
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN LA IDENTIFICACIÓN, ADECUACIÓN Y ESCALDADO DE LA PAPA CRIOLLA (*SOLANUM PHUREJA*)

Alba Patricia Guerrero Guerrero

Carlos Alberto Rivera Díaz

Universidad de Nariño

Facultad de Ingeniería Agroindustria

Grupo de Investigación del Nororiente Amazónico

Autores para correspondencia:

apatriciagg@misena.edu.co; carlosbeto1082@hotmail.com

Resumen: El objetivo de este trabajo de investigación es el estudio de la papa criolla (*Solanum phureja*), para lo cual se busca determinar las condiciones óptimas en las etapas de adecuación y escaldado, con miras a la estandarización e industrialización del proceso. En la etapa de adecuación se evaluó el contenido de azúcares reductores por el método de Nelson; también se evaluó la cantidad de materia seca y de almidón. Para la clasificación se trabajó con cinco tamaños de papa criolla, realizando el análisis estadístico de la relación entre las variables peso vs. diámetro. En la etapa de escaldado se hace un diseño experimental donde se maneja tres variables: temperatura del agua (°C), tiempo (min) y adición de cloruro de calcio (g/l); siendo la variable de respuesta (Respuesta Global) el promedio de la sumatoria de respuestas de peroxidasa, textura, fracturabilidad y penetrabilidad.

Como resultados de la adecuación se encontró un contenido de 0.072% de azúcares reductores, 23.57% de materia seca y 16.49% de almidón. Del proceso de clasificación se evidenció que el tamaño tres es el predominante, con un porcentaje de 32.52%. La etapa del escaldado se realizó con los tres tamaños más representativos (2, 3 y 4); en esta etapa, para la papa criolla de tamaño 2 la mejor respuesta es un tiempo bajo y una temperatura alta (9,6 min y 90°C). Para el tamaño 3 la mejor respuesta se encuentra en la combinación de los niveles medios (17 min y 85°C, aprox.). Para el tamaño de papa número 4 la mejor respuesta se encuentra al extremo más alto de tiempo y temperatura (21,3 min y 93,4°C). La adición de cloruro de calcio no es significativa estadísticamente en ningún tamaño.

Palabras clave: adecuación, escaldado, industrialización, *Solanum phureja*.

EVALUATION OF QUALITY PARAMETERS IN THE IDENTIFICATION, ADAPTATION AND ESCALATION OF POTATO CRIOLLA (*SOLANUM PHUREJA*)

Abstract: The objective of this research work is the study of the Creole potato (*Solanum phureja*), for which it is sought to determine the optimal conditions in the stages of adaptation and blanching, with a view to the standardization and industrialization of the process. In the adaptation stage, the content of reducing sugars was evaluated by the Nelson method; the amount of dry matter and starch was also valued. For the classification, we worked with five sizes of Creole potatoes, performing the statistical analysis of the relationship between the variables weight vs diameter. In the blanching stage, an experimental design is made where three variables are handled: water temperature (°C), time (min) And addition of calcium chloride (g/l); the response variable (Global Response) being the average of the sum of peroxidase, texture, fracturability and penetrability responses.

As a result of the adaptation, a content of 0.072% of reducing sugars, 23.57% of dry matter and 16.49% of starch was found. From the classification process it was evidenced that size three is the predominant one, with a percentage of 32.52%. The blanching stage was carried out with the three of the most representative sizes (2, 3 and 4); At this stage, for the Creole potato of size 2 the best response is a low time and a high temperature (9,6 min and 90 ° C). For size 3 the best response is found in the combination of the average levels (17 min and 85°C, approx.). For the size of potato number 4 the best response is found at the highest end of time and temperature (21,3 min and 93.4°C). The addition of calcium chloride is not statistically significant at any size.

Key words: preparation for consumption, blanching, industrialization, *Solanum phureja*.

Introducción

Según Alvarado (2000), en el mundo la papa ocupa el cuarto lugar en importancia como producto alimenticio, después del trigo, el maíz y el arroz. En Colombia, la producción de papa es una de las principales actividades agrícolas de la economía por su participación significativa en el Producto Interno Bruto, la generación de empleo rural y la seguridad alimentaria de los colombianos. En nuestro país la papa ocupa el tercer lugar en área sembrada, con alrededor de 166.000 ha/año, con una producción de 3.320.000 ton/año y con un rendimiento de 20 ton/ha, actividad que genera 20.000.000 de jornales al año. Según el Ministerio de Agricultura, su participación en el PIB de Nariño es del 5%, por ser uno

de los cultivos de mayor demanda de insumos y uno de los sectores que abarca sub-sectores como son los de producción, procesamiento, transporte y comercialización, constituyéndose así en el eje fundamental del sur y el altiplano del departamento de Nariño.

La presente investigación se llevó a cabo mediante el estudio de la papa criolla (*Solanum phureja*), estableciendo un proceso óptimo para su industrialización y determinando las condiciones y parámetros que garanticen un producto de calidad. Dentro del estudio se buscó optimizar y evaluar las variables durante las etapas de adecuación y escaldado, a fin de determinar las mejores condiciones para el procesamiento y estandarización.

Como objetivos específicos se pretende identificar las características de la papa criolla sembrada en el departamento de Nariño, como porcentaje de azúcares reductores, contenido de materia seca y almidón. De igual forma, optimizar las condiciones y métodos en la primera etapa del proceso denominada “adecuación”, que incluye las operaciones de lavado, selección y clasificación, para lo cual se evaluó las variables diámetro, forma y peso. Finalmente, se buscó determinar tres tamaños de papa con los cuales se realizó el proceso de escaldado. Por ende, se optimiza las condiciones y métodos del proceso denominado “escaldado”, para lo cual se valoró las variables temperatura del agua (°C), tiempo (min) y adición de cloruro de calcio (g/l).

Materiales y métodos

La realización del estudio para la optimización del proceso de industrialización de la papa criolla se realizó en los laboratorios de química orgánica, y la planta piloto del programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Nariño ubicada en la ciudad de San Juan de Pasto.

Materiales y equipos

Material experimental: Se utilizó como materia prima la papa criolla, variedad yema de huevo (*Solanum phureja*), entera y con cáscara, con un tiempo de cosecha de 130 días, y un tiempo de post-cosecha estimado de 3 a 5 días.

Reactivos e insumos: Se utilizó cloruro de calcio, alcohol 70%, solución de guayacol (0.05%) en alcohol al 50%, peróxido de hidrógeno al 0.8%, hidróxido de sodio al 0.1%, ácido clorhídrico al 0.1%, suministrados por los laboratorios de la Universidad de Nariño.

Maquinaria y equipo: Para la etapa de adecuación se utilizó una báscula electrónica marca JAVAR modelo BS-60-250W. Una balanza electrónica marca OHAUS. Unas paletas de caucho con orificios de 2.5 a 4.9 cm

de diámetro. Mesas en acero inoxidable. Mallas en acero inoxidable, baldes plásticos, probetas de 100, 250 y 500 ml. Para el escaldado se utilizó un termómetro tipo J marca LUTRON ref. TM-903; un cronómetro marca CASIO ref. DB-150; beaker de 100 y 500 ml; mecheros; estufa industrial; termómetro de vidrio de 100°C y escurridores plásticos.

Identificación de las características de la papa criolla

Contenido de azúcares reductores: Se busca determinar el porcentaje de azúcares reductores presentes en el material experimental utilizado, el cual se cuantifica utilizando el método de Nelson (Luque, 1990). Para mayor confiabilidad, la cuantificación del porcentaje de azúcares presente en la papa criolla fresca, con un periodo post-cosecha entre 3 y 5 días, se analiza por parte de la sección de laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

Contenido de materia seca: Se realiza a través del secado en estufa durante 24 horas a 70°C por triplicado muestras de 10 g de alimento. Para los cálculos de humedad se realizará en base húmeda y para el porcentaje de materia seca y almidón en base seca.

Acondicionamiento de la materia prima

Es la primera etapa del procesamiento general de toda materia prima, dentro de la cual se realizó las operaciones de lavado por inmersión y se evaluó la cantidad de agua gastada mediante la determinación de aforos volumétricos (m³/s); una selección de aquellas papas se retiró porque presentaban podredumbre, enverdecimiento, daños por insectos, ennegrecimiento, formas irregulares (no esféricas), cortaduras, daños en la piel o corteza y/o porque presentaban regeneración. Finalmente, se realiza una clasificación con el objetivo de asegurar una materia prima uniforme para estandarizar el producto físicamente, tomando como propiedad principal el tamaño; para lo cual se toma como base el estu-

dio realizado por Pino (1995). Sin embargo, el presente estudio determinó la clasificación con 5 tamaños de papa criolla, utilizando paletas de caucho que contienen orificios del diámetro superior, así:

Tabla 1. Rangos de diámetro de la papa criolla.

Tamaño	Denominación en paleta	Diámetro del orificio-paleta (cm)	Rango de diámetros (cm)
Riche (R)	1	2.4	< 2.4
Pequeña (P)	2	3.2	2.5 – 3.2
Mediana (M)	3	4.0	3.3 – 4.0
Grande (G)	4	4.9	4.1 – 4.9
Extragrande (Ex)	5	-	> 5.0

Fuente: Elaboración de los autores.

De acuerdo con la información anterior, durante el transcurso de la investigación se trabajó con los tamaños P (2), M (3) y G (4); para la clasificación se determinó el porcentaje representativo de cada tamaño dentro de un lote determinado e, igualmente, se realizó un análisis estadístico aplicando los conceptos de correlación y de regresión lineal (Gutiérrez y Salazar, 2003) para las variables peso vs. diámetro para cada tamaño.

Diseños experimentales

La parte experimental del escaldado se realizó por inmersión en agua caliente en una proporción (p/v) de 1:5 (papa/agua), evaluando los tres tamaños de papa; a cada uno se aplicó y analizó el mismo diseño de experimentos.

Diseño del tratamiento: El escalado debe considerarse como una condición básica para garantizar, durante el largo tiempo de depósito, la calidad de la papa criolla (Gruda y Postolski, 1993); para tal efecto, se utilizó un arreglo factorial con tres variables o factores experimentales: temperatura del agua (°C), tiempo (min) y concentración de cloruro de calcio (g/l).

La variable de respuesta (Respuesta Global) a obtener es un promedio de la sumatoria de respuestas de peroxidasa, textura, fracturabilidad, penetrabilidad, la cual tiene en cuenta la inactivación de enzimas (Fellow, 1993) mediante la prueba de guayacol (Osorio, 2003); la textura mediante la medición de presión (psi) donde la papa sufre un aplastamiento irreversible; porcentaje de fracturabilidad que determina el número de papas que sufren rompimiento de la cáscara en el escaldado frente al número de papas totales; y la penetración de calor a través de la medición de anillos (cm).

Tabla 2. Niveles y factores experimentales para el escaldado.

Niveles Factores	- α -1.682	-1	0	+1	α +1.682
X_1 = Tiempo de escaldado	9.6 min	12 min	15.5 min	19 min	21.4 min
X_2 = Temperatura de escaldado	76.6°C	80°C	85°C	90°C	93.4°C
X_3 = Concentración Cloruro de calcio	2 g/l	5.65 g/l	11 g/l	16.35 g/l	20 g/l

Fuente: Elaboración de los autores.

Respuesta global = Y_1 = Peroxidasa + textura + fracturabilidad + penetrabilidad.

Diseño experimental: Se trabajó un diseño experimental con las tres variables a dos niveles en un diseño experimental 2³, más puntos estrella y puntos centrales. Para determinar la superficie de respuesta con 18 tratamientos y con una réplica para cada tamaño de papa (2, 3 y 4), para un total de 108 unidades experimentales (Sharma *et al.*, 2003).

Diseño de análisis: Los resultados fueron analizados con el programa estadístico *Statgraphics* mediante el método de superficie de respuesta, donde se evaluó el análisis de la varianza (ANOVA), el diagrama de Pareto, los efectos e interacciones de las variables, la superficie de respuesta, la optimización de la respuesta y el modelo matemático.

Resultados

Resultados de identificación de las características de la papa criolla

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio para la variedad yema de huevo (*Solanum phureja*).

Contenido de azúcares reductores: Para el cálculo del contenido de azúcares reductores se utilizó el método de Nelson. El resultado obtenido fue de 0.072% de azúcares reductores presentes en la papa criolla, con un periodo post-cosecha entre los 3 y los 5 días, dicho resultado fue valorado por la sección de laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

Contenido de materia seca: Los resultados obtenidos del contenido de materia seca se muestran en la tabla 3, para la papa criolla variedad yema de huevo.

Al analizar la curva de secado se determinó que el contenido de materia seca es de 23.57% en base húmeda, y a su vez se calculó el contenido de materia seca y almidón; los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Contenido de materia seca en la papa criolla.

Papa criolla	Humedad	Materia seca	Almidón
<i>Solanum phureja</i>	76.43 %	23.57 %	16.49 %

Fuente: Elaboración de los autores.

Resultados acondicionamiento de la materia prima

Para la clasificación se trabajó los tamaños 2, 3 y 4 de papa criolla, como se describe en la tabla 4. A través del análisis a lo largo de la investigación, mediante la toma de muestras aleatorias cuantitativas, se determinó los porcentajes representativos de cada tamaño, el cual evidencia que el tamaño predominante es el tamaño 3, con un porcentaje de 32.52%.

Tabla 4. Porcentaje representativo de cada tamaño en una muestra.

Tamaño	T 1*	T 2	T 3	T 4	T 5*	Pérdidas totales
Porcentaje (%)	11,79	24,28	32,52	23,42	7,99	25.40

Fuente: elaboración de los autores. *Se tomaron en cuenta para el análisis.

El análisis estadístico para valorar la relación peso vs. diámetro de la papa criolla, aplicando los conceptos de correlación y regresión lineal, presenta mayor correlación (r) en el tamaño 4 frente a los tamaños 3 y 2, respectivamente, lo que indica que existe una relación lineal positiva fuerte (tabla 5), ya que el resultado es cercano a 1. Dicha línea es expresada por el modelo (\hat{Y}). De igual manera, se establece que en el tamaño 2 el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) muestra que el 87.46% de la variabilidad en los datos (Y) es explicada por el modelo (\hat{Y}), que es el menor frente a los tamaños 3 y 4; por último, el error estándar de estimación (σ) del tamaño 2 es menor respecto a los tamaños 3 y 4, lo que indica que la calidad del ajuste del modelo es menor.

Tabla 5. Regresión lineal y coeficientes de correlación peso y diámetro de la papa criolla.

Tamaños	r	Ŷ	R ² aj	σ
Pequeña (P)	0.9400	2.009 + 0.06324(X)	87.4695	0.02951
Mediana (M)	0.9466	2.1272 + 0.05698(X)	88.8117	0.07392
Grande (G)	0.9726	2.9575 + 0.02990(X)	94.1972	0.04409

Fuente: Elaboración de los autores.

r = Coeficiente de correlación; Ŷ = Modelo que explica la línea recta entre las variables peso vs. diámetro; σ = Error estándar de estimación; R²aj = Coeficiente de determinación ajustado; X = Variable peso.

Resultados etapa de escaldado

Diseño experimental para el escaldado de la papa criolla tamaño 2

En el análisis de la varianza, los efectos de las variables (tiempo, temperatura y concentración) sobre la variable respuesta (respuesta global), se observa que el tiempo, la temperatura, el efecto del tiempo al cuadrado, la interacción tiempo-temperatura, el efecto de la temperatura al cuadrado, y la interacción temperatura-concentración presentan valores de P menores de 0.05, lo que indica el efecto significativo sobre la variable de respuesta; mientras que la variable concentración y la interacción con la variable tiempo presenta un valor P mayor de 0.05, que muestra un efecto poco significativo en la variable de respuesta.

En la gráfica "Superficie de respuesta" (figura 1) se describe el comportamiento de las variables tiempo y temperatura dentro de la región experimental; allí se puede observar que los valores donde se maximiza la variable de respuesta global son a un tiempo (9.6 min), temperatura (90.8°C) y concentración (1.9 g/l), y que es explicado por el modelo matemático de la ecuación 1.

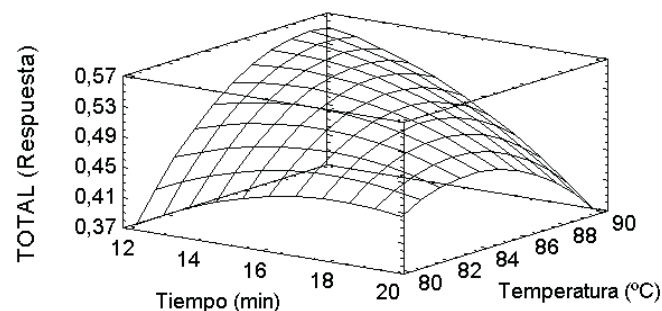


Figura 1. Superficie de respuesta etapa de escaldado papa criolla tamaño 2. Fuente: Elaboración de los autores.

$$\begin{aligned} \text{TOTAL} = & -21.2324 + 0.323788 \times \text{TIEMPO} + 0.445313 \\ & \times \text{TEMPERATURA} - 0.00196455 \times \text{TIEMPO}^2 - \\ & 0.00315071 \times \text{TIEMPO} \times \text{TEMPERATURA} - 0.00228243 \\ & \times \text{TEMPERATURA}^2 - 0.000115455 \times \text{TEMPERATURA} \\ & \times \text{CONCENTRACIÓN} \end{aligned}$$

Ecuación 1

Diseño experimental para el escaldado de la papa criolla tamaño 3

En el ANOVA, para la papa tamaño 3 se indica que el tiempo, la temperatura, el efecto del tiempo al cuadrado, el efecto de la temperatura al cuadrado y el efecto de la concentración al cuadrado presentan valores de P menores de 0.05, indicando la significancia sobre la variable de respuesta; mientras que la variable concentración y sus interacciones con las variables tiempo y temperatura, interacción tiempo-temperatura, presenta poca significancia (P mayor de 0.05) en la respuesta.

En la gráfica "Superficie de respuesta" (figura 2) se puede observar que la mejor respuesta se encuentra en la combinación de los niveles medios (17 min y 85°C aprox.) de las variables tiempo y temperatura respectivamente, a una concentración constante.

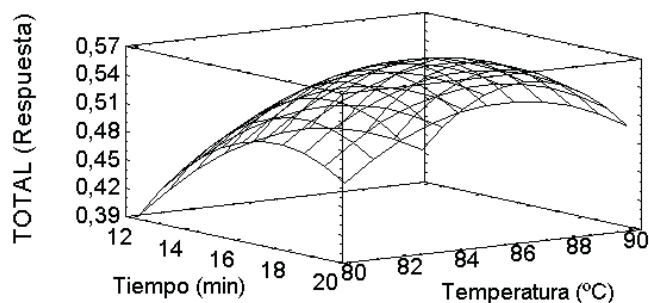


Figura 2. Superficie de respuesta etapa de escaldado papa criolla tamaño 3. Fuente: Elaboración de los autores.

El modelo matemático para el escaldado de la papa criolla tamaño 3 está dado por la ecuación 2:

$$\text{TOTAL} = -15.9679 + 0.13719 \times \text{TIEMPO} + 0.358054 \times \text{TEMPERATURA} - 0.00373188 \times \text{TIEMPO}^2 - 0.00207715 \times \text{TEMPERATURA}^2 + 0.000192517 \times \text{CONCENTRACION}^2$$

Ecuación 2

Diseño experimental para el escaldado de la papa criolla tamaño 4

En el ANOVA, para la papa tamaño 4, se observa que el tiempo, la temperatura, el efecto del tiempo al cuadrado, la interacción tiempo-temperatura y temperatura al cuadrado presentan valores de P menores de 0.05, lo que representa que los 5 efectos son significativos; mientras que la variable concentración y sus interacciones con las variables tiempo y temperatura presentan un efecto poco significativo en la variable de respuesta.

En la gráfica "Superficie de respuesta" (figura 3) se indica claramente que la mejor respuesta se encuentra al extremo más alto tanto de tiempo (20 min) como de temperatura (90°C).

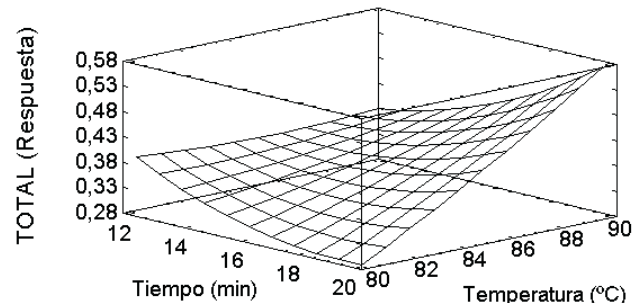


Figura 3. Superficie de respuesta etapa de escaldado papa criolla tamaño 4. Fuente: Elaboración de los autores.

De igual manera, se presenta el modelo matemático para el escaldado de la papa criolla tamaño 4, dado por la ecuación 3:

$$\text{TOTAL} = 7.40578 - 0.371793 \times \text{TIEMPO} - 0.111283 \times \text{TEMPERATURA} + 0.00201121 \times \text{TIEMPO}^2 + 0.00369786 \times \text{TIEMPO} \times \text{TEMPERATURA} + 0.000391524 \times \text{TEMPERATURA}^2$$

Ecuación 3

Discusión de resultados

En la etapa de adecuación, el contenido de azúcares reductores obtenido (0,072%) es bajo con respecto a investigaciones que establecen un valor máximo permisible del 0.25-0.30% para una papa destinada a un proceso de fritura (Prada, 2009), indicando que el tiempo de cosecha (120-135 días) y post-cosecha (3-5 días) es el óptimo, viéndose influenciado en la ausencia de ennegrecimiento en el momento de la fritura. El contenido de azúcares reductores para las muestras valoradas es muy bajo, aceptable para la industrialización e indica el comportamiento de la papa durante todo el proceso y el almacenamiento.

En cuanto al contenido de materia seca (23,57%) muestra un valor óptimo dentro de la industrialización de la papa, mejorando la textura, con una baja absorción de aceite y una baja pérdida de peso por evaporación (rendimiento) durante la fritura.

En la clasificación, el tamaño 3 es el más representativo de los tamaños. Existen 5 tamaños, de los cuales

se escogieron los tamaños 2, 3 y 4, descartando los tamaños 1 y 5 debido a que el tamaño 1 presenta un producto poco uniforme y sus diámetros pueden llegar a 0.5 cm, no siendo representativos en cuanto al peso, y en el tamaño 5 las papas no son apetecibles para la fritura en forma redonda y generalmente se destinan para otros usos.

Para la etapa del escaldado, el coeficiente de determinación ajustado, R^2_{aj} (R-squared *adjusted for d.f.*), para la papa criolla tamaño 2, 3 y 4, confirma que el 78.41%, el 84,26% y el 92,90% de la variabilidad, respectivamente, de los datos es explicado por el modelo, lo que permite decir que el modelo fue bien ajustado, confirmado por la prueba de falta de ajuste (*lack of fit*) que tiene un $P > 0.05$, lo que indica que el orden del modelo es correcto, y es ratificado con el valor bajo de la media del error absoluto (*mean absolute error*), que es una medición para ver cuánto falla en promedio el modelo al hacer la estimación de la variable respuesta. La prueba de Durbin-Watson permite diagnosticar que no hay presencia de correlación (autocorrelación) entre los residuos consecutivos, dando un P mayor de 0.05, con lo que se establece que la aleatorización fue bien hecha. El error estándar de estimación (Standard Error of Est.) es bajo (0.46%, 0.43%, 0.98%, respectivamente), lo que indica que la diferencia entre lo observado experimentalmente y lo estimado o predicho por el modelo teóricamente, no difieren significativamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los diseños experimentales, se destaca que en el tamaño 2 la variable temperatura es positivamente significativa sobre la variable de respuesta, lo que indica que la eficiencia del escaldado está muy determinada por esta variable, debido a que con temperaturas altas se asegura la peroxidasa negativa y la alta penetración de calor, complementándose con la variable tiempo que indica un efecto negativo, por lo cual se recomienda trabajar a tiempos cortos, debido a que tiempos largos

afectan la calidad de la textura y aumenta el porcentaje de fracturabilidad.

En cuanto al tamaño 3, se destaca el efecto positivo de las variables evaluadas (tiempo y temperatura) sobre la respuesta; de igual manera se destaca, según la curva de superficie de respuesta (ver figura 2) donde temperaturas y tiempos medios son la respuesta óptima, debido a que las temperaturas altas y los tiempos largos afectan la calidad, dando una alta fracturabilidad o mala textura, mientras que temperaturas bajas y tiempos cortos afectan la calidad, dando peroxidasa positiva y poca penetrabilidad del calor.

En el tamaño 4, las variables temperatura y tiempo ejercen un efecto positivo al aumentar sus valores, debido a que por su tamaño es más difícil conseguir una respuesta con peroxidasa negativa y penetración de calor total y, por lo tanto, el uso de temperaturas altas y tiempos largos asegura la eficiencia del escaldado representándose en la figura 3 de superficie de respuesta.

En cuanto a la tercera variable evaluada (concentración de cloruro de calcio g/l) se destaca que en los tres tamaños no presenta ningún efecto significativo, por lo cual tiene una tendencia lineal horizontal frente a la respuesta, aunque en alguna bibliografía antes mencionada se recomienda el uso de cloruro de calcio en el escaldado a fin de ayudar a mejorar la textura, que se desmejora por el efecto térmico que sufre la papa.

Comparando las respuestas óptimas dadas en este estudio con respecto a la investigación hecha por *Rivera et al.* (2003), donde la precocción se realizó en agua caliente, utilizando una marmita abierta, y se encontró que la inactivación de la enzima peroxidasa en las papas precocidas depende del diámetro del tubérculo. Los tubérculos de Surbata y Marengo que en promedio fueron los más grandes, se precocieron a los 18 minutos, mientras que los provenientes de San Jorge, por ser más pequeños, lo hicieron a los 16 minutos; por lo tanto, se obtiene respuestas mayores que las proporcionadas por la inmersión en agua caliente aplicada aquí, dado

que el tiempo es menor para el tamaño 2, 3 y 4. Una de las razones por las que difieren las respuestas es que al cotejar la valoración cuantitativa hecha por el estudio en comparación se muestra que no se tuvo en cuenta la variable temperatura y, además, los autores evaluaron únicamente la peroxidasa, mientras en el presente estudio se valoró también la penetración de calor, la textura y el porcentaje de fracturabilidad, y, de igual forma, se utilizaron métodos estadísticos diferentes.

Agradecimientos

Se agradece a la Magíster Zully Suárez, Ingeniera Agroindustrial, por su asesoramiento, al igual que al profesional Christians Acevedo Cáceres, líder pedagógico en la regional Guainía.

Referencias bibliográficas

- Alonso, J.; Mendez, C. y Sánchez, M. (2006). "Deficiencias de la post-cosecha en la cadena productor-consumidor de papa". Lima (Perú): Centro Internacional de la papa". En: REDEPAPA. *Boletín de la papa*, 4(8). Disponible en www.redepapa.com.
- Alvarado, L. (2000). *Acuerdo de competitividad de la papa en el departamento de Nariño*. Pasto: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Bermúdez, A. y Guzmán, R. (1995). *Química de los alimentos*. Bogotá: Unisur.
- Brennan, B.; Cowel, N. y Lilly, A. (1980). *Las operaciones de la ingeniería de alimentos*. Zaragoza: Acribia,
- Carmona, F.; Astudillo, M., y Quicano, M. (s.f.). *Manual de Bacteriología especial*. Cali: UNIVALLE / Facultad de Salud, Departamento de Microbiología.
- DANE (2003). *Encuesta nacional agropecuaria: resultados año 2002*. Bogotá: DANE.
- Fellows, M. (1994). *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas*. Zaragoza: Acribia.
- García, B. (2005). "Propiedades de la enzima indicadora del escaldado en el procesamiento de alimentos vegetales". En: *Premio nacional de ciencia y tecnología: Universidad Autónoma de Querétaro* (online). Recuperado el primero de noviembre de 2005. Disponible en: pncta.com.-mx/pages/pncta_investigaciones.asp
- Gutiérrez, H. y Salazar, R. (2003). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw Hill.
- Johnson, R. (199). *Probabilidad y estadística para ingenieros de Miller y Freud*. México: Printice Hall Hispana.
- Luque, E. (1990). *Prácticas de bioquímica*. Pasto: Universidad de Nariño.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (online). *Observatorio Agrocadenas Colombia: Participación en el mundo 2003*. Bogotá. Recuperado el 12 de enero de 2006. Disponible en: www.proexport.com.co.
- Osorio, O. (2003). *Guías de laboratorio: pruebas de escaldado en la industria alimentaria*. Pasto: UDENAR.
- Prada, R. (2009). "Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos en el caso del almidón residual derivado de la industria de la papa". *Casos Empresariales*, 188.
- Pino, M. (1995). "Proceso de industrialización de papa criolla precocida congelada". *Revista papa*, 13 (abril de 1995).
- Rivera, J.; Herrera, A. y Rodríguez, L. (2003). "Procesamiento de papa criolla precocida y congelada mediante la técnica de congelación individual (IQF), en seis genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*)". *Agronomía Colombiana*, 99.
- Sharma, S.; Mulvaney, S. y Rizvi, S. (2003). *Ingeniería de Alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. Nueva York: Limusa Wiley.
- Statgraphics (CD-ROM) (2000). Programa estadístico. Versión 5.0.