

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias Agroalimentarias
Escuela de Tecnología de Alimentos

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Proyecto para optar por el
Grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos

**Elaboración y evaluación de productos mínimamente procesados de
papa a partir de dos variedades, Floresta y Granola**

Andrea Berendt Serrano
Carné A40767

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Octubre, 2009

Hoja de aprobación del Trabajo Final de Graduación

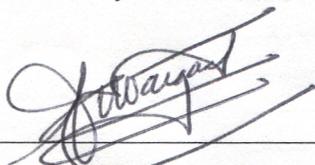
Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos.



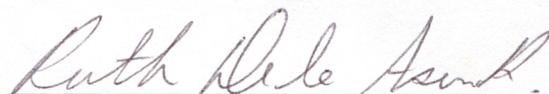
Ph D. Patricia Esquivel Rodríguez
Directora del Proyecto



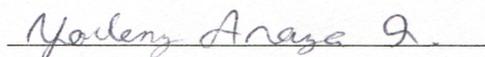
Ph D. Elba Cubero Castillo
Asesora del Proyecto



M. Sc. Pedro Vargas Aguilar
Asesor del Proyecto



M. Sc. Ruth de la Asunción Romero
Presidente del Tribunal Examinador



M. Sc. Yorleny Araya Quesada
Profesora Designada

Derechos de propiedad intelectual

Este trabajo final de graduación se considera de carácter público.

Dedicatoria

*A Dios y a mi mamá porque todos
mis logros son gracias a ellos.*

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a Dios por darme fortaleza, confianza y sabiduría; porque sin Él nada es posible.

A mi Mamá y Diego por su amor, apoyo, ayuda y comprensión durante este largo proceso, sin la compañía de ustedes esto no hubiera sido posible. A Amparo por sus palabras y apoyo incondicional a pesar de la distancia.

A Nono por toda su paciencia, comprensión, apoyo y fortaleza en los momentos que más la necesité.

A mi comité asesor, profes Patricia, Elba y Pedro gracias por creer en mí, por todo su apoyo y enseñanzas que me hicieron mejor profesional; sin ustedes el desarrollo del proyecto no hubiera sido satisfactorio.

A Giova por toda su colaboración incondicional en el desarrollo de la parte experimental del proyecto y por todos sus buenos consejos en la etapa final y presentación del documento.

A mis amigas, Vivi porque sin su ayuda no hubiera podido realizar los paneles de consumidores; Caro por ser la principal guía para la realización del documento y a Carla por sus preguntas y cuestionamientos; además sobra agradecerles a las tres su apoyo, amistad y que siempre estuvieron ahí cuando más las necesité.

A Luis, Camacho y Alonso por su colaboración en el desarrollo de la parte experimental del proyecto.

A mis compañeros y personal de la escuela por todo su apoyo y colaboración durante todo el proceso.

A todos los que de una u otra manera hicieron parte del desarrollo del proyecto, Gracias.

Índice General

Hoja de aprobación del Trabajo Final de Graduación.....	i
Derechos de propiedad intelectual	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos	iv
Índice de cuadros.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	x
I Justificación.....	1
II Objetivos	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos	4
III Marco teórico.....	5
3.1 Historia.....	5
3.2 Situación actual.....	5
3.3 Características de la planta	7
3.4 Condiciones de cultivo	7
3.4.1 Condiciones nutricionales	8
3.4.2 Condiciones climáticas.....	8
3.4.3 Características del suelo.....	9
3.5 Variedades de papa	9
3.5.1 Floresta.....	10
3.5.2 Granola	10
3.6 Composición química.....	11
3.6.1 Sólidos totales.....	12
3.6.2 Gravedad específica	12
3.6.3 Azúcares reductores	13
3.6.4 Proteínas	14
3.6.5 Almidón.....	15
3.6.6 Minerales y vitaminas.....	15
3.6.7 Polifenoles	16
3.7 Procesamiento industrial	17
3.8 Uso del análisis sensorial.....	19
3.9 Análisis instrumental	21
IV Materiales y métodos.....	22
4.1 Localización del proyecto	22
4.2 Materia prima	22
4.3 Caracterización química de las variedades	23
4.3.1 Preparación de muestras	23
4.3.2 Diseño experimental	25
4.3.3 Análisis estadístico.....	25
4.4 Inhibición del pardeamiento enzimático: Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasas	25
4.4.1 Elaboración de papa mínimamente procesada	25

