \quad (11)$$

Donde:

- t_u : Tiempo de vida útil
- Q_0 : Valor inicial del atributo de calidad
- Q_f : Valor final del atributo en el tiempo
- k : Constante aparente de reacción

3.5. Análisis estadístico

Para la evaluación de datos se utilizó un DCA (diseño completamente al azar) bajo el experimento factorial, con tres repeticiones por tratamiento y su variabilidad mediante el coeficiente de variabilidad. Asimismo se realizó un análisis de varianza con la finalidad de determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, y la prueba de comparación múltiple Tukey, para precisar la diferencia entre tratamientos (Ibañez, 2009).

3.5.1. Determinación de la velocidad de osmodeshidratación de papa de variedad Canchán

Se evaluó la influencia de cuatro pre tratamientos T1 (2% cloruro de sodio), T2 (5% cloruro de sodio), T3 (8% cloruro de sodio) y T4 (10% cloruro de sodio); y catorce tiempos de osmodeshidratado (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120, 150 y 180 minutos) en la pérdida de peso, el contenido de humedad y la ganancia de sólidos de las muestras obtenidas, usando un diseño completo completamente al azar con un arreglo factorial de 4A x 14B x3 repeticiones (Ibañez V., 2009).

- **Variable de estudio A: pre-tratamientos**
 - T1: osmodeshidratación al 2% NaCl a 40°C
 - T2: osmodeshidratación al 5% NaCl a 40°C
 - T3: osmodeshidratación al 8% NaCl a 40°C
 - T4: osmodeshidratación al 10% NaCl a 40°C
- **Variable de estudio B: tiempo de osmodeshidratado**
 - b1: 0 min
 - b2: 5 min

b3: 10 min

b4: 20 min

b5: 30 min

b6: 40 min

b7: 50 min

b8: 60 min

b9: 70 min

b10: 80 min

b11: 90 min

b12: 120 min

b13: 150 min

b14: 180 min

▪ **Variable de respuesta**

- Pérdida de peso (%)
- Contenido de humedad (%)
- Ganancia de sólidos (%)

Para la comparación se utiliza una prueba TUKEY, realizando una clasificación de los tratamientos, encontrándose el mejor.

3.5.2. Determinación del contenido de grasa en las papas fritas

Se evaluó la influencia de cinco pre tratamientos T1 (2% cloruro de sodio), T2 (5% cloruro de sodio), T3 (8% cloruro de sodio), T4 (10% cloruro de sodio) incluyendo T0 (muestra control) y cinco tiempos de fritura (3, 4, 5, 6 y 7 minutos) en el contenido de grasa de las muestras obtenidas, usando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 5A x 5B x 3 repeticiones (Ibáñez, 2009).

Además para la evaluación sensorial se evaluó tres pre tratamientos (NaCl 0%, NaCl 2% y NaCl 5%,) y cinco tiempos de fritura (3, 4, 5, 6 y 7 minutos) con 15 jueces, usando un diseño bloque completo completamente al azar (Ibáñez, 2009).

- **Variable de estudio A: pre-tratamiento**

T0: osmodeshidratación al 0% NaCl a 40°C (muestra control)

T1: osmodeshidratación al 2% NaCl a 40°C

T2: osmodeshidratación al 5% NaCl a 40°C

T3: osmodeshidratación al 8% NaCl a 40°C

T4: osmodeshidratación al 10% NaCl a 40°C

- **Variable de estudio B: tiempo de fritura**

f1: 3 min

f2: 4 min

f3: 5 min

f4: 6 min

f5: 7 min

- **Variable de respuesta**

- Contenido de grasa (%)

3.5.3. Evaluación sensorial de papas fritas

Como complemento se evaluó la influencia de quince tratamientos en la prueba descriptiva de color, textura (crujiente) y sabor (salado) por 15 jueces, usando diseño bloque completo completamente al azar 15A x 15B, del mismo modo para la prueba afectiva (Espinoza, 2003; Ibáñez, 2009).

- **Variable de estudio A: pre-tratamiento**

S1: osmodeshidratación al 0% NaCl a 3 minutos de fritado

S2: osmodeshidratación al 0% NaCl a 4 minutos de fritado

S3: osmodeshidratación al 0% NaCl a 5 minutos de fritado

S4: osmodeshidratación al 0% NaCl a 6 minutos de fritado

S5: osmodeshidratación al 0% NaCl a 7 minutos de fritado

S6: osmodeshidratación al 2% NaCl a 3 minutos de fritado

S7: osmodeshidratación al 2% NaCl a 4 minutos de fritado

S8: osmodeshidratación al 2% NaCl a 5 minutos de fritado

S9: osmodeshidratación al 2% NaCl a 6 minutos de fritado

S10: osmodeshidratación al 2% NaCl a 7 minutos de fritado

S11: osmodeshidratación al 5% NaCl a 3 minutos de fritado

S12: osmodeshidratación al 5% NaCl a 4 minutos de fritado

S13: osmodeshidratacion al 5% NaCl a 5 minutos de frito

S14: osmodeshidratacion al 5% NaCl a 6 minutos de frito

S15: osmodeshidratacion al 5% NaCl a 7 minutos de frito

▪ **Variable de respuesta**

- Color
- Textura (crujiente)
- Sabor (salado)
- Aceptabilidad

3.5.4. Determinación de vida útil

Se evaluó la influencia de dos pre tratamientos R1 (muestra control) y R0 (muestra osmodeshidratada); y ocho tiempos de almacenamiento, en la rancidez oxidativa de las papas fritas, mediante el índice de peróxidos, usando un diseño completo completamente al azar con un arreglo factorial de 2A x 8B x 3 repeticiones (Ibáñez, 2009).

▪ **Variable de estudio A: pre-tratamiento**

R1: papas fritas control

R0: papas osmodeshidratadas fritas

▪ **Variable de estudio B: tiempo de almacenamiento**

D1: 1 día

D2: 2 día

D3: 3 día

D4: 4 día

D5: 5 día

D6: 6 día

D7: 7 día

D8: 8 día

▪ **Variables de respuesta**

- Índice de peróxidos (meq O₂/kg de muestra).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Determinación de la velocidad de osmodeshidratación con cloruro de sodio en trozos de papa variedad Canchán

A. Características de la papa, variedad Canchán

Para iniciar la parte experimental de esta investigación, se caracterizó la materia prima evaluando alguna de las características fisicoquímicas de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchán con el propósito de estandarizar el proceso de osmodeshidratación, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Características de la papa fresca (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchán.

Características	Valor
Humedad inicial (%)	78.5 ± 0.16
Solidos totales (%)	21.49 ± 0.16
Contenido de grasa (%)	0.06 ± 0.01
Solidos solubles totales (°Brix)	5.0 ± 0.10
Peso inicial de cada trozo de papa (g)	5.02 ± 0.21

n=3 ; n: repeticiones

En la tabla 4, se observa que el contenido de humedad en la papa fresca, variedad Canchán es de 78.5 %, similar a lo reportado por (Ugarte, 2006) que es de 77.18 %. Aunque se observa una ligera variación con respecto a lo reportado por (Guzman, Acevedo, & Granados, 2012) que es de 80.09 %. A su vez (Quilca, 2007) reporta que el contenido de humedad de eco-tipos de papa que varía entre 74.25% a 77.42% mientras (Escobar, 1997) indica que el contenido de humedad es de 80.00%. Esta variación se debería al estado de madurez de los tubérculos, el clima, el suelo y las prácticas culturales realizadas durante su cultivo, almacenamiento y procesamiento, como indica Lister & Monro, (2007). Además podría ser también por su variabilidad en los genes, porque una variedad nativa probablemente es muy distinta a una mejorada.

Respecto a los grados °Brix de la papa fresca variedad Canchán el dato que se muestra en la tabla 4, es 5.0 °Brix, similar a lo reportado por (Ugarte, 2006) que es de 5.1 °Brix, en este caso en papa variedad Chaska.

B. Proceso de osmosis

En la tabla 5, se presentan los resultados de las papas troceadas, cuyas medidas fueron 10 mm de lado y 30 mm de largo, cuyo peso inicial total para el proceso de osmodeshidratado fue de 195 g, para las concentraciones pre-tratamiento T1 (2% NaCl), T2 (5% NaCl), T3 (8% NaCl) y T4 (10% NaCl), el volumen inicial de agua utilizado para preparar el medio osmótico fue de 780 ml en todos los tratamientos. El peso del insumo (NaCl) de acuerdo al porcentaje utilizado para cada tratamiento, en base a la cantidad de agua destilada utilizada en el medio osmótico ya antes mencionado. se muestra en la tabla 5,

Tabla 5: Promedio de datos de la osmodeshidratacion en papa, variedad Canchán

Descripción	T1	T2	T3	T4
Peso de papa (g)	195	195	195	195
Volumen inicial (ml)	780	780	780	780
Peso de NaCl (g)	15.6	39.0	62.40	78.0
SST de solución inicial	2.5	5.9	9.0	11.1
SST de solución final	2.1	5.0	7.5	9.1
Aw	0.9872	0.9750	0.9700	0.9632
Humedad inicial (%)	78.5	78.5	78.5	78.5
Humedad final (%)	75.21	69.98	71.07	70.48

Al iniciar el proceso se midió los grados °Brix del medio osmótico y de la papa, los cuales fueron 2.5, 5.9, 9.0, 11.1 y 5.0 respectivamente, además se determinó la humedad inicial del producto que resultó 78.5 % y la actividad de agua que resultó 0.9882.

Al terminar el proceso se tomaron datos observando que los grados °Brix finales de los medios osmóticos disminuyeron a 2.1, 5.0, 7.5 y 9.1 respectivamente, los valores de actividad de agua disminuyeron a 0.9872, 0.9750, 0.9700 y 0.9632 respectivamente, esta disminución de los valores de grados °Brix del medio osmótico son dobles por el efecto de la osmodeshidratacion, donde el producto elimina agua como indica Ugarte, (2006).

C. Evaluación del peso y velocidad de osmodeshidratación

La velocidad de osmodeshidratación, con frecuencia ha sido analizada en términos de velocidades de pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos del alimento (Yanqui & Maquera, 2010).

El peso de las muestras disminuye a medida que transcurre el tiempo del proceso, como se observa en la Figura 4, para los cuatro pre-tratamientos T1 (2% cloruro de sodio), T2 (5% cloruro de sodio), T3 (8% cloruro de sodio) y T4 (10% cloruro de sodio). Observándose una tendencia polinómica, debido a que la disminución de peso es alto al principio pero al final del proceso se presenta un ligero incremento en el peso. Posiblemente este comportamiento se debe a que el material luego de haber estado sometido a tensión (stress) se recupera un poco, absorbiendo una pequeña cantidad de agua o sólidos.

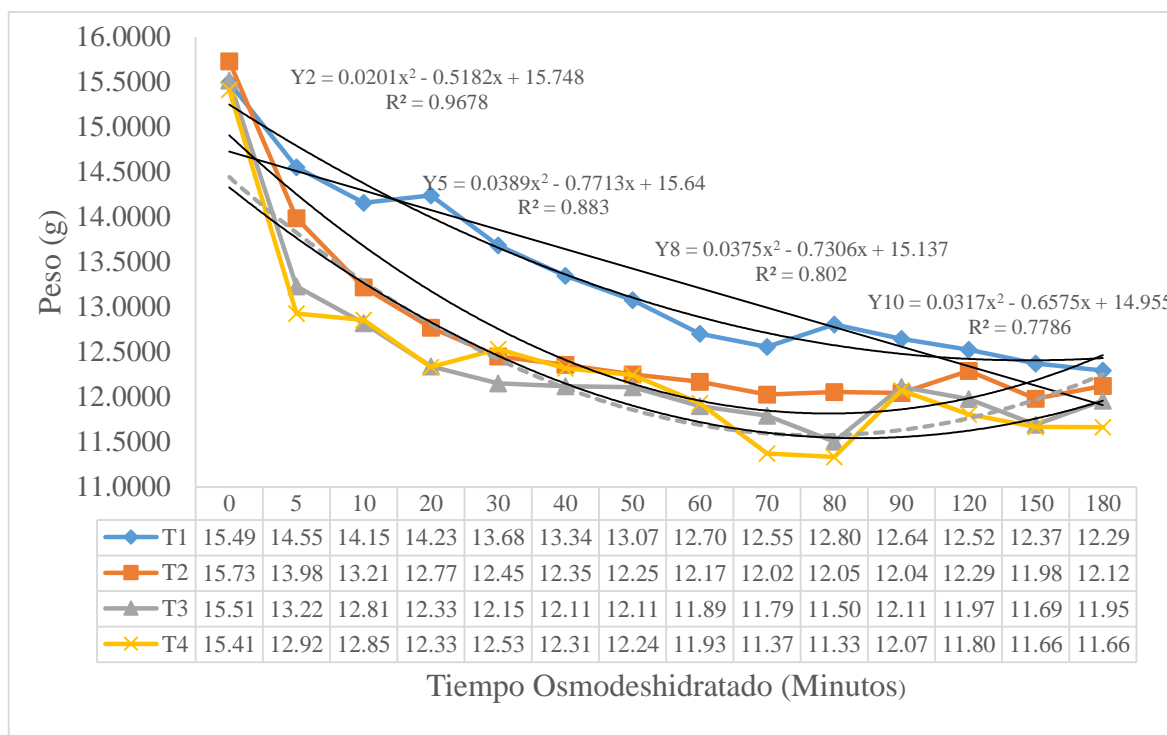


Fig. 4. Tendencia polinómica de pérdida de peso durante 180 minutos para los cuatro pre-tratamientos.

Como se aprecia en el Figura 4, el mejor ajuste de la curva para la pérdida de peso respecto al tiempo es el ajuste polinomial de segundo orden, por tener un R^2 mayor que la tendencia lineal, siendo el tratamiento T1 quien tiene mejor coeficiente de variabilidad $R^2=0.9678$ frente a T2, T3 y T4. Similar a lo reportado por Della & Mascheroni, (2011)

quienes utilizaron como agentes osmodeshidratantes un combinado de xilitol y sal, donde los mejores ajustes se lograron con las expresiones exponenciales y polinómicas de segundo orden, para la pérdida de peso en el proceso de osmosis. Aunque se observa una ligera variación con respecto a lo reportado por Tito, (2009) donde el mejor ajuste para la pérdida de peso en la osmodeshidratación es el ajuste exponencial con $R^2=0.9498$. Esta diferencia podría deberse a los agentes osmodeshidratantes que utilizó, ya que el NaCl y una combinación de esta con xilitol es distinto.

❖ Pérdida de peso (%)

Las curvas presentadas desde el Figura 5 hasta la figura10 provienen del promedio de las tres repeticiones que se realizaron para cada tratamiento. Las tablas con los datos experimentales se encuentran específicamente en el anexo 1, cuadro 3.

En la Figura 5, se muestra el comportamiento de pérdida de peso (%) frente al tiempo de OD para los cuatro diferentes pre-tratamientos. En la mayoría de los pre-tratamientos, la mayor pérdida de peso se presenta antes de 80 minutos de inmersión. Posiblemente este comportamiento se debe a la capacidad iónica del cloruro de sodio, que permite que el agua contenida en el interior de la papa salga a través de los poros con mayor facilidad.

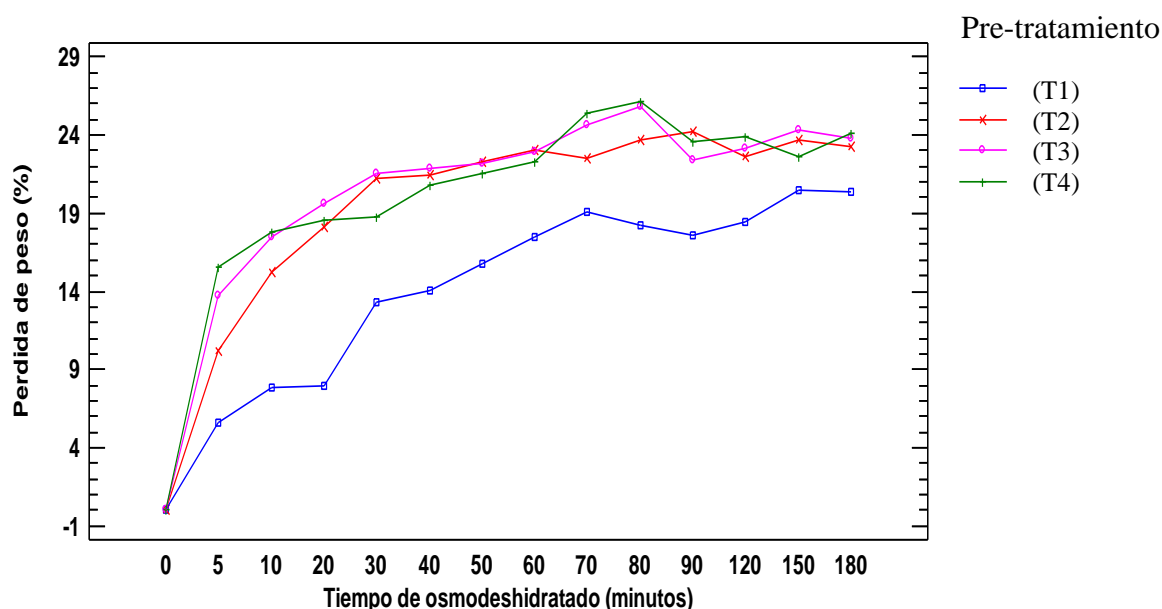


Fig.5. Comportamiento de pérdida de peso durante la osmodeshidratación de papa variedad Canchán

Como se observa en la Figura 5, la velocidad de pérdida de peso durante los 80 primeros minutos del proceso de osmosis, es mayor para cualquiera pre-tratamiento, a partir de este punto, la velocidad comienza a descender, hasta llegar a 180 minutos donde llega a un supuesto equilibrio. Similar a lo indicado por Prospero & Altamirano, (2002), quienes dividen la osmodeshidratación en dos etapas; la primera la deshidratación, donde la pérdida de peso es mayor que la ganancia de sólidos; la segunda etapa, llamada impregnación, donde la ganancia de sólidos es mayor a la pérdida de peso. También se puede observar que para cada pre-tratamientos, la velocidad de osmodeshidratación es distinta sobre todo a los 10 primeros minutos, donde T1 presenta una pérdida de peso de 5%, T2 de 10 %, T3 de 14% y T4 de 16%, por lo que podemos decir que T4 es el mejor pre-tratamiento. Posiblemente este comportamiento se debe a la capacidad iónica del cloruro de sodio, a mayor concentración de NaCl mayor pérdida de peso.

Analizando los datos de la pérdida de peso (%) en función al tiempo de osmodeshidratado y los pre-tratamientos. De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 1. Cuadro 4) se muestra que existe diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para factor tiempo de osmodeshidratación y factor pre-tratamiento sobre la pérdida de peso. Además tiempo de OD y pre-tratamiento son factores relacionados. Debido a esta diferencia se realizó la prueba de comparación Tukey (descrita en Anexo 1. Cuadros 5 y 6).

De acuerdo a la prueba Tukey, la influencia del tiempo de OD sobre la pérdida de peso, nos indica que hasta los 60 primeros minutos se observa una pérdida de peso significativa, para cualquier pre-tratamiento, llegando a perder hasta 21.43%, posterior a este tiempo, su pérdida de peso ya no es significativa, llegando a los 80 minutos la mayor pérdida de peso registrándose 23.47% y a los 180 minutos de 22.85%. Similar a lo reportado por Tito, (2009) que fue de 18.8% y 31.00% (osmodeshidratado con malto dextrina 40% y sal 25%) por 60 minutos y 375 minutos respectivamente, en oca accesión Keñi. Aunque se observa una ligera variación con respecto a lo reportado por (Ugarte E. A., 2006) que fue de 30.77% (osmodeshidratado con malto dextrina 40% y sal 20%) en papa variedad Chaska por 120 minutos y lo reportado por (Rodriguez Gracey, 2009) la pérdida de peso en mango osmodeshidratado con sacarosa invertida 50% a 50°C fue de 28.82% en 60 minutos y finalizando con 57.01% en 720 minutos. Esta variaciones podrían deberse a muchos factores como el tipo de alimento, temperatura a la cual se osmodeshidratado, los agentes osmóticos que se utilizó, y la geometría del alimento.

De acuerdo a la prueba Tukey, la influencia del pre-tratamiento sobre la pérdida de peso, se distingue 1 grupo de tratamientos con resultados similares que son los tratamientos T2 (5% NaCl), T3 (8% NaCl) y T4 (10% NaCl) que difieren al tratamiento T1 (2% NaCl). Los tratamientos T2, T3 y T4 generan una pérdida de peso al culminar los 180 minutos de 19.40%, 20.24% y 20.06 %, respecto al T1 que genera una pérdida de 14.02 %. Con lo que podemos indicar que entre los pre-tratamientos T2, T3 y T4 no hay diferencia significativa, para la osmodeshidratación.

Por lo cual se podría decir que el mejor pre-tratamiento es el T3 (8% NaCl) a 80 minutos de OD, lográndose mayor pérdida de peso, sin embargo esto depende también de la aceptabilidad del producto, lo cual no coincide, llegando a elegir como mejor pre-tratamiento T2 (5% NaCl) a 80 minutos de OD ya que a periodo largo de tiempo este no perderá peso significativamente, más al contrario posiblemente ganara sólidos como indica Prospero & Altamirano, (2002).

❖ Pérdida de contenido de humedad (%)

En el Figura 6, se puede apreciar una relación directamente proporcional entre el tiempo de osmodeshidratación (minutos) y los pre-tratamientos T1, T2, T3 y T4, sobre la reducción en el contenido de humedad de trozos de papa, demostrándose que a tiempos determinados de inmersión el producto pierde más agua. Además se observa la mayor disminución del contenido de humedad en el T1 y T3 se ve a los 80 minutos, mientras que en el T2 y T4 se observa la disminución a los 60 minutos.

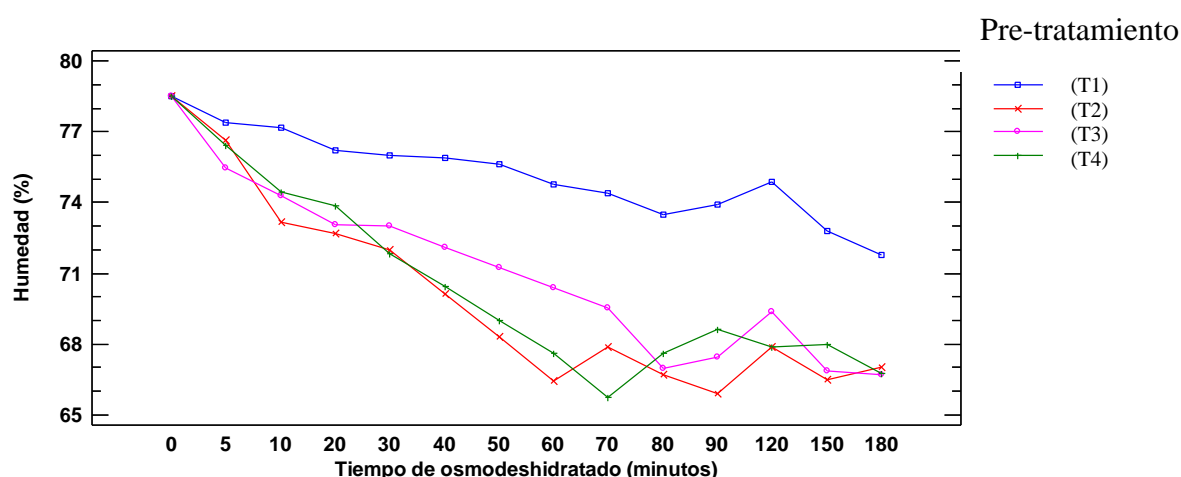


Fig. 6. Curva de la pérdida del contenido de humedad por osmodeshidratación

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 1. Cuadro 7) se muestra que existe evidencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.05$) para factor

tiempo de osmodeshidratación y factor pre-tratamiento sobre la pérdida del contenido de humedad, también para las iteraciones de ambos factores. Por motivo de estimar el mejor tiempo de OD y pre-tratamiento realizamos la prueba de comparación (descrita en Anexo 1. Cuadros 8 y 9), donde observamos que al menos uno difiere de otras.

De acuerdo a la prueba de comparación múltiple Tukey respecto al tiempo de OD sobre la pérdida del contenido de humedad, es mayor en los 50 primeros minutos, con un contenido de humedad de 71.05% sin embargo la disminución de humedad es significativa hasta los 180 minutos llegando a disminuir hasta 68.08 %, para cualquier concentración.

Respecto al pre-tratamiento sobre la pérdida de contenido de humedad, se distingue 1 grupo de tratamientos con resultados similares que son los tratamientos T2 (5% NaCl), T3 (8% NaCl) y T4 (10% NaCl) que difieren al tratamiento T1 (2% NaCl). Los tratamientos T2, T3 y T4 generan una pérdida de contenido de humedad al culminar los 180 minutos de 69.97%, 71.06% y 70.48%, respecto al T1 que genera una pérdida de 75.20%. Con lo que podemos indicar que entre los tratamientos T2, T3 y T4, la que presenta el menor contenido de humedad es el T2 (5% de NaCl). Lo cual es muy similar a lo reportado por Guzman, Acevedo, & Granados, (2012) quienes mostraron que el contenido de humedad de papa osmodeshidratado a 5% de NaCl por 120 minutos de 70.29%. Aunque diferente a lo reportado Bunger, Moyano, & Rioseco, (2002) quienes usaron unas papas en tiras remojadas en NaCl al 3% por 50 minutos genero una disminución de humedad de 80.2% a 79.6%. Además después del tratamiento osmótico, el contenido de humedad de las frutas y hortalizas se reduce generalmente de 30 a 50% (base húmeda) (Bekele & Ramaswamy, 2010).

Por lo cual podríamos decir que el mejor pre-tratamiento es el T2 (5% NaCl) a 50 minutos de OD, lográndose mayor reducción del contenido de humedad llegando hasta 71.05 %.

❖ **Ganancia de sólidos (%)**

En la Figura 7, se presenta la ganancia de sólidos (%) en función al tiempo de osmodeshidratado (minutos) y al pre-tratamiento. La ganancia de sólidos (%), al inicio presenta una leve pérdida hasta los 10 primeros minutos, para la mayoría de los pre-tratamientos, posteriormente se ve un incremento diferente para cada tratamiento; en el caso del T1 se logra una mayor ganancia de sólidos al culminar los 180 minutos, mientras

que el T2 logra a los 60 minutos, el T3 a los 90 minutos y el T4 logra a los 70 minutos. Siendo el pre-tratamiento T2 el que logra mayor ganancia de sólidos. La variación podría deberse al peso molecular y al comportamiento iónico de la concentración del agente osmótico de cada pre-tratamiento, ya que dichas características afectan en la ganancia de soluto, debido a que la permeabilidad selectiva de las membranas celulares permiten el transporte de moléculas pequeñas como el agua, pero restringe el transporte de moléculas más grandes como indica (Silva, Fernandes, & Mauro, 2014).

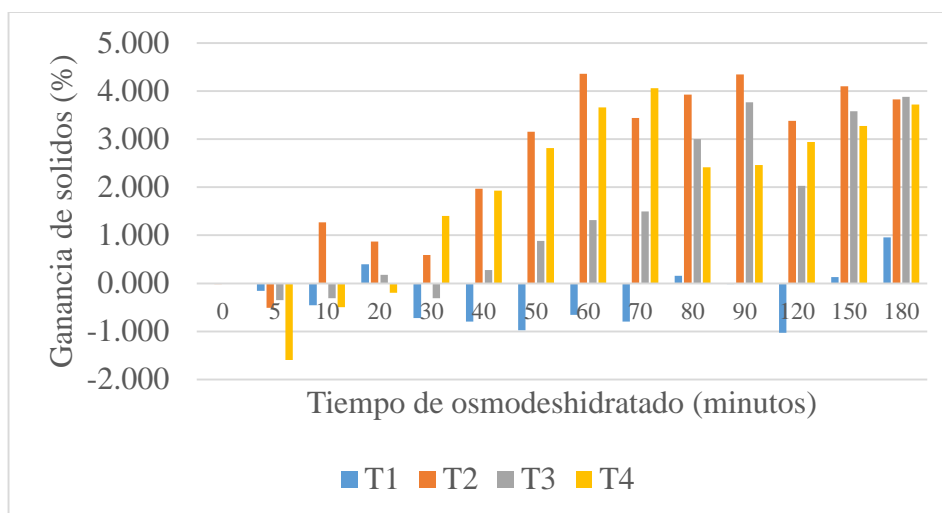


Fig. 7. Comportamiento de ganancia de sólidos por osmodeshidratación

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 1. Cuadro 12) se muestra que existe evidencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para factor tiempo de osmodeshidratación y factor pre-tratamiento sobre la ganancia de sólidos, también para las interacciones de ambos factores. Debido a esta diferencia realizamos la prueba de comparación Tukey (descrita en Anexo 1. Cuadros 13 y 14), donde observamos que varían entre sí.

De acuerdo a la prueba de comparación múltiple Tukey, el tiempo de OD influye significativamente en la ganancia de sólidos a partir de los 10 minutos hasta los 180 minutos donde es mayor la ganancia de sólidos con un valor de 3.09 %, para cualquier pre-tratamiento. Sin embargo en los primeros 10 minutos no se presenta una ganancia, al contrario se presenta una pérdida, en todos los pre-tratamientos, esto podría deberse a una lixiviación de solutos propios del alimento, en este caso almidón como lo indica Barbosa & Vega, (2000). Los pre-tratamientos son significativos sobre la ganancia de solutos, donde el T2 es la que genera una mayor ganancia de sólidos al culminar los 180

minutos de 2.47% seguido de T4 con 1.88 %, T3 de 1.38% mientras el T1 no hay ganancia de solutos sino por el contrario hay perdida.

Por lo cual podríamos decir que el mejor pre-tratamiento es el T2 (5% NaCl) a 60 minutos de OD, lográndose mayor ganancia de solidos hasta 3.15 %.

4.2. Evaluación del efecto de la osmodeshidratación como pre-tratamiento y el tiempo en el proceso de fritura sobre el contenido de grasa

La curva presentada en la Figura 8, proviene del promedio de las tres repeticiones que se realizaron para cada tratamiento. Las tablas con los datos experimentales se encuentran específicamente en el anexo 2.

4.2.1. Contenido de grasa absorbido por papa frita (%)

En el Figura 8, se muestra la influencia del tipo de pre-tratamiento T0 (muestra control), T1 (2% cloruro de sodio), T2 (5% cloruro de sodio), T3 (8% cloruro de sodio) y T4 (10% cloruro de sodio); y el tiempo de fritura (3, 4, 5, 6 y 7 minutos) sobre la absorción de grasa de las papas fritas.

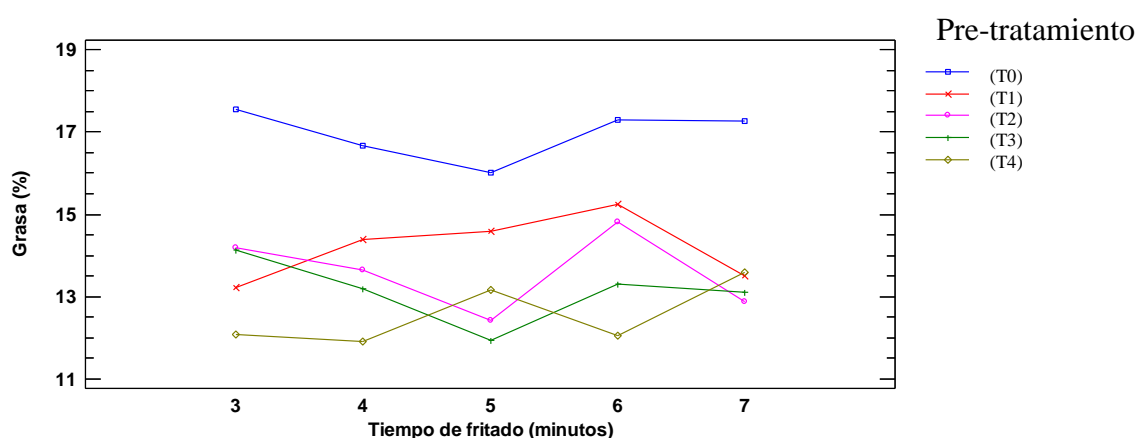


Fig. 8. Influencia del pre-tratamiento y el tiempo de fritura sobre la absorción de grasa en papas fritas

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 2. Cuadro 15) se muestra que no existe evidencia estadística significativa ($p < 0.01$) para factor tiempo de fritura sobre el contenido de grasa absorbida en las papas fritas, pero si existe diferencia significativa ($p < 0.01$) para el factor pre-tratamiento. Por motivos de estimación del tiempo de fritura realizamos la prueba de comparación (descrita en Anexo 2. Cuadros 16 y 17), donde observamos que al menos uno muestra varianza.

De acuerdo a la prueba de comparación Tukey, se comprobó que el tiempo de fritura no influye significativamente en la absorción de grasa en las papas fritas, contrario a lo mencionado por Cocio, (2006), que plantea que el tiempo de cocción influye en la absorción de grasa. Sin embargo el tiempo de fritura de 5 minutos presenta el menor contenido de grasa de 13.62% para cualquier pre-tratamiento, seguido con el tiempo de fritura de 4 minutos con 13.96%, 7 minutos con 14.06%, 3 minutos con 14.23% y por último el más alto a 6 minutos con 14.53%. Por lo que el tiempo de 5 minutos es el más recomendable debido a que presenta menor contenido de grasa

Con respecto a los pre-tratamientos que influyen significativamente sobre la absorción de grasa, se distingue 3 grupos de pre-tratamientos con resultados similares que son el pre-tratamientos T4 con un contenido de grasa de 12.55%; T3 con 13.13% y T2 con 13.58%; T1 con 14.18% con respecto a T0 con 16.95% que es mayor la absorción en comparación a los otros. Con lo que podemos indicar que el mejor pre-tratamiento es aquella papa osmodeshidratada a 10 % de NaCl, debido a que presenta la menor absorción de grasa. Lo cual es muy similar a lo reportado por Gil et al, (2014) donde el contenido de grasa de una papa frita sin pre tratamiento es de 16.37% mientras que la papa frita con pre tratamiento (osmodeshidratado con 4% de NaCl por 120 minutos) es de 6.88%, con lo cual se ve una variabilidad, pero si es similar a lo reportado por Guzman, Acevedo, & Granados, (2012), quienes mencionaron que obtuvieron un 15% de grasa total para papa frita sin ningún tratamiento previo, para papa osmodeshidratado (5% de NaCl por 120 minutos frita a 180°C por 2 minutos) obtuvo 14,6% de grasa. Esto debido a que el encogimiento y la ganancia de NaCl durante la osmosis y la gelatinización de los almidones taponan los poros de la papa lo cual disminuye la ganancia de aceite, lo que explica porque las papas osmodeshidratadas a pesar de tener menor contenido de humedad tienen el menor contenido de aceite.

Según Moreno & Bouchon, (2008) citado por Guzman, Acevedo, & Granados, (2012) la gran reducción en la absorción de grasa de estos pre-tratamientos no se debe a una reducción del contenido de humedad por sí mismo, como generalmente se cree, se debe a cambios estructurales que ocurren en la superficie de la pieza, lo que reduce la permeabilidad de la superficie. Además indica que es muy importante seleccionar el agente osmodeshidratante para la osmosis, debido que cuando se utiliza una solución de sacarosa, en lugar de una reducción en la cantidad de aceite absorbido, hay un incremento, mientras que las muestras trabajadas con una solución de NaCl hay alta reducción de la absorción de aceite.

Según Hasbun et al., (2009) a menor contenido de humedad mayor es el porcentaje de grasa en el papa frita. En caso de los productos fritos es de esperar que a mayor contenido de humedad, mayor sea el contenido de grasa,, debido al remplazo del agua por aceite, pero en este caso se observa lo contrario, esto podría deberse a que el almidón requiere de la presencia de agua para su gelatinización, por lo que a mayor grado de gelatinización del almidón superficial, limita la absorción de grasa interna en el producto. Lo anterior podría explicar el alto contenido de grasa en los productos de baja humedad en el caso de la papa frita.

Bunger , Moyano, & Rioseco, (2002) mencionaron que la pérdida de humedad de las patatas empapados y la muestra de control durante la fritura no mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$). Este hallazgo indica que el aumento de la dureza y la absorción de aceite inferior de patatas empapadas no pueden atribuirse a la pérdida de humedad.

4.2.2. Evaluación sensorial

Con el fin de determinar la aceptabilidad de las papas fritas y a la vez de describir las papas fritas obtenidas experimentalmente, se realizó un análisis sensorial afectivo y descriptivo, utilizando una escala hedónica de cinco puntos y escala categorizada de cinco puntos, con la correspondiente equivalencia numérica para cada categoría del atributo. Siendo las características a evaluar color, textura (crujiente) y sabor (salado) El análisis sensorial se realizó con 15 panelistas, según el formulario que consta en el anexo 5.

❖ Atributo : Color

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 2. Cuadro 20) se muestra que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.01$) para factor tipo de pre-tratamiento sobre el color de las papas fritas, también existe diferencia significativa ($p < 0.01$) para el factor panelista, pero no se considera por ser subjetivo. Mediante la prueba de comparación Tukey (descrita en Anexo 2. Cuadros 21) se determinó 4 grupos de pre-tratamientos con resultados similares que son S15, S9, S14 y S10 con calificaciones de 4.80, 4.73, 4.53 y 4.53 respectivamente, las cuales describen a las papas fritas de color marrón; mientras que segundo grupo conformado por S7, S5, S8, S4, S13 con calificaciones 4.20, 4.20, 4.07 y 4.07 respectivamente, las cuales describen a las papas fritas de color amarillo; el tercer grupo conformado por S3 y S1 con calificaciones 3.67 y 3.87 las cuales describen a las papas fritas de color leve amarillo y el último grupo

conformado por S6, S12, S11 y S2 con calificaciones 3.53, 3.47, 3.47 y 3.07 las cuales describen a las papas fritas de color leve amarillo. Recibiendo la mejor calificación por parte de los panelistas el tratamiento S13 (5% NaCl y 5 min de fritura) que presentaron una calificación de 4.00 la cual describen a las papas fritas de color amarillo. Similar a lo reportado por Moya, (2011) quien evaluo el efecto del escaldado, y secado como pre-tratamiento sobre el color y grado de calidad de las papas fritas, obteniendo un color deseado de color amarillo, esto debido a que redujo la concentración de azúcares reductores, evitando la reacción de Maillard, reacción responsable del color oscuro indeseable de las papas. También debido a que en el secado, logra una disminución en el contenido de humedad inicial, sometiendo menos tiempo a las papas al proceso de fritura. Resultados similares obtuvieron Bunger , Moyano, & Rioseco, (2002) quienes indican que el tiempo de fritado de papas es de 4-5 minutos/180°C con adición de 0.5% de NaCl.

En la Figura 9, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de papa frita para los quince tratamientos, observándose que hay similitud en la descripción.

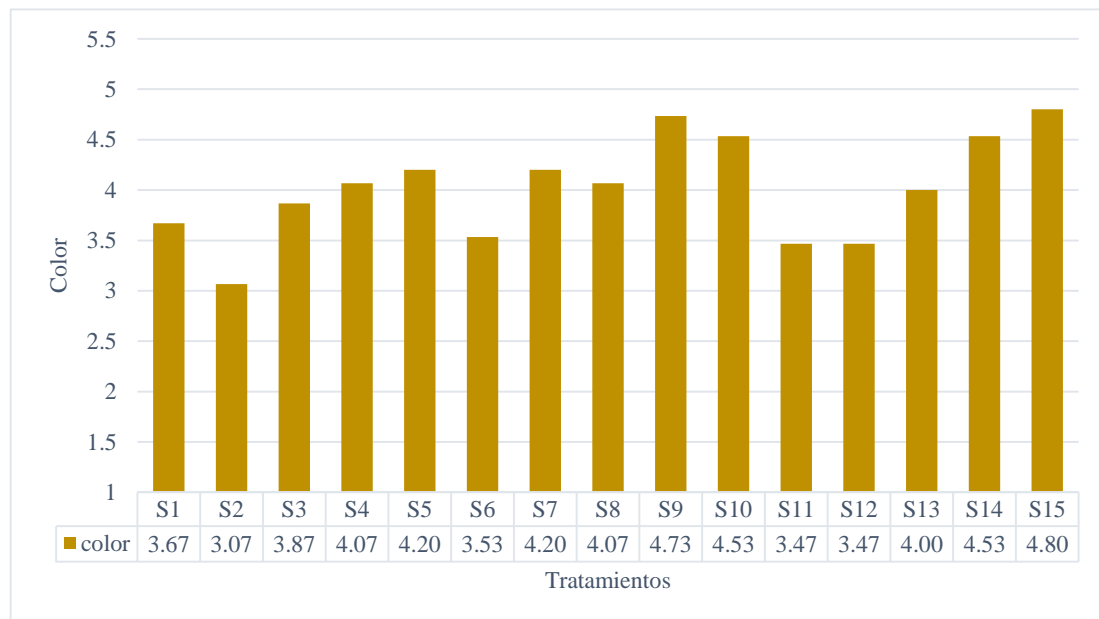


Fig. 9. Calificación de la evaluación sensorial del atributo color de las papas fritas

❖ Atributo : Textura

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 2. Cuadro 22) se muestra que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.01$) para factor tipo de pre-tratamiento sobre la textura de las papas fritas. Debido a esta diferencia realizamos la prueba de comparación Tukey (descrita en Anexo 2. Cuadros 23), donde observamos que estos pre-tratamientos influye significativamente en la crocantes de las papas fritas.

Recibiendo la mejor calificación por parte de los panelistas el tratamiento S8 (2% NaCl por 5 minutos de fritura) y S13 (5% NaCl por 5 minutos de fritura) que presentan calificaciones de 3.13 la cual describen a las papas fritas de textura moderadamente crujiente.

En la Figura 10, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del papa frita atributo textura (crujiente) para los quince tratamientos.

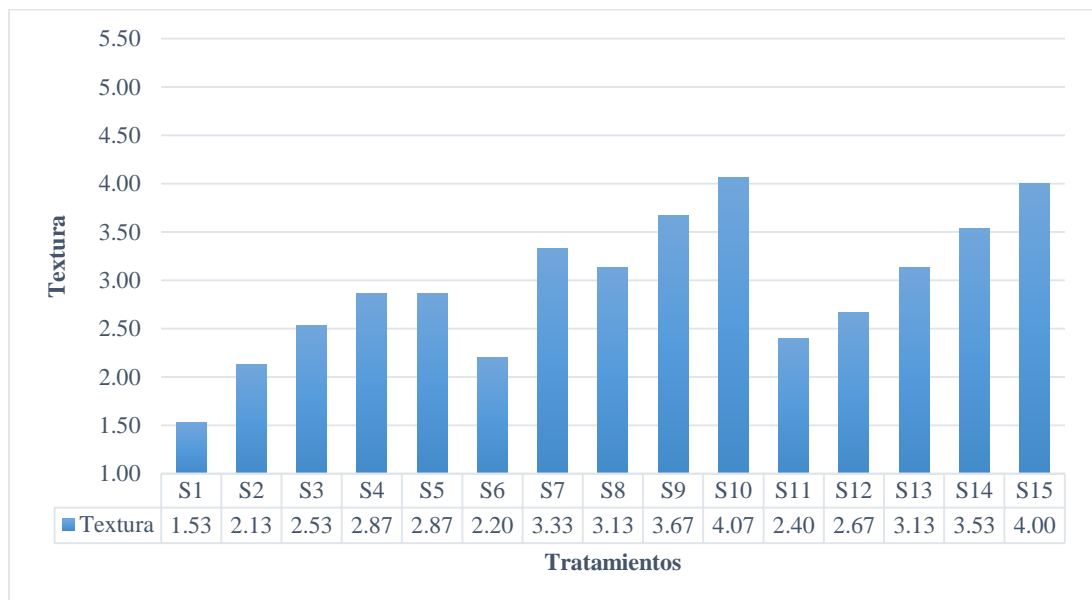


Fig.10. Datos de la evaluación sensorial del atributo textura de las papas fritas

❖ **Atributo : Sabor**

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 2. Cuadro 24) se muestra que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.01$) para factor tipo de pre-tratamiento sobre el valor de las características de sabor de las papas fritas. Debido a esta diferencia realizamos la prueba de comparación Tukey (descrita en Anexo 2. Cuadros 25), donde observamos que estos pre-tratamientos influye significativamente en el sabor de las papas fritas. Recibiendo la mejor calificación por parte de los panelistas el tratamiento S10 (2% NaCl por 7 minutos de fritura) que presentan calificaciones de 3.07 la cual describen a las papas fritas de sabor moderadamente salado.

En la Figura 11, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del papa frita atributo sabor (salado) para los quince tratamientos.



Fig.11. Datos de la evaluación sensorial del atributo sabor de las papas fritas

❖ Prueba afectiva: Aceptabilidad

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 2. Cuadro 26) se muestra que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.01$) para factor tipo de pre-tratamiento sobre la aceptabilidad de las papas fritas. Debido a esta diferencia realizamos la prueba de comparación Tukey (descrita en Anexo 2. Cuadros 27), donde observamos que estos pre-tratamientos influyeron significativamente en la aceptabilidad de las papas fritas. Recibiendo la mejor calificación por parte de los panelistas el tratamiento S13 (5% NaCl por 5 minutos de fritura) que presentan calificaciones de 3.60 la cual describen como me gusta ligeramente.

En la Figura 12, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la aceptabilidad de las papa fritas.

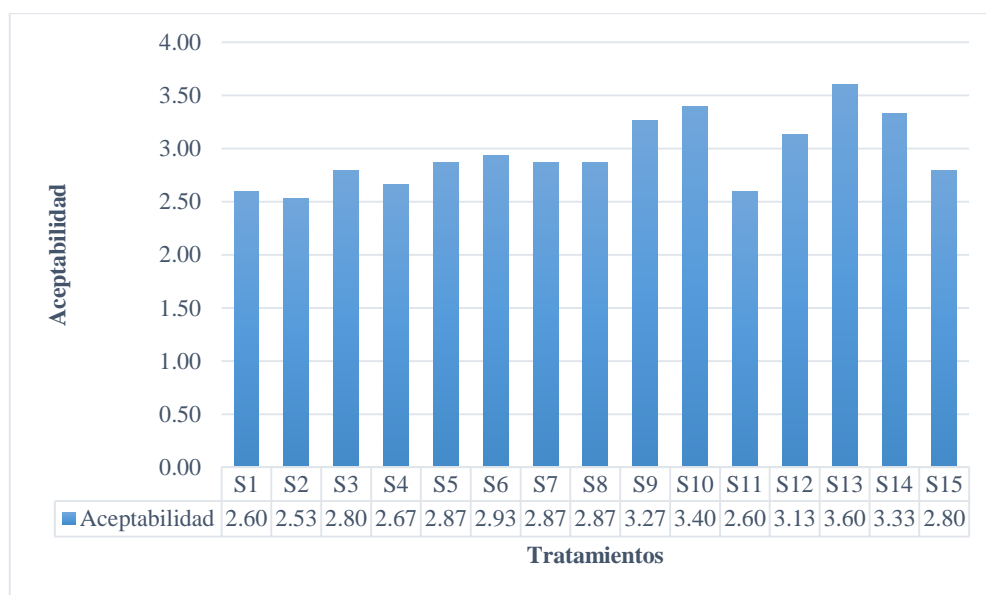


Fig.12. Datos de la evaluación sensorial de nivel de aceptabilidad de las papas fritas

4.3 Determinación del tiempo de vida útil de las papas fritas

Se conoce la tendencia de las grasas y aceites a volverse rancios. Un tipo de rancidez mucho más frecuente y más grave, se origina a través de reacción de oxidación. La cual se asocia con la presencia de ligaduras no saturadas expuestas al aire. Este es el tipo más frecuente de deterioro oxidativo de los lípidos en los productos alimenticios manufacturados. Los peróxidos son los productos iniciales mayoritarios de la oxidación de los lípidos (Fernandez, 2010).

En la Figura 13, se muestra el comportamiento de índice de peróxidos (meq O₂/1000 g) frente al tiempo de almacenamiento para los dos tratamiento R0 (papa osmodeshidratado frita a 5 minutos) y R1 (papa frita a 6 minutos, control). Además, se observa que el mejor ajuste para el índice de peróxidos respecto al tiempo es el ajuste lineal, que genera una ecuación de orden cero, siendo el tratamiento R1 quien tiene mayor coeficiente de variabilidad R²=0.9426 frente a R0 con R²=0.8219.

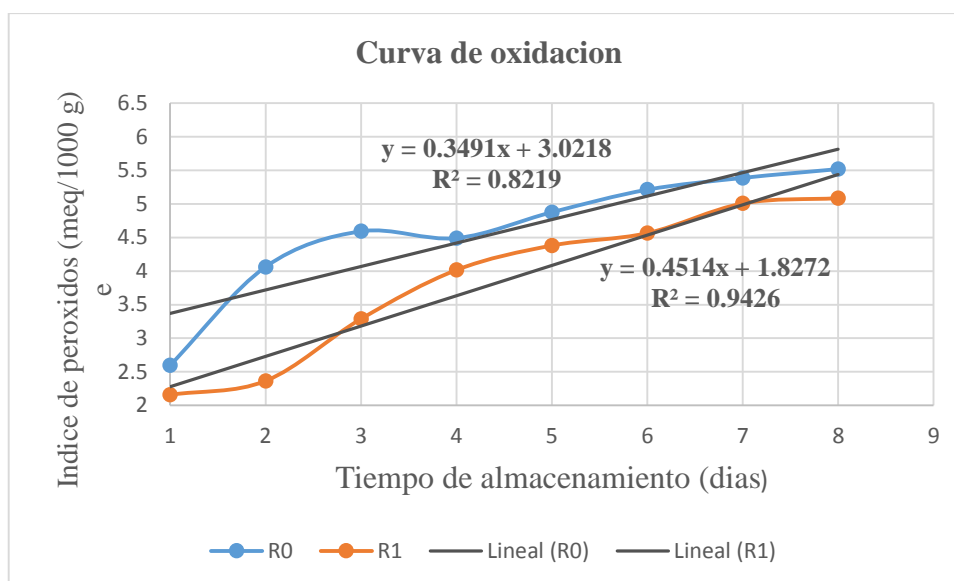


Fig. 13. Evolución del deterioro del aceite extraído de las papas fritas, durante el almacenamiento a temperatura ambiente 15° por 8 días.

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) (descrita en el anexo 3. Cuadro 28) se muestra que existe evidencia estadística significativa ($p < 0.01$) para factor tiempo de almacenamiento sobre el índice de peróxidos en las papas fritas, también existe diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) para el factor pre-tratamiento sobre el índice de peróxidos en las papas fritas. Debido a esta diferencia realizamos la prueba de comparación (descrita en Anexo 3. Cuadros 20 y 21), donde observamos que varían entre sí.

Mediante la prueba de comparación, comprueba que el tiempo de almacenamiento influye en el grado de oxidación del aceite extraído de las papas fritas, las cuales muestran un incremento lineal, con un índice de peróxidos en la papas fritas inicial de 2.38 meq O₂/1000 g hasta llegar a 5.3 meq/1000 g a los 8 días. Además se muestra que el pre-tratamiento R1 (papas fritas control) y R0 (papas osmodeshidratadas fritas) difieren en el grado de oxidación, teniendo como índice de peróxidos para el R1 de 4.59 meq/1000 g mientras que el R0 de 3.85 meq/1000 g al culminar el tiempo de almacenamiento de 8 días. Similar a lo reportado por (Paz, Masson, Romero, Dobarganes, & Ortiz, 2001) donde el índice de peróxido de papas críps es de 2.8 meq O₂/kg almacenada a temperatura ambiente de 15°C en el tiempo 0.

Debido a que el índice de peróxidos, no supero los límites permisibles para alimentos en 8 días, se utilizó la regresión lineal, obtenida para cada pre-tratamiento, realizando cálculos matemáticos (ver anexo 6). El tiempo de vida útil estimado para R0

es de 19 días y para R1 18 días, esto en función al grado de oxidación determinada por el índice de peróxidos de 10 meq O_2 /1000 g como máximo. Sin embargo si se considerará las características organolépticas, para su estimación, el tiempo sería mucho menor, ya que al primer día éste sufre un cambio, sobre todo en la textura, lo cual no cumple con las características de crujiente de unas papas fritas. Lo cual coincide con lo mencionado por (Berk, 1980) que indica que la aparición de la rancidez es la consecuencia más significativa de la oxidación de los lípidos, lo cual provoca un deterioro en el sabor, sin embargo no es el único daño, también afecta el color, la textura, el valor nutricional, en general la aceptación del producto. Además es muy similar a lo reportado por Chatterjee, Bhattacharjee, & Bhattacharyya, (2014) quienes evaluaron la vida útil de papas fritas mediante narices electrónicas que percibían la rancidez oxidativa, obteniendo 3 días de vida útil para las papas fritas.

CONCLUSIONES

1. La velocidad de osmodeshidratación para el pre-tratamiento con 5% cloruro de sodio a 50 minutos de osmodeshidratación presento mejores resultados con una mayor pérdida de peso de 20.43%, menor contenido de humedad 68.28% y mayor ganancia de solidos 3.15 %.
2. El efecto de la osmodeshidratacion con cloruro de sodio en T2 a un tiempo de fritura de 5 minutos presentó menor absorción de grasa de 13.13% y más aceptable sensorialmente.
3. El tiempo de vida útil estimado según la ecuación de orden cero, para las papas osmodeshidratadas fritas almacenadas en fundas metalizadas fue de 19 días.

RECOMENDACIONES

- En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, ensayar el proceso con otras variedades de papa, para aumentar el valor agregado de los tubérculos de la región.
- Ensayar otras alternativas para disminuir la absorción superficial de aceite de las papas fritas, después del proceso de fritura, debido a que este es un factor que afecta a las propiedades texturales y color del producto final.
- Evaluar la vida útil de papas fritas, teniendo como atributo de degradación la textura de estas.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (1990). *Association of official agricultural chemist*. Washington DC., Estados Unidos.
- Barbosa, G., & Vega, H. (2000). *Deshidratacion de alimentos*. España: ACRIBIA EDITORIAL.
- Bekele, Y., & Ramaswamy, H. (2010). Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Department of Food Science and Agricultural Chemistry, McGill University*.
- Brennan, J. (2008). *Manual de procesado de los alimentos*. Zaragoza . España: ACRIBIA.
- Bunger , A., Moyano, P., & Rioseco, V. (2002). NaCl soaking treatment for improving the quality of french-fried potatoes. *Food Research International. Universidad de Santiago de Chile. Departamento de Ciencias de los alimentos y Tecnologia Quimica*.
- Canahua, R., & Arcos, J. (2002). *Varietades nativas y mejoradas de papa en puno*. Lima,Peru.
- Chatterjee, D., Bhattacharjee, P., & Bhattacharyya, N. (2014). Development of methodology for assessment of shelf-life of fried potato wedges using electronic noses: Sensor screening by fuzzy logic analysis. *Journal of Food Engineering*.
- Chavarro , L., Ochoa , C., & Ayala, A. (2006). Efecto de la madurez, geometria y presion sobre la cinetica de transferencia de masa en la deshidratacion osmotica de papaya (carica papaya L. var. Maradol).
- Cocio, C. (2006). Estudio de la distribucion del aceite en rodajas de papa frita. *Universidad de Chile. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnologia Quimica*.
- Della, P., & Mascheroni, R. (2011). Deshidrtacion de papa por metodos combinados de secado: Deshidratcion osmotica, secado por microondas y conveccion de aire caliente. *Universidad Nacional de la Plata. Facultada de Ingenieria(2)..*

- Escobar , W. (1997). Caracterizacion morfologica, agronomica y bioquimica d elas coleccion ecuatoriana de papa subgrupo tardias. *Universidad Estatal de Bolivar*.
- Espinoza, E. (2003). *Evaluacion sensorial de los alimentos*. Peru.
- FAO. (2008). *Año internacional de la papa, nueva luz sobre un tesoro enterrado*. Obtenido de Año internacional de la papa, nueva luz sobre un tesoro enterrado: Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0500s/i0500s02.pdf>
- Fellows, P. (2000). *Food Procesing Technology. Principles and practice. 2 ed.* Washington DC.
- Fernandez, C. (2010). Deterioro de grasas de freido y su influencia en la calidad de papas a la francesa. *Tesis. Departamento de Ingenieria Quimica y Alimentos. Universidad de las Americas*.
- Gil, E. S., Amaya Quiroz, L., Quipe Correa, J., Narro Lucano, I., Zavaleta Castillo, A., & Guitierrez Figueroa, A. (2014). Efecto de la deshidratacion osmotica y cobertura con hidrocoloides en la disminucion de absorcion de grasa en trozo de papa (*Solanum tuberosum*) frita. *Agroindustrial Science. Universidad Nacional de Trujillo.Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingenieria Agroindustrial*.
- Guzman, L., Acevedo, D., & Granados, C. (2012). Efecto del escaldado, deshidratacion osmotica y recubrimiento en la perdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de papa criolla fritas. *Bioteecnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 312-313.
- Hasbun, J., Esquivel, P., Brenes, A., & Alfaro, I. (2009). Propiedades fisico-quimicas y parametros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Universidad de Costa Rica. Escuela de Tecnologia de Alimentos*.
- Ibañez, V. (2009). *Analisis y diseño de experimentos*. Puno-Peru: Univeristaria.
- INIA. (2012). Papa INIA 303- Canchan. *Centro internalcionl de la papa*, 2.
- Lercker , G., & Carrasco, A. (2010). El proceso culinario de fritura y el uso del aceite de oliva en el mismo.

- Luna , G., & Aguilar, S. (2011). Conservacion de los alimentos y prediccion de su vida util. Puno, Peru: Imprenta Arco Iris E.I.R.L.
- MINAGRI. (2013). La Papa. Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva. Lima-Peru.
- Moreno , M. C., & Bouchon, P. (2008). A Different Perspective to Study the Effect of Freeze, Air, and Osmotic Drying on Oil Absorption during Potato Frying. *Journal of Food Engineering*.
- Moya, K. (2011). Determinacion de la calidad en papas tipo french fries mediante vision computacional y estudio de sus propiedades fisicas. *Universidad De Chile. Facultad de Ciencias Quimicas y Farmaceuticas. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnologia Quimica*, 62-63.
- Obregon, A., & Repo, R. (2013). Evaluacion fisicoquimica y bromatologica de cuatro variedades nativas de papa (solanum SPP.). *Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquimica, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias*.
- Ochoa, C., & Ayala, A. (2005). Modelos matematicos de transferencia de masa en deshidratacion osmotica. *Journal of food*.
- Ortiz, Y. (2012). *Elaboracion de protocolos para analisis de degradacion de aceites vegetales usados*. Colombia.
- Paz, R., Masson, L., Romero, N., Dobarganes, M., & Ortiz, J. (2001). fritura industrial de patatas crispas. influencia del grado de insaturacion de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. *Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Quimicas y Farmaceuticas. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnologia Quimica*.
- Prospero, G., & Altamirano, S. (2002). Deshidratacion osmotica de prismas de camote, manzana y papa. *Red de Revistas Cientificas de America Latina, el Caribe, España y Portugal*.
- Quilca, N. (2007). Caracterizacion fisic, morfologica, organoleptica, quimica y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros. Escuela Politecnica Nacional. Facultad de Ingenieria Quimica y Agroindustria.

- Ramos , V., Valdivia, B., & Montañez, J. (2012). Alternativas para reducir la absorcion de aceite en papas fritas. *Revista Cientifica de la Universidad Autonoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Quimicas.*
- Rimac, S., Lelas, V., Rade, D., & Simundic, B. (2004). Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 237-241.
- Rodriguez , G., Zuluaga, C., Puerta , L., & Ruiz, L. (2013). Evaluacion de parametros fisicoquimicos en el proceso de fritado de banano osmodeshidratado. *Universidad de San Buenaventura Cali.*
- Rodriguez Gracey, C. A. (2009). Efecto de la concentracion y temperatura de jarabes de fructosa y sacarosa invertida en las caracteriticas fisicoquimicas y aceptacion sensorial de cubos de mango (*Mangifera indica*) variedad edwards deshidratado osmoconvectivamente . *Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Academico Profesional de Ingenieria Agroindustrial.*
- Salazar, M., Zambrano, J., & Valecillos, H. (2008). Evaluacion delrendimiento y caracterizacion de calidad de trece clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum L.*). *Agricultura Andina. Universidad de los Andes, Nucleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.*
- Silva, E., Amaya, L., Quispe, J., Narro, I., Zavaleta, A., & Gutierrez, A. (2014). Efecto de la deshidratacion osmotica y cobertura con hidrocoloides en la disminucion de absorcion de grasa en trozos de papa (*Solanum tuberosum*) frita. *Universidad Nacional de Trujillo. Escuela de Ingenieria Agroindustrial.*
- Silva, K., Fernandes, M., & Mauro, M. (2014). Efecto del calcio sobre la cinetica de deshidratacion osmotica y la calidad de la piña.
- Spiazzi, E., & Mascheroni, R. (2001). Modelo de deshidratacion osmotica de alimentos vegetales simulacion en CIDCA. *Centro de Investigacio y Desarrollo en Criotecnologia de Alimentos.*
- Tito Carpio, E. F. (2009). Efectos de la deshidratacion osmotica y deshidratacion convencionall sobre la composicion quimica de la oca (*oxalis tuberosa Mol*) variedad Keñi. *Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingenieria Agroindustrial.*

- Trincherro, J., Monti, M., & Ceroli, P. (2007). Características sensoriales de papas fritas en bastones. *Revista Latinoamericana de la Papa*.
- Ugarte Larico, E. A. (2006). Deshidratación osmótica de papa (*solanum tuberosum L.*) variedad Chaska con soluciones de cloruro de sodio, glucosa y maltodextrina. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.
- Villada, D., Villada, H., & Mosquera, A. (2009). Evaluación del efecto de la deshidratación osmótica y fritura en dos variedades de yuca (*manihot esculenta carntz*) en la producción de chips. *Red de revista científica de américa latina, el caribe, España y Portugal*.
- Washington State Potato Commission. (2007). El manual de las papas. Todo lo que debe saber acerca de las papas freccas de Washington.
- Yanqui, P., & Maquera, V. (2010). Efecto del estado de madurez, concentración y temperatura en la difusión efectiva de sacarosa en papaya en el módulo de osmodeshidratación. Universidad Nacional del Altiplano. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Puno-Peru.

ANEXOS

Anexo 1

Resultados de la determinación de la velocidad de osmodeshidratación de papa, variedad canchan

A. Resultados de la caracterización de la papa fresca, variedad Canchán

Cuadro 1: Características de papa fresca, variedad Canchán

Papa variedad Canchan	Contenido de humedad (%)	Sólidos totales (%)	Contenido de grasa (%)	SST (°Brix)	Peso inicial de cada paralelepípedo de papa (g)
R1	78.45	21.55	0.05	4.9	5.25
R2	78.7	21.3	0.06	5	4.97
R3	78.39	21.61	0.06	5.1	4.85
PROMEDIO	78.51	21.49	0.06	5.00	5.02
DS	0.16	0.16	0.01	0.10	0.21

B. Resultados de la determinación de la velocidad de osmodeshidratación de papa, variedad Canchán

Cuadro 2: Datos de variación de peso, en proceso de osmodeshidratación de papa variedad Canchán

TIEMPO DE OD (min)	PERDIDA DE PESO (g)			
	T1 (2% NaCl)	T2 (5% NaCl)	T3 (8% NaCl)	T4 (10% NaCl)
0	15.496±0.293	15.730±0.105	15.516±0.221	15.413±0.119
5	14.552±0.349	13.987±0.127	13.229±0.293	12.929±0.185
10	14.159±0.293	13.219±0.375	12.819±0.280	12.856±0.025
20	14.240±0.135	12.772±0.260	12.339±0.087	12.335±0.083
30	13.686±0.083	12.451±0.164	12.153±0.035	12.533±0.255
40	13.348±0.184	12.358±0.161	12.119±0.300	12.319±0.310
50	13.076±0.247	12.252±0.047	12.111±0.079	12.246±0.367
60	12.705±0.266	12.172±0.121	11.900±0.346	11.932±0.273
70	12.559±0.190	12.027±0.358	11.794±0.039	11.372±0.145
80	12.806±0.231	12.055±0.113	11.504±0.320	11.335±0.267
90	12.648±0.367	12.045±0.033	12.114±0.187	12.075±0.138
120	12.524±0.432	12.292±0.061	11.977±0.250	11.807±0.286
150	12.372±0.090	11.982±0.072	11.695±0.156	11.670±0.028
180	12.294±0.397	12.123±0.060	11.959±0.126	11.666±0.347

Cuadro 3: Datos de tiempo (min) y pérdida de peso (%) registrados en el proceso de osmodeshidratación con T1, T2, T3 Y T4

PERDIDA DE PESO (%)				
TIEMPO DE OD (min)	T1 (2% NaCl)	T2 (5% NaCl)	T3 (8% NaCl)	T4 (10% NaCl)
0	0.000±0.000	0.071±0.123	0.000±0.000	0.000±0.000
5	5.655±0.457	10.249±0.088	13.739±0.118	15.593±0.227
10	7.868±0.349	15.266±0.228	17.510±0.118	17.797±0.061
20	7.935±0.345	18.170±0.072	19.579±0.300	18.524±0.028
30	13.344±0.451	21.197±0.214	21.541±0.147	18.727±0.301
40	14.099±0.395	21.475±0.287	21.893±0.053	20.799±0.142
50	15.713±0.141	22.332±0.147	22.140±0.056	21.521±0.214
60	17.458±0.250	23.015±0.296	22.963±0.160	22.295±0.165
70	19.060±0.223	22.469±0.271	24.588±0.282	25.362±0.300
80	18.274±0.384	23.645±0.119	25.787±0.254	26.183±0.133
90	17.607±0.251	24.238±0.292	22.392±0.181	23.574±0.203
120	18.448±0.337	22.626±0.254	23.149±0.065	23.858±0.271
150	20.475±0.220	23.679±0.300	24.337±0.272	22.570±0.177
180	20.374±0.324	23.202±0.234	23.751±0.177	24.092±0.079

Cuadro 4: Análisis de Varianza (ANVA) para Pérdida de peso (%)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F cal	Valor - F tab	Signif.
A:Tiempo de osmodeshidratado	6397.65	13	492.127	8915.5 9	1.77	**
B: Pre-tratamiento	1105.57	3	368.524	6676.3 4	2.65	**
INTERACCIONES						
AB	307.631	39	7.88797	142.90	1.46	*
RESIDUOS	6.18223	112	0.0551985			
TOTAL (CORREGIDO)	7817.04	167				

CV=1.24 %

Cuadro 5: Pruebas de Múltiple Rangos para pérdida de peso (%) por Tiempo de osmodeshidratado

<i>Tiempo de osmodeshidratado (minutos)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	12	0.0178167	0.0678224	a
5	12	11.3093	0.0678224	b
10	12	14.61	0.0678224	c
20	12	16.052	0.0678224	d
30	12	18.7022	0.0678224	e
40	12	19.5665	0.0678224	f
50	12	20.4267	0.0678224	g
60	12	21.4328	0.0678224	h
90	12	21.953	0.0678224	i
120	12	22.0205	0.0678224	i
150	12	22.7653	0.0678224	j
180	12	22.8545	0.0678224	j
70	12	22.8697	0.0678224	j
80	12	23.4721	0.0678224	k

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Cuadro 6: Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de peso (%) por pre-tratamiento.

<i>Pre-tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1 (2% NaCl)	42	14.0222	0.0362526	a
T2 (5% NaCl)	42	19.4025	0.0362526	b
T4 (10% NaCl)	42	20.064	0.0362526	c
T3 (8% NaCl)	42	20.2407	0.0362526	d

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Cuadro 7: Datos de la disminución de la humedad en función al tiempo de osmodeshidratado

DISMINUCION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TIEMPO DE OD (min)	T1	T2	T3	T4
0	78.500±0.000	78.515±0.027	78.500±0.000	78.500±0.000
5	77.376±0.110	76.630±0.000	75.480±0.000	76.420±0.000
10	77.160±0.000	73.150±0.000	74.308±0.015	74.450±0.001
20	76.213±0.177	72.680±0.000	73.050±0.000	73.850±0.000
30	76.020±0.000	71.990±0.000	72.990±0.000	71.820±0.000
40	75.900±0.000	70.130±0.000	72.120±0.000	70.420±0.000
50	75.650±0.000	68.280±0.000	71.257±0.011	69.020±0.000
60	74.750±0.000	66.430±0.000	70.380±0.000	67.620±0.000
70	74.420±0.000	67.850±0.000	69.510±0.000	65.753±0.250
80	73.500±0.000	66.720±0.000	66.988±0.021	67.600±0.000
90	73.928±0.108	65.900±0.000	67.440±0.000	68.650±0.000
120	74.900±0.000	67.860±0.000	69.380±0.000	67.900±0.000
150	72.800±0.000	66.480±0.000	66.850±0.000	68.000±0.000
180	71.800±0.000	67.040±0.000	66.713±0.006	66.771±0.362

Cuadro 8: Análisis de Varianza (ANVA) para Humedad (%)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F cal</i>	<i>Valor - F tab</i>	<i>Signif.</i>
A:Tiempo de osmodeshidratado	1653.78	13	127.213	28490.06	1.77	**
B: Pre-tratamiento	720.669	3	240.223	53799.05	2.65	**
INTERACCIONES						
AB	210.423	39	5.39546	1208.34	1.46	**
RESIDUOS	0.500101	112	0.00446519			
TOTAL (CORREGIDO)	2585.37	167				

CV=0.10%

Cuadro 9: Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad (%) por tiempo de osmodeshidratado

<i>Tiempo de osmodeshidratado (minuto)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
180	12	68.081	0.0192899	a
150	12	68.5328	0.0192899	b
80	12	68.7021	0.0192899	c
90	12	68.9797	0.0192899	d
70	12	69.3834	0.0192899	e
60	12	69.7952	0.0192899	f
120	12	70.0102	0.0192899	g
50	12	71.0518	0.0192899	h
40	12	72.1428	0.0192899	i
30	12	73.2051	0.0192899	j
20	12	73.9482	0.0192899	k
10	12	74.7671	0.0192899	l
5	12	76.4766	0.0192899	m
0	12	78.5038	0.0192899	n

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Cuadro 10: Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad (%) por Concentración

<i>Concentración</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2 (5% NaCl)	42	69.9755	0.0103109	a
T4 (10% NaCl)	42	70.484	0.0103109	b
T3 (8% NaCl)	42	71.069	0.0103109	c
T1 (2% NaCl)	42	75.2085	0.0103109	d

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Ganancia de solidos

Cuadro 11: Datos de la ganancia de solidos

GANANCIA DE SOLIDOS (%)				
TIEMPO DE OD (min)	T1	T2	T3	T4
0	0.000±0.000	-0.015±0.053	0.000±0.000	0.000±0.000
5	-0.155±0.207	-0.510±0.021	-0.349±0.029	-1.597±0.054
10	-0.457±0.080	1.266±0.061	-0.307±0.022	-0.497±0.016
20	0.400±0.091	0.871±0.020	0.174±0.081	-0.194±0.007
30	-0.720±0.108	0.588±0.060	-0.308±0.040	1.403±0.085
40	-0.798±0.095	1.970±0.086	0.276±0.015	1.927±0.042
50	-0.976±0.034	3.151±0.047	0.879±0.008	2.813±0.066
60	-0.658±0.063	4.359±0.099	1.318±0.047	3.661±0.054
70	-0.796±0.057	3.441±0.087	1.493±0.086	4.061±0.152
80	0.157±0.102	3.926±0.040	3.000±0.098	2.417±0.043
90	-0.018±0.126	4.350±0.099	3.769±0.059	2.459±0.064
120	-1.030±0.085	3.383±0.082	2.032±0.020	2.941±0.087
150	0.131±0.060	4.098±0.101	3.582±0.090	3.277±0.057
180	0.954±0.091	3.828±0.077	3.881±0.063	3.724±0.254

Cuadro 12: Análisis de Varianza (ANVA) para Ganancia de solidos (%)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón - F cal</i>	<i>Valor - F tab</i>	<i>Signif.</i>
A:Tiempo de osmodeshidratado	233.005	13	17.9235	2688.69	1.77	**
B: Pre-tratamiento	177.636	3	59.2119	8882.33	2.65	**
INTERACCIONES						
AB	122.083	39	3.13033	469.58	1.46	**
RESIDUOS	0.74662	112	0.00666625			
TOTAL (CORREGIDO)	533.47	167				

CV=5.97%

Cuadro 13: Pruebas de Múltiple Rangos para Ganancia de solidos (%) por Tiempo de osmodeshidratado

<i>Tiempo de osmodeshidratado (minutos)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
5	12	-0.652833	0.0235695	a
0	12	-0.003825	0.0235695	b
10	12	0.00145	0.0235695	b
30	12	0.240667	0.0235695	c
20	12	0.312525	0.0235695	c
40	12	0.843958	0.0235695	d
50	12	1.46685	0.0235695	e
120	12	1.83139	0.0235695	f
70	12	2.04993	0.0235695	g
60	12	2.16995	0.0235695	h
80	12	2.37489	0.0235695	i
90	12	2.63994	0.0235695	j
150	12	2.772	0.0235695	k
180	12	3.09684	0.0235695	l

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Cuadro 14: Pruebas de Múltiple Rangos para Ganancia de solidos (%) por pre-tratamiento.

<i>Concentración</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1 (2% NaCl)	42	-0.283324	0.0125984	a
T3 (8% NaCl)	42	1.38857	0.0125984	b
T4 (10% NaCl)	42	1.8853	0.0125984	c
T2 (5% NaCl)	42	2.47909	0.0125984	d

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Anexo 2

Resultados de la determinación del contenido de grasa en las papas fritas y el tiempo de fritura

- **Determinación de grasa**

Cuadro 15: Resultados del contenido de grasa absorbida por papas fritas con pre-tratamientos

Pre-tratamiento	Tiempo de fritura (minutos)	Repetición	Grasa (%)
T0	3	R1	17.2899
		R2	16.7254
		R3	18.6108
		PROMEDIO	17.5420
		DS	0.9676384
	4	R1	15.7822
		R2	16.8574
		R3	17.3983
		PROMEDIO	16.6793
		DS	0.8226082
	5	R1	16.5615
		R2	15.4458
		R3	16.0299
		PROMEDIO	16.0124
		DS	0.5580781
	6	R1	17.0924
		R2	18.6656
		R3	16.0914
		PROMEDIO	17.2831
		DS	1.2976808
7	R1	16.2015	
	R2	18.3293	
	R3	17.2490	
	PROMEDIO	17.2599	
	DS	1.0638987	
T1	3	R1	13.2346
		R2	13.6420
		R3	12.8009
		PROMEDIO	13.2258
		DS	0.4206003
	4	R1	14.7921
		R2	15.0110
		R3	13.3310
		PROMEDIO	14.3780
		DS	0.9132929
	5	R1	13.9044
		R2	15.7069
		R3	14.1819
		PROMEDIO	14.5978
		DS	0.9705157
	6	R1	14.4615
		R2	15.9787
		R3	15.2530
		PROMEDIO	15.2311
		DS	0.7588363
7	R1	12.8829	
	R2	13.5488	
	R3	14.0520	
	PROMEDIO	13.4946	
	DS	0.586428	

Pre-tratamiento	Tiempo de fritura (minutos)	Repetición	Grasa (%)
T2	3	R1	13.6725
		R2	13.4662
		R3	15.4048
		PROMEDIO	14.1811
		DS	1.0647006
	4	R1	13.1494
		R2	13.9025
		R3	13.9076
		PROMEDIO	13.6532
		DS	0.4362689
	5	R1	12.2403
		R2	12.6650
		R3	12.3437
		PROMEDIO	12.4164
		DS	0.2214752
	6	R1	14.7819
		R2	14.4005
		R3	15.2382
		PROMEDIO	14.8069
		DS	0.4193942
7	R1	12.7160	
	R2	12.4188	
	R3	13.5145	
	PROMEDIO	12.8831	
	DS	0.5666328	
T3	3	R1	13.2679
		R2	14.2116
		R3	14.9476
		PROMEDIO	14.1424
		DS	0.841984
	4	R1	14.0155
		R2	13.1617
		R3	12.3960
		PROMEDIO	13.1911
		DS	0.8101268
	5	R1	12.3220
		R2	11.2566
		R3	12.2008
		PROMEDIO	11.9265
		DS	0.5832643
	6	R1	13.0343
		R2	13.5634
		R3	13.3142
		PROMEDIO	13.3040
		DS	0.2647031
7	R1	12.1194	
	R2	13.9996	
	R3	13.2273	
	PROMEDIO	13.1154	
	DS	0.9450596	

Pre-tratamiento	Tiempo de fritura (minutos)	Repetición	Grasa (%)
T4	3	R1	11.7145
		R2	11.2507
		R3	13.3022
		PROMEDIO	12.0891
		DS	1.0758594
	4	R1	11.3398
		R2	11.5321
		R3	12.8384
		PROMEDIO	11.9034
		DS	0.8153786
	5	R1	12.8998
		R2	12.7725
		R3	13.8144
		PROMEDIO	13.1622
		DS	0.5683651
	6	R1	12.3145
		R2	11.8096
		R3	12.0640
		PROMEDIO	12.0627
		DS	0.2524317
7	R1	13.8327	
	R2	13.1930	
	R3	13.7199	
	PROMEDIO	13.5819	
	DS	0.3414899	

Cuadro 16: Análisis de varianza (ANVA) para contenido de grasa absorbido por papas fritas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F cal	Valor-F tab	Signif.
A: Tiempo de fritado	6.85118	4	1.7128	2.96	3.72	n.s
B: Pre-tratamiento	175.842	4	43.9606	75.91	2.56	*
INTERACCIONES						
AB	31.3513	16	1.95946	3.38	4.77	n.s.
RESIDUOS	28.9551	50	0.579103			
TOTAL (CORREGIDO)	243.0	74				

CV=5.40 %

Cuadro 17: Pruebas de Múltiple Rangos TUKEY para contenido de Grasa por Tiempo de fritura

Tiempo de fritura (minutos)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
5	15	13.623	0.196486	a
4	15	13.961	0.196486	ab
7	15	14.067	0.196486	ab
3	15	14.2361	0.196486	ab
6	15	14.5375	0.196486	b

Cuadro 18: Pruebas de Múltiple Rangos TUKEY para Grasa por pre-tratamiento

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T4 (10% NaCl)	15	12.5599	0.196486	a
T3 (8% NaCl)	15	13.1359	0.196486	ab
T2 (5% NaCl)	15	13.5881	0.196486	bc
T1 (2% NaCl)	15	14.1854	0.196486	c
T0 (muestra control)	15	16.9554	0.196486	d

- **Evaluación sensorial**

Cuadro 19: Promedios de las características sensoriales de las papas fritas, variedad Canchan

Tratamiento	Promedios de las variables de respuesta			
	Color	Textura	Sabor	Aceptación
S1	3.67±0.90	1.53±0.74	1.27±0.46	2.60±0.83
S2	3.07±0.88	2.13±0.74	1.20±0.56	2.53±0.64
S3	3.87±0.83	2.53±0.64	1.40±0.63	2.80±0.77
S4	4.07±0.80	2.87±0.92	1.53±0.64	2.67±0.72
S5	4.20±0.77	2.87±0.99	1.73±0.70	2.87±0.52
S6	3.53±0.92	2.20±0.94	2.33±0.62	2.93±0.70
S7	4.20±0.94	3.33±0.82	2.40±0.63	2.87±0.83
S8	4.07±0.96	3.13±0.83	2.40±0.63	2.87±0.92
S9	4.73±0.59	3.67±0.90	2.33±0.72	3.27±0.96
S10	4.53±0.74	4.07±0.96	3.07±0.80	3.40±0.99
S11	3.47±0.99	2.40±0.83	2.87±0.74	2.60±0.74
S12	3.47±0.83	2.67±0.72	2.13±0.52	3.13±0.92
S13	4.00±0.65	3.13±0.99	3.20±0.68	3.60±0.74
S14	4.53±0.64	3.53±0.83	3.20±0.56	3.33±0.62
S15	4.80±0.41	4.00±0.93	3.13±0.74	2.80±0.77

-

Tabla 6: Resultados de la evaluación sensorial del atributo color de las papas fritas

N° DE PANELISTA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	3	5	5
2	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4	5
3	2	2	5	4	3	2	5	5	5	4	3	3	4	4	5
4	4	4	5	5	3	2	3	5	4	5	5	2	3	5	5
5	5	2	3	1	4	5	5	2	5	4	3	2	1	3	5
6	3	5	3	5	5	3	5	5	5	5	3	5	3	5	5
7	5	1	3	3	5	3	2	5	5	5	3	4	5	5	5
8	4	4	3	3	4	4	4	4	5	4	3	3	4	4	5
9	4	4	4	3	5	3	4	5	3	5	3	4	4	5	5
10	3	5	3	4	4	5	5	3	5	5	4	5	5	5	5
11	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5
12	2	1	4	4	4	3	4	3	5	3	2	3	4	5	3
13	4	2	5	5	4	4	3	5	5	5	2	5	5	5	2
14	3	3	3	3	3	4	4	3	5	3	4	3	3	4	4
15	4	4	4	4	5	3	4	4	4	5	3	4	4	4	5

Cuadro 20: Análisis de varianza (ANVA) para atributo color de las papas fritas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F cal	Valor-F tab	Signif.
Bloque (Panelista)	22.56	14	1.6114	2.08	1.74	*
Tratamientos (muestras)	54.26	14	3.8779	4.99	1.74	*
RESIDUOS	152.11	196	0.7761			
TOTAL (CORREGIDO)	228.96	224				

CV= 19.34%

Cuadro 21: Pruebas de Múltiple Rangos TUKEY para color por tratamiento

Tratamientos	Media	Tukey (p 0.05)
S15 (5% NaCl; 7 minutos de fritura)	4.80	a
S9 (2% NaCl; 6 minutos de fritura)	4.73	a
S14 (5% NaCl; 6 minutos de fritura)	4.53	a
S10 (2% NaCl; 7 minutos de fritura)	4.53	a
S7 (2% NaCl; 4 minutos de fritura)	4.20	bc
S5 (0% NaCl; 7 minutos de fritura)	4.20	c
S8 (2% NaCl; 5 minutos de fritura)	4.07	c
S4 (0% NaCl; 6 minutos de fritura)	4.07	c
S13 (5% NaCl; 5 minutos de fritura)	4.00	c
S3 (0% NaCl; 5 minutos de fritura)	3.87	cd
S1 (0% NaCl; 3 minutos de fritura)	3.67	de
S6 (2% NaCl; 3 minutos de fritura)	3.53	e
S12 (5% NaCl; 4 minutos de fritura)	3.47	e
S11 (5% NaCl; 3 minutos de fritura)	3.47	e
S2 (0% NaCl; 4 minutos de fritura)	3.07	e

Tabla 7: Resultados de la evaluación sensorial del atributo textura de las papas fritas

N° DE PANELISTAS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1	1	2	3	4	4	3	4	4	4	5	3	3	3	3	5
2	2	3	3	3	3	1	2	3	4	4	2	3	3	3	4
3	1	1	2	3	3	1	2	3	4	5	3	3	3	4	4
4	1	1	2	2	3	1	3	3	3	3	2	3	3	4	4
5	1	2	3	2	2	4	4	2	5	4	1	3	2	3	4
6	1	2	2	3	4	2	3	3	3	4	2	2	3	4	4
7	2	2	3	3	2	4	3	3	3	3	3	2	4	4	4
8	3	3	2	4	3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	5
9	2	3	3	4	4	3	4	5	2	3	2	3	1	4	5
10	1	3	3	4	4	4	4	4	5	5	2	4	5	5	5
11	1	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	4
12	3	2	3	3	2	4	3	2	5	5	3	2	4	3	2
13	1	3	3	2	1	4	5	2	4	5	1	1	4	2	4
14	1	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	3	3	4	2
15	2	2	3	3	4	1	3	3	4	5	3	3	3	4	4

Cuadro 22: Análisis de varianza (ANOVA) para atributo textura de las papas fritas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F cal</i>	<i>Valor-F tab</i>	<i>Signif.</i>
Bloque (panelista)	32.73	14	2.3379	3.7539	1.74	*
Tratamientos (muestras)	108.33	14	7.7379	14.4244	1.74	*
RESIDUOS	122.07	19 6	0.6228			
TOTAL (CORREGIDO)	263.13	22 4				

CV= 26.84%

Cuadro 23: Pruebas de Múltiple Rangos TUKEY para textura por tratamiento

Tratamientos	Media LS	Tukey (p 0.05)
S10 (2% NaCl; 7 minutos de fritura)	4.07	a
S15 (5% NaCl; 7 minutos de fritura)	4.00	a
S9 (2% NaCl; 6 minutos de fritura)	3.67	b
S14 (5% NaCl; 6 minutos de fritura)	3.53	bc
S7 (2% NaCl; 4 minutos de fritura)	3.33	c d
S8 (2% NaCl; 5 minutos de fritura)	3.13	d
S13 (5% NaCl; 5 minutos de fritura)	3.13	d
S4 (0% NaCl; 6 minutos de fritura)	2.87	e
S5 (0% NaCl; 7 minutos de fritura)	2.87	e
S12 (5% NaCl; 4 minutos de fritura)	2.67	ef
S3 (0% NaCl; 5 minutos de fritura)	2.53	fg
S11 (5% NaCl; 3 minutos de fritura)	2.40	gh
S6 (2% NaCl; 3 minutos de fritura)	2.20	hi
S2 (0% NaCl; 4 minutos de fritura)	2.13	i
S1 (0% NaCl; 3 minutos de fritura)	1.53	j

Tabla 8: Resultados de la encuesta del atributo sabor de las papas fritas

N° DE PANELISTAS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1	2	1	1	2	2	3	3	3	2	3	4	2	4	3	2
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
4	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	3	2	3	3	4
5	2	1	1	2	2	2	3	2	3	4	4	2	4	4	4
6	1	1	1	2	2	2	3	3	2	3	2	2	3	3	2
7	1	1	3	1	2	2	2	2	1	1	2	1	4	4	4
8	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2
9	1	1	1	1	1	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3
10	2	3	2	2	3	3	3	4	3	4	4	2	4	4	4
11	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
12	2	1	2	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	4	3
13	1	2	1	1	1	3	3	2	3	4	3	2	3	3	3
14	1	1	2	2	2	3	3	3	4	2	2	2	4	3	4
15	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3

Cuadro 24: Análisis de varianza (ANVA) para atributo sabor de las papas fritas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F cal</i>	<i>Valor-F tab</i>	<i>Signif.</i>
Bloque (Panelista)	32.56	14	2.3257	8.1632	1.74	*
Tratamientos (muestras)	108.96	14	7.7829	27.3180	1.74	*
RESIDUOS	55.84	19 6	0.2849			
TOTAL (CORREGIDO)	197.36	22 4				

CV=23.41%

Cuadro 25: Pruebas de Múltiple Rangos TUKEY para sabor por tratamiento

Tratamientos	Media LS	Tukey (p 0.05)
S13 (5% NaCl; 5 minutos de fritura)	3.20	a
S14 (5% NaCl; 6 minutos de fritura)	3.20	a
S15 (5% NaCl; 7 minutos de fritura)	3.13	a
S10 (2% NaCl; 7 minutos de fritura)	3.07	a
S11 (5% NaCl; 3 minutos de fritura)	2.87	b
S7 (2% NaCl; 4 minutos de fritura)	2.40	c
S8 (2% NaCl; 5 minutos de fritura)	2.40	c
S6 (2% NaCl; 3 minutos de fritura)	2.33	c
S9 (2% NaCl; 6 minutos de fritura)	2.33	c
S12 (5% NaCl; 4 minutos de fritura)	2.13	d
S5 (0% NaCl; 7 minutos de fritura)	1.73	e
S4 (0% NaCl; 6 minutos de fritura)	1.53	f
S3 (0% NaCl; 5 minutos de fritura)	1.40	fg
S1 (0% NaCl; 3 minutos de fritura)	1.27	g
S2 (0% NaCl; 4 minutos de fritura)	1.20	h

Tabla 9: Resultados de la evaluación sensorial de aceptación de las papas fritas

N° DE PANELISTAS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1	3	3	4	4	3	4	4	4	5	4	3	4	4	4	2
2	3	3	2	3	4	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2
3	4	4	2	3	3	4	4	4	4	5	3	4	4	4	3
4	2	2	2	2	3	3	3	1	3	3	1	2	5	3	2
5	2	2	3	4	2	3	4	2	4	5	2	4	5	3	2
6	3	2	3	3	3	3	4	4	3	4	2	3	3	4	3
7	2	3	3	2	3	4	2	2	5	3	2	4	4	4	2
8	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
9	2	3	4	2	3	3	2	3	4	3	4	4	3	3	4
10	4	2	4	2	3	2	2	4	2	2	3	2	4	2	2
11	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
12	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3
13	2	3	3	3	3	3	2	3	2	4	2	1	3	3	3
14	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3
15	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	4

Cuadro 26: Análisis de varianza (ANVA) para aceptación de las papas fritas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F cal	Valor-F tab	Signif.
Bloque (jueces)	31.39	14	2.2421	4.4380	1.74	*
Tratamientos (muestras)	22.06	14	1.5757	3.1189	1.74	*
RESIDUOS	99.01	196	0.5052			
TOTAL (CORREGIDO)	152.46	224				

CV=24.93%

Cuadro 27: Pruebas de Múltiple Rangos TUKEY para aceptación por tratamiento

Tratamientos	Media LS	Tukey (p 0.05)
S13 (5% NaCl; 5 minutos de fritura)	3.60	a
S10 (2% NaCl; 7 minutos de fritura)	3.40	a b
S14 (5% NaCl; 6 minutos de fritura)	3.33	b
S9 (2% NaCl; 6 minutos de fritura)	3.27	b
S12 (5% NaCl; 4 minutos de fritura)	3.13	b c
S6 (2% NaCl; 3 minutos de fritura)	2.93	c d
S5 (0% NaCl; 7 minutos de fritura)	2.87	d
S7 (2% NaCl; 4 minutos de fritura)	2.87	d
S8 (2% NaCl; 5 minutos de fritura)	2.87	d
S3 (0% NaCl; 5 minutos de fritura)	2.80	d
S15 (5% NaCl; 7 minutos de fritura)	2.80	d
S4 (0% NaCl; 6 minutos de fritura)	2.67	d
S1 (0% NaCl; 3 minutos de fritura)	2.60	d
S11 (5% NaCl; 3 minutos de fritura)	2.60	d
S2 (0% NaCl; 4 minutos de fritura)	2.53	d

Anexo 3**Determinación de vida útil**

Cuadro 28: Datos del índice de peróxidos de las papas fritas con R1 y R0

Tratamientos	Tiempo de almacenamiento (días)	Repeticion	Indice de peroxidos
R1	D1	R1	2.7988
		R2	2.6976
		R3	2.2965
		PROMEDIO	2.5976
		DS	0.2657
	D2	R1	4.1902
		R2	3.9992
		R3	3.9996
		PROMEDIO	4.0630
		DS	0.1102
	D3	R1	5.1875
		R2	4.1988
		R3	4.3917
		PROMEDIO	4.5927
		DS	0.5241
	D4	R1	3.9876
		R2	5.4912
		R3	3.9950
		PROMEDIO	4.4913
		DS	0.8660
	D5	R1	4.7870
		R2	4.8628
		R3	4.9817
		PROMEDIO	4.8771
		DS	0.0981
	D6	R1	4.9524
		R2	5.1973
		R3	5.4889
		PROMEDIO	5.2129
		DS	0.2686
	D7	R1	5.3675
		R2	5.1983
R3		5.5987	
PROMEDIO		5.3882	
DS		0.2010	
D8	R1	5.9986	
	R2	4.9695	
	R3	5.5907	
	PROMEDIO	5.5196	
	DS	0.5182	

R0	D1	R1	1.9957
		R2	2.4894
		R3	1.9873
		PROMEDIO	2.1575
		DS	0.2875
	D2	R1	2.4943
		R2	2.5983
		R3	2.0000
		PROMEDIO	2.3642
		DS	0.3197
	D3	R1	3.5691
		R2	2.9999
		R3	3.2955
		PROMEDIO	3.2881
		DS	0.2847
	D4	R1	3.9698
		R2	3.8959
		R3	4.1841
		PROMEDIO	4.0166
		DS	0.1497
	D5	R1	4.4668
		R2	3.9781
		R3	4.6989
		PROMEDIO	4.3813
		DS	0.3679
	D6	R1	3.9419
		R2	4.5944
		R3	5.1603
PROMEDIO		4.5655	
DS		0.6097	
D7	R1	4.7885	
	R2	4.9845	
	R3	5.2495	
	PROMEDIO	5.0075	
	DS	0.2314	
D8	R1	5.3675	
	R2	4.9917	
	R3	4.8995	
	PROMEDIO	5.0862	
	DS	0.2479	

Cuadro 29: Análisis de varianza (ANVA) para el contenido de índice de peróxidos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Signif.</i>
A:Tiempo de almacenamiento	43.3373	7	6.19104	41.20	2.25	*
B:Tratamiento	6.4827	1	6.4827	43.14	4.08	*
AB	2.53243	7	0.361776	2.41	2.25	*
RESIDUOS	4.80873	32	0.150273			
TOTAL (CORREGIDO)	57.1611	47				

CV=9.16%

Cuadro 30: Prueba de Múltiple Rango TUKEY para el contenido de índice de peróxidos por Tiempo de almacenamiento

<i>Tiempo (días)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	2.38	0.158258	a
2	6	3.21333	0.158258	b
3	6	3.94167	0.158258	c
4	6	4.255	0.158258	cd
5	6	4.63	0.158258	cde
6	6	4.88833	0.158258	de
7	6	5.19833	0.158258	e
8	6	5.30333	0.158258	e

Cuadro 31: Prueba de Múltiple Rango TUKEY para el contenido de índice de peróxidos por Tratamiento

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
R0 (con pre-tratamiento)	24	3.85875	0.0791288	a
R1 (sin pretratamiento)	24	4.59375	0.0791288	b

Anexo 4

Panel fotográfico



Fotografía 1. Papa variedad Canchán



Fotografía 4. Soluciones osmodeshidratantes



Fotografía 2. Papa trozado (10mmx30mm)



Fotografía 5. Papa fresca previo a las osmodeshidratacion



Fotografía 3. Blanqueado



Fotografía 6. Osmodeshidratacion de Papa variedad Canchán



Fotografía 7. Secado de Papa osmodeshidratadas



0 % 2% 5% 8% 10%

Fotografía 10. Papas fritas



Fotografía 8. Papa seca enfriada en una campana desecadora para humedad



Fotografía 11. Papas fritas secas y molidas para determinar grasa



Fotografía 9. Fritura de papas



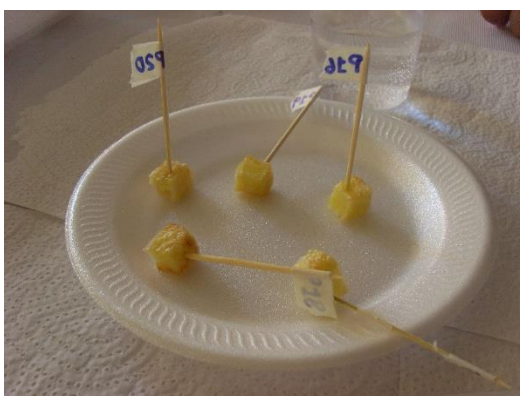
Fotografía 12. Extracción de grasa en cuerpo socklet



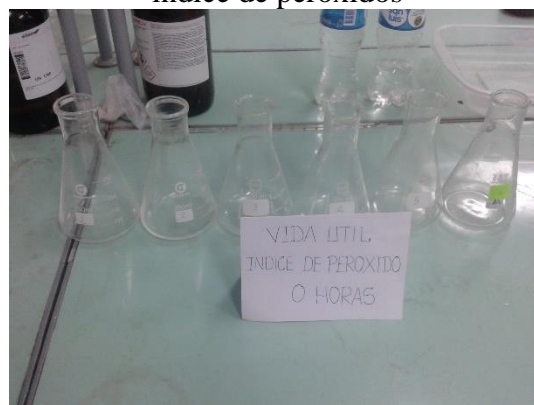
Fotografía 13. Entrenando a los encuestadores



Fotografía 16. Extracción de grasa para índice de peróxidos



Fotografía 14. Muestras de papas fritas para la evaluación sensorial



Fotografía 17. Muestras mezcladas con ácido acético y cloroformo



Fotografía 15. Muestras almacenadas de papas fritas para índice de peróxidos



Fotografía 18. Muestras con yoduro de potasio

Anexo 5

Ficha análisis sensorial descriptivo de papas fritas, utilizando una escala categorizada de cinco puntos para cada atributo

Papas fritas – Análisis sensorial- sesión N° _____

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan cinco muestras de papas fritas. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Describa cada muestra de acuerdo al puntaje/ categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

Puntaje	Categoría de color	Categoría de textura	Categoría de sabor
5	Marrón	Muy crujiente	Muy salado
4	Amarillo	Crujiente	Salado
3	Leve amarillo	Moderadamente crujiente	Moderadamente salado
2	Crema	Poco crujiente	Poco salado
1	Blanco	Ausencia	Ausencia de salado

Código de muestras	Color	Textura	Sabor
D			
E			
I			
R			
F			

Ficha de evaluación sensorial- medición del grado de aceptabilidad

Papas fritas – Análisis sensorial- sesión N° _____

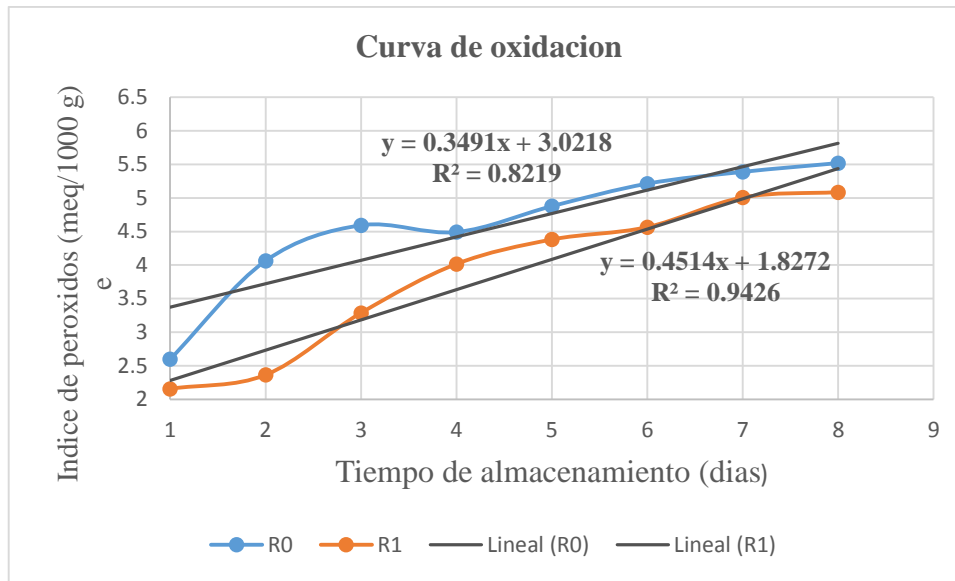
INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan cinco muestras de papas fritas. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada muestra, de acuerdo al puntaje/ categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

Puntaje	Categoría
5	Me gusta mucho
4	Me gusta ligeramente
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta ligeramente
1	Me disgusta mucho

Código de muestras	Puntaje
D	
E	
I	
R	
F	

Anexo 6. Ecuación de orden cero



Ecuación de orden cero

$$Q_f = Q_0 - Kt_u \tag{10}$$

En consecuencia, la vida útil t_u será:

$$t_u = \frac{Q_0 - Q_f}{k}$$

- Para R0 (muestra de papa osmodeshidratada frita)

$$Q_f = 3.0218 + 0.3491t_u$$

Considerando el $Q_f = 10 \text{ meq}/1000g$; $k = 0.3491$

$$t_u = \frac{10 - 3.0218}{0.3491} = 19 \text{ dias}$$

- Para R1 (muestra de papa frita control)

$$Q_f = 1.8272 + 0.4514t_u$$

Considerando el $Q_f = 10 \frac{\text{meq}}{1000g}$; $k = 0.4514$

$$t_u = \frac{10 - 1.8272}{0.4514} = 18 \text{ dias}$$

Anexo 7



CONSTANCIA

El que suscribe, **Coordinador del Programa de Semillas de la Estación Experimental Agraria Illpa INIA - Puno.**

HACE CONSTAR:

Que la MUESTRA de papa que presento la Srta. Paulina Chambilla Escobar a la oficina del Programa corresponde a la variedad de papa **Canchan INIA**, por sus características de: Tubérculos de forma ovalada y de piel de color rojizo con carne de color crema y con ojos superficiales. Esta variedad ha sido liberada en la Región de Huánuco y actualmente es la única variedad mejorada más cultivada en el Perú. Además, esta variedad por ser semi precoz, se puede obtener dos cosechas al año.

Se expide el presente, para los fines que viera por conveniente.

Salcedo, 10 de mayo del 2016.



www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363812
E: illpa@inia.gob.pe