4.4.2	Diseño experimental	28
4.4.3	Análisis estadístico.....	29
4.5	Elaboración de alimentos tradicionales a partir de papa mínimamente procesada	30
4.5.1	Puré de papa	32
4.5.2	Papa cocida	32
4.5.3	Papa frita	32
4.5.4	Diseño experimental	32
4.5.5	Análisis estadístico.....	33
4.6	Métodos de Análisis	34
4.6.1	Análisis de papa cruda liofilizada	34
4.6.2	Análisis de productos mínimamente procesados y elaborados	37
V	Resultados	40
5.1	Caracterización química.....	40
5.2	Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasas.....	41
5.2.1	Color	41
5.2.2	Análisis sensorial	48
5.3	Análisis de los alimentos tradicionales elaborados a partir de papa mínimamente procesada	52
5.3.1	Color	52
5.3.2	Textura.....	53
5.3.3	Panel de consumidores.....	55
VI	Discusión de resultados.....	59
6.1	Comparación de la composición química de las variedades Floresta y Granola.	59
6.2	Inhibición del pardeamiento enzimático: Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasas para la papa mínimamente procesada	62
6.3	Análisis de los alimentos tradicionales elaborados a partir de papa mínimamente procesada	69
VII	Conclusiones	76
VIII	Recomendaciones	78
IX	Bibliografía	79
	Apéndice A. Glosario.....	93
	Apéndice B. Caracterización química de las variedades Floresta y Granola	94
	Apéndice C. Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasas	101
	Apéndice D. Análisis de los productos mínimamente procesados de las variedades Floresta y Granola.....	105
	Apéndice E. Escalas utilizadas para la evaluación sensorial de las variedades Floresta y Granola	112

Índice de cuadros

Cuadro 1. Composición química aproximada de la papa (Kent-Jones & Amos, 1967; Vicente & Cenzano, 2001).....	11
Cuadro 2. Diseños experimentales para la evaluación del efecto del agente inhibidor de la polifenoloxidasas sobre el pardeamiento enzimático y las propiedades sensoriales con evaluaciones a los días 0, 3, 6 y 9d para las variedades de papa Floresta y Granola.	29
Cuadro 3. Diseño factorial para el estudio de la aceptación de los productos elaborados a partir de un producto mínimamente procesado o no de papa utilizando dos genotipos como materia prima. Se aplicó a las variedades Floresta y Granola independientemente.....	33
Cuadro 4. Caracterización química de las variedades de papa Floresta y Granola en cuanto al contenido de sólidos totales, gravedad específica, almidón, azúcares reductores, polifenoles totales y polifenoloxidasas.	40
Cuadro 5. Efecto del ácido, tiempo, variedad y lote sobre los parámetros de color analizados (L^* , C^* y h°) durante el tiempo de almacenamiento.	42
Cuadro 6. Regresión lineal de los parámetros de color (L^* y C^*) analizados durante el almacenamiento de la papa mínimamente procesada empacada al vacío y almacenada a temperatura de refrigeración.	45
Cuadro 7. Valores de color (L^* , C^* y h°) obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Floresta mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico.....	52
Cuadro 8. Valores de color (L^* , C^* y h°) obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Granola mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico.....	53
Cuadro 9. Valores de textura obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Floresta mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico.	54
Cuadro 10. Valores de textura obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Granola mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico.	55
Cuadro 11. Evaluación de la intención de compra de cada producto mínimamente procesado por los consumidores frecuentes de cada producto.	58

Índice de figuras

Figura 1. Estructuras químicas de los polifenoles encontrados en papa y los isómeros del ácido clorogénico que se forman (Tomado de: Friedman, 1997).	16
Figura 2. Variedades de papa Floresta (a) y Granola (b).....	22
Figura 3. Flujo de proceso para la preparación de los tubérculos previo al análisis.	23
Figura 4. Flujo del proceso para la preparación del producto mínimamente procesado para definir tiempo de almacenamiento e inhibidor a utilizar en el producto final.....	27
Figura 5. Flujo de proceso para la preparación de la papa mínimamente procesada para su utilización en productos tradicionales.	31
Figura 6. Sistema utilizado para determinar la gravedad específica de los tubérculos.	35
Figura 7. Valores de L^* promedio obtenidos durante el periodo de almacenamiento de la papa de variedades Floresta y Granola inhibidas con ácido ascórbico (AA) y ácido cítrico (AC).	43
Figura 8. Valores de C^* promedio obtenidos durante el periodo de almacenamiento de la papa de variedades Floresta y Granola inhibidas con ácido ascórbico (AA) y ácido cítrico (AC).	44
Figura 9. Valores de h^0 promedio obtenidos durante el periodo de almacenamiento de la papa de variedades Floresta y Granola inhibidas con ácido ascórbico (AA) y ácido cítrico (AC).	44
Figura 10. Valores de L^* promedio específicos para cada uno de los 16 tratamientos aplicados en el diseño irrestricto aleatorio.....	46
Figura 11. Valores de C^* promedio específicos para cada uno de los 16 tratamientos aplicados en el diseño irrestricto aleatorio.....	47
Figura 12. Valores de h^0 promedio específicos para cada uno de los 16 tratamientos aplicados en el diseño irrestricto aleatorio.....	47
Figura 13. Intensidad de las características físicas de oscurecimiento, presencia de cristales de almidón y resequead de la superficie para la variedad Floresta inhibida con ácido ascórbico utilizando una escala lineal de 10 cm.	49
Figura 14. Intensidad de las características físicas de oscurecimiento, presencia de cristales de almidón y resequead de la superficie para la variedad Floresta inhibida con ácido cítrico utilizando una escala lineal de 10 cm.....	49

Figura 15. Intensidad de las características físicas de oscurecimiento, presencia de cristales de almidón y resequead de la superficie para la variedad Granola inhibida con ácido ascórbico utilizando una escala lineal de 10 cm.....	50
Figura 16. Intensidad de las características físicas de oscurecimiento, presencia de cristales de almidón y resequead de la superficie para la variedad Granola inhibida con ácido cítrico utilizando una escala lineal de 10 cm.....	51
Figura 17. Valores de agrado obtenidos por consumidores frecuentes (FC) de papa frita (50 consumidores), papa cocida (13 consumidores) y puré de papa (37 consumidores) para los 3 tipos de productos procesados hechos a base de papa Floresta inhibidos con ácido ascórbico y almacenados durante 6 días y productos control.....	56
Figura 18. Valores de agrado obtenidos por consumidores frecuentes (FC) de papa frita (40 consumidores), papa cocida (19 consumidores) y puré de papa (39 consumidores) para los 3 tipos de productos procesados hechos a base de papa Granola inhibidos con ácido ascórbico y almacenados durante 6 días y productos control.....	57

Resumen

Se realizó una comparación de la caracterización química entre las variedades de papa Floresta y Granola. La variedad Floresta presentó valores significativamente mayores para el contenido de sólidos totales, gravedad específica y contenido de glucosa; la Granola, en cambio, presentó un contenido significativamente mayor de polifenoles totales y una mayor actividad de la enzima polifenoloxidasas.

Posteriormente se realizó un estudio de almacenamiento e inhibición de la enzima polifenoloxidasas durante 9 días, utilizando dos ácidos orgánicos como inhibidores: ácido cítrico y ácido ascórbico y se evaluó, el color, el sabor, y las características físicas de los trozos de papa. La variedad Granola presentó un oscurecimiento significativo, menor presencia de cristales de almidón y mayor resequedad. En cuanto al sabor, ambas variedades presentaron un sabor ácido detectado de manera significativa para todos los tiempos de almacenamiento, al utilizar ácido cítrico como inhibidor, y no así al utilizar ácido ascórbico. Con base en estos resultados se definió 6 días como almacenamiento óptimo y el ácido ascórbico como agente inhibidor del oscurecimiento para elaborar los productos mínimamente procesados de papa. A partir de estos, se elaboró puré, papa cocida y papa frita y se evaluaron en cuanto a textura, color y aceptación mediante la comparación con su respectivo control. La papa cocida y el puré inhibidos de ambas variedades presentaron menor saturación del color que su control; en cuanto a la textura, la papa cocida inhibida de la variedad Granola presentó una mayor fuerza de extrusión; para la Floresta, en cambio, son el puré y la papa frita los productos que presentaron diferencias significativas con su control. En general, hubo preferencia de algunos productos inhibidos en comparación con su control, como fue el caso de la papa frita para la variedad Floresta, y la cocida, para la variedad Granola.

Se concluye que el ácido ascórbico, a pesar de endurecer los tejidos, es un inhibidor eficaz del oscurecimiento en productos mínimamente procesados de papa Floresta y Granola; la variedad Granola al presentar mayor contenido de polifenoles y de polifenoloxidasas es más sensible al oscurecimiento, sin embargo, a pesar de esto, al utilizarse para la elaboración de un producto mínimamente procesado, presentó valores de aceptación buenos para todos los productos elaborados, no así la Floresta, que para la papa cocida presentó valores bajos de agrado.

I Justificación

En Costa Rica, la papa (*Solanum tuberosum*) es un alimento muy importante ya que ocupa el tercer lugar en la canasta básica del consumidor, después del arroz y el frijol; se debe tomar en cuenta que el consumo promedio anual ha aumentado en Latinoamérica y es de 25 kilos per cápita (Brenes *et al.*, 2002; CIP, 1998).

La papa se considera el cultivo alimenticio no cereal más importante alrededor del mundo. En términos de producción total y de consumo, ocupa el cuarto lugar en importancia a nivel mundial con una producción superior a 300 millones de toneladas anuales (Sahuquillo, 2008; Centro de Agronegocios, s.f.). En los últimos años, la producción de papa en el ámbito mundial de los países en desarrollo aumentó; en el 2005 se estima que un área de 18 639 776 ha fueron sembradas en el mundo, lo que reafirma la creciente importancia de este tubérculo como fuente de alimento. Costa Rica, en el año 2003, ocupó el segundo lugar a nivel centroamericano en la producción de papa después de Guatemala, con una producción anual de 85 000 toneladas y un rendimiento de 26 246 kg/ha (Anónimo, 2006).

La papa produce 54% más de proteína por unidad de área que el trigo y 78% más que el arroz (Brenes *et al.*, 2002). Las papas prácticamente proveen todos los nutrientes esenciales requeridos por el cuerpo, incluyendo proteínas de alta calidad, fibra, minerales y vitaminas esenciales, como la vitamina C y B₂ (Mondy & Ponnampalam, 1983; Wang-Pruski & Nowak, 2004). Adicionalmente, poseen un gran contenido de carbohidratos debido a su alto contenido de almidones (15%), por lo que son una buena fuente de energía (FAO, 2008a); poseen también un alto nivel de antioxidantes, incluyendo antocianinas, carotenoides y polifenoles (Jemison *et al.*, 2008).

En Costa Rica, los genotipos Granola y Floresta son los de mayor comercialización, y actualmente son destinados tanto al consumo en fresco como al industrial, sin tomar en cuenta sus características físico-químicas, atributos que determinan la calidad del producto final (Moreno, 2005). Se debe mencionar que actualmente en Latinoamérica se usa la misma variedad de papa indistintamente del proceso (Bonierbale *et al.*, 2004), lo que favorece la obtención de productos de calidad deficiente (Moreno, 2005). Existen variedades de papa que no son aptas para el procesamiento industrial, por lo

que se recomienda para este fin aquellas que poseen bajo contenido de azúcares y alta gravedad específica (Illescas y De la Rosa, 2007).

A nivel nacional, el consumo de papa se realiza en su mayoría en fresco, pues solo un 15% de la producción actual se destina a uso industrial (Brenes *et al.*, 2002). Las formas en las que se consume la papa fresca en Costa Rica corresponden a papa cocida, puré, ensaladas, sopas o fritas. Siendo la presentación preferida de consumo de papa en Costa Rica el producto fresco, resultaría de interés la elaboración de una papa mínimamente procesada que facilite al consumidor su posterior preparación.

Los vegetales mínimamente procesados son aquellos vegetales frescos que han sido alterados físicamente de su forma original con el fin de brindarles un valor agregado. Es importante mencionar que el continuo crecimiento y auge de estos productos es debido al cambio en los patrones de consumo y a la búsqueda de alimentos saludables, fáciles de preparar y ricos (O'Connor-Shaw, 2004).

Uno de los factores de calidad importante a considerar en este estudio es el oscurecimiento enzimático pues la papa es un alimento extremadamente sensible (Gunes y Lee, 1997) con lo que se afecta principalmente el color. El oscurecimiento de tejidos en frutas y vegetales frescos durante la manipulación poscosecha y el procesamiento es una causa muy importante de pérdida de calidad en los productos (Castañer *et al.*, 1996); además, es uno de los mayores defectos de los productos mínimamente procesados.

Estudios recientes han sugerido diferentes maneras de inhibir la polifenoloxidasas para evitar el oscurecimiento del producto final, mediante tratamientos físicos y químicos, produciendo así productos mínimamente procesados de buena calidad. Los estudios han sido realizados con una amplia variedad de alimentos como lo son manzanas y peras (Sapers & Douglas, 1987), lechugas (Castañer *et al.*, 1996), hongos (Sapers *et al.*, 1994), papas (Sapers *et al.*, 1989; Sapers & Miller, 1992; Gunes & Lee, 1997), entre muchos otros sensibles a la oxidación. En el caso específico de las papas, los estudios realizados son en su mayoría, utilizando sulfitos como inhibidores de oscurecimiento, los cuales, debido a sus efectos secundarios en la salud, fueron prohibidos para este uso por el FDA (Papazian, 1996); no existen estudios de

inhibición de la polifenoloxidasa para las variedades de papa consumidas en Costa Rica por lo que se considera importante su evaluación.

Industrialmente, las papas utilizadas para freír y hacer “snacks”, deben ser de alto peso específico y por consiguiente, alto contenido de almidón, para obtener productos de mejor textura (Linehan & Hughes, 1969; Kita, 2002). Al ser la textura una característica sensorial y funcional de los alimentos (Surmacka, 2002), se considera un atributo relevante para definir la percepción del consumidor sobre la calidad de la papa. Además, por ser un elemento determinante en la calidad debe tomarse en cuenta también para definir la calidad de los productos hechos a base de papa como son el puré y la papa cocida (IFPRI & MAG, 2004).

La preferencia del consumidor por una variedad u otra es influenciada de manera importante por el color y la apariencia de la papa debido a que el consumidor relaciona la apariencia del producto y sus características con el sabor; esto conlleva a que no solo la textura sea un factor determinante de la calidad de la papa y sus productos, sino también lo sea el color. Cada vez que una persona consume un alimento juzga su calidad visual y de sabor, de allí la importancia de realizar la evaluación sensorial (Fernández *et al.*, 1999). Por lo tanto, la apariencia y el color de los alimentos son factores económicamente muy significativos, ya que juegan un papel importante en el proceso de aseguramiento de la calidad en la mayoría de industrias de alimentos (Manresa y Vicente, 2007).

Debido a lo anterior, se consideró importante aplicar el uso de ácidos orgánicos como método de inhibición de la enzima polifenoloxidasa en papa (*Solanum tuberosum*) de genotipos comerciales locales: Floresta y Granola, para obtener así productos mínimamente procesados, los cuales puedan ser utilizados posteriormente para la elaboración de productos de consumo tradicional.

II Objetivos

2.1 *Objetivo general*

Elaborar y evaluar productos mínimamente procesados de papa a partir de dos variedades, Floresta y Granola, para la posterior preparación de productos de consumo tradicional.

2.2 *Objetivos específicos*

Comparar las características químicas de los dos genotipos de papa Floresta y Granola.

Evaluar, en la elaboración de un producto de papa mínimamente procesado, el efecto de la adición de agentes inhibidores de la polifenoloxidasas y del tiempo de almacenamiento sobre el pardeamiento enzimático y las propiedades sensoriales, utilizando dos genotipos de papa Granola y Floresta.

Evaluar la aceptación de los consumidores de papa cocida, puré y papa frita elaborados a partir de papa mínimamente procesada de cada genotipo con el fin de recomendar diferentes aplicaciones del producto.

III Marco teórico

3.1 Historia

La papa se denominó *Solanum tuberosum* en Basilea en 1590 (Spinetti, 2005), sin embargo, data desde hace 8000 años donde los incas comenzaron a domesticar las plantas silvestres de la papa que se daban en abundancia (FAO, 2008a); es originaria de América del sur en las zonas cercanas al lago Titicaca entre Perú y Bolivia, región caracterizada por condiciones climáticas muy favorables para su cultivo (Kay, 1973). Sin embargo, no fue sino hasta 1537 que los españoles la descubrieron en los Andes y fueron quienes la dieron a conocer al resto del mundo (Smith, 1968).

En Costa Rica, este tubérculo se empezó a cultivar a finales del siglo XIX y fue hasta 1910 que empezó a sembrarse con fines comerciales en Oreamuno de Cartago, zona a la que se le considera la cuna del cultivo (Ramírez, 1994).

Anteriormente, la papa era un tubérculo que se consumía en grandes proporciones y en su mayoría fresco (Smith, 1968). Este comportamiento ha venido cambiando con los años debido al cambio de hábitos de consumo, lo que origina un rápido crecimiento de los productos procesados, especialmente a base de papa (Bernet *et al.*, 2002). Esto surge por la incorporación de las mujeres a la fuerza laboral y la lejanía de la casa de los trabajos actuales.

3.2 Situación actual

En los últimos años, la producción de papa en el ámbito mundial de los países en desarrollo aumentó, entre un 31% a 41% (Scott *et al.*, 2001) lo que reafirma la creciente importancia de este tubérculo como fuente alimenticia.

Para el año 2007, la producción mundial de papa alcanzó 309 millones de toneladas (Faostat, 2009) siendo China el mayor productor y además, el responsable de más del 80% del crecimiento en la producción mundial de este producto (Wang & Zhang, 2004), seguido de la Unión Europea, Rusia, India, Estados Unidos y Canadá (Centro de Agronegocios, s.f.). Costa Rica, en el año 2003, ocupó el segundo lugar a nivel

centroamericano en la producción de papa después de Guatemala, con una producción anual de 85000 toneladas y un rendimiento de 26246 kg/ha (Anónimo, 2006).

El área de producción total en Costa Rica es de más de 2 200 ha, lo que representa para más de mil productores costarricenses su fuente principal de ingreso (FAO, 2008b). En el año 2007 se produjeron 61871,3 toneladas de papa en todo el país, principalmente en la zona norte de Cartago y Zarcero (CNP, 2007). Según estos valores, y considerando que el consumo de este producto es aproximadamente de 5500 toneladas mensuales (66000 Tm al año), el abastecimiento nacional de papa cubre en su mayoría la demanda en el país, lo que conduce a que las importaciones de producto sean relativamente bajas, como lo demuestra la importación de un total de 7272,5 toneladas durante el 2007 (Caravaca, 2006).

Las exportaciones han sido poco significativas, durante el primer semestre del año 2006 se exportó un total de 1115,68 ton de papa principalmente países como Honduras y Nicaragua (CNP, 2006), y se han realizado en épocas de mucha producción, meses de junio y julio principalmente (Arias, 2004), razón por la cual no es un producto catalogado como de exportación.

El precio de la papa es fluctuante a lo largo del año, al igual que el de los demás productos agrícolas. Durante el año 2006, en los meses de enero, febrero y diciembre, la papa alcanzó los precios más altos del mercado, acercándose a los 400 colones el kilogramo; mientras que en los meses de marzo y abril su precio descendió notablemente hasta los 167 colones (Caravaca, 2006). En el 2007, el precio de la papa en el Cenada, aumentó drásticamente. En la primera mitad de enero se mantuvo en 326 colones el kilo de papa de primera calidad, mientras que al finalizar el mes, su costo fue de ¢544 (CNP, 2008). La amplia variación del precio de la papa se debe a la producción y condiciones de cultivo; los meses donde la cosecha es abundante el costo del tubérculo disminuye notablemente debido a que se tiene papa en exceso, mientras que si la producción fue escasa o tuvo un bajo rendimiento, el precio aumenta para poder cubrir los costos de cultivo y tener menor demanda (Pavlista & Feuz, 2005).

3.3 Características de la planta

La papa, *Solanum tuberosum*, pertenece a la familia de las solanáceas que incluye 2000 especies diversas entre las que se encuentran la berenjena, el tomate y el tabaco entre otros (Menéndez & Hernández, 2003).

Es una planta anual, herbácea, dicotiledónea, con tallos aéreos de 80 a 90 cm de altura y hojas alternas. Las flores son pequeñas y de diversos colores que varían según la variedad y los frutos, son bayas carnosas que se utilizan para producir nuevas variedades. Los tubérculos, la parte comestible de la planta, se originan en la etapa de tuberización, del engrosamiento en el extremo de los tallos subterráneos y presentan yemas axilares capaces de germinar y producir nuevas plantas (Smith, 1968; Ramírez, 1994).

3.4 Condiciones de cultivo

La papa, es considerada como uno de los cultivos más complejos y variados, lo cual le permite ser cultivada bajo una gran amplitud de condiciones ambientales (Horton, 1988).

En Costa Rica, las zonas con condiciones más aptas para el cultivo de la papa son la zona norte de Cartago, zona norte de Heredia, Alajuela y la parte alta del cantón de Dota; en general, cualquier época del año es buena para su cultivo, pero se prefiere las épocas de mayo – junio y octubre - noviembre (Vargas, 1991).

Este cultivo se realiza en lugares con altitudes que van desde los 450 msnm hasta los 3300 msnm, encontrándose las mejores condiciones para el cultivo en una zona intermedia alta que oscila entre 1500 y 2500 msnm, donde la temperatura media anual varía entre 12 y 18 °C y la precipitación entre 1000 y 2000 mm (Benacchio, 1983). Es importante mencionar que en Costa Rica el cultivo se realiza mayormente en la zona norte de Cartago la cual se encuentra a 1500 – 3000 msnm (Vargas, 1991) lo que indica que en el país se cultiva en zonas con la altura ideal para dicho cultivo.

3.4.1 Condiciones nutricionales

La papa es un cultivo influenciado ampliamente por la calidad de los suelos y los nutrientes presentes, por lo que demanda una fertilización fuerte y equilibrada; los requerimientos básicos son 150 – 200kg/ha nitrógeno, 300 – 600 kg/ha fósforo y 200 – 250 kg/ha de potasio (Vargas, 1991). Los macronutrientes elementales para la papa, nitrógeno, potasio y fósforo, deben ser suministrados constantemente debido a que se ha demostrado que mejoran el rendimiento del cultivo y la calidad del tubérculo (Davenport *et al.*, 2005).

3.4.2 Condiciones climáticas

El cultivo de papa es exigente con respecto a las condiciones climáticas por razones productivas y de vulnerabilidad a plagas y enfermedades (Amador, 1991).

El mejor clima para el cultivo es el frío o fresco con temperaturas entre los 12 y 20 °C ya que incrementos en las temperaturas disminuyen la acumulación de carbohidratos (Ramírez, 1994), si la temperatura se mantiene entre ese rango, la producción de follaje, tallos y tubérculos es mejor (Amador, 1991). Las temperaturas bajas por largos periodos de tiempo perjudican la productividad ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar y las heladas provocan un retraso y una disminución en la producción, o bien, acaba muriendo (INIEA, 2008).

El suelo debe mantener un contenido de humedad relativamente elevado. Debido a la poca profundidad de las raíces de la papa, la respuesta productiva a la irrigación frecuente es considerable, y se obtienen cosechas muy abundantes (INIEA, 2008). Las lluvias eventuales favorecen el cultivo, pero un exceso de estas produce una humedad ambiental alta que beneficia el rápido desarrollo de diversas enfermedades (Ramírez, 1994). La precipitación ideal para asegurar las condiciones óptimas al cultivo es de 1000- 1200 mm. de lluvia bien distribuidos (Amador, 1991; Benacchio, 1983).

Es importante mencionar que el suministro de agua debe ser bueno tanto en cantidad como en distribución; la deficiencia de agua perjudica la producción de manera crítica durante la formación de tubérculos (Villalobos & Retana, 1999), pues la planta no

tolera sequía, aun por períodos cortos ésta afectará severamente el rendimiento (Benacchio, 1983).

La luz tiene una incidencia directa sobre el desarrollo de la papa, ya que es uno de los principales factores que inducen la tuberización. Este cultivo requiere amplia disponibilidad de luz ya que se ha demostrado que en áreas sombreadas se reduce el rendimiento de la misma (Amador, 1991). La intensidad luminosa además de influir sobre la actividad fotosintética, favorece la floración y fructificación (INIEA, 2008), lo que indica que de ésta depende la buena formación de los tubérculos.

3.4.3 Características del suelo

Las papas pueden crecer casi en todos los tipos de suelos, salvo donde son salinos o alcalinos. Los suelos más aptos para el cultivo de papa son aquellos porosos, friables, con profundidad entre 25 y 30 cm (Vargas, 1991). Los suelos arcillosos o de arena con arcilla con un contenido máximo de 17-24% de arcilla y abundante materia orgánica, son los mejores para este tipo de cultivo (FAO, 2008a), además es importante que estos tengan una buena permeabilidad y que sean ligeramente ácidos (Herrero, 2000).

El pH, la ventilación y el drenaje son factores claves para obtener buenos rendimientos pues se requieren con el fin de evitar un pobre desarrollo de las raíces y la pudrición de los tubérculos (Ramírez, 1994). El pH puede estar entre 4,8 y 7,0, siendo el óptimo entre 5,5 y 6,0 (Benacchio, 1983).

3.5 Variedades de papa

Existen alrededor de 75 variedades de papa que se cultivan con fines comerciales en los Estados Unidos, aunque solamente de 10 a 15 son las mayormente utilizadas (Smith, 1984). Cada variedad de papa posee características muy propias que las diferencian de las demás debido a su composición y conformación genética; el crecimiento y la productividad del tubérculo están influenciados de manera directa por el tipo de conformación, es decir, genotipo (Borrego *et al.*, 2000). Todas las características, que porta cada una de las variedades, en conjunto determinan la calidad culinaria e industrial de aquella variedad (Herrero, 2000).

En Costa Rica, actualmente, se encuentran inscritas en la Oficina Nacional de Semillas 8 variedades de papa, entre las que se encuentran las variedades Atzimba, Floresta, Istarú, Birris y Granola (Avilé, 2008).

3.5.1 Floresta

La papa variedad Floresta es de origen peruano (Ramírez, 2004). Es un tubérculo ovalado de piel color crema y pulpa blanca muy bueno para el procesamiento (CIP, 2003); es además, resistente a la enfermedad que ocasiona mayores pérdidas, el tizón tardío, la cual es causada por un hongo que produce la pudrición de los tubérculos (Brenes *et al.*, 2002). Químicamente, presenta un peso específico de 1,075g/cc, entre 19 y 21% de sólidos totales y un 13% de almidón (INTA, 1996).

En cuanto a su calidad culinaria se considera muy buena materia prima pues su color es bastante estable, tiene buen sabor y es de rápida cocción. Es una variedad muy recomendada para consumo en fresco en puré de papa, papa hervida o papa frita (De León *et al.*, 2002; INTA, 1996).

3.5.2 Granola

La variedad Granola es de origen alemán, es redonda, de piel color crema, ojos profundos y de pulpa color amarillo (DOASL, 2009).

En cuanto a su composición química esta variedad presenta un contenido de sólidos normalmente menor que la Floresta, entre 18-20% y un bajo contenido de almidón. Es importante mencionar su alta resistencia al virus del enrollamiento y su susceptibilidad al Pie Negro (Anónimo, 2009; Avilé, 2008). El virus del enrollamiento es un síntoma viral que altera el follaje de la planta, enrollando hacia arriba la punta de las hojas, mientras que el pie negro es una enfermedad bacteriana, donde el tallo de la planta se pudre, causando en la mayoría de los casos, la pudrición blanda al interior de los tubérculos (Brenes *et al.*, 2002).

En cuanto a su uso industrial es una variedad no apta para freír debido a su gran contenido de azúcares reductores que conducen a colores pardos en el producto final,

pero es muy buena para su utilización en fresco (Avilé, 2008). A pesar de no presentar un buen comportamiento para la fritura, se considera multipropósito debido a que presenta una textura firme que se mantiene incluso después de procesada (Anónimo, 2009; Den hartigh, 2008).

3.6 Composición química

La composición química de las papas varía según la variedad, tipo de suelo, método de cultivo, prácticas culturales, condiciones ambientales, entre otros por lo que resulta imposible determinar valores significativos de la composición del tubérculo, a menos que todos los factores anteriores hayan sido controlados y tomados en cuenta (Smith, 1968).

Las papas son un alimento de alto valor nutritivo pues proveen todos los nutrientes esenciales requeridos por el cuerpo, incluyendo altos niveles de energía, proteínas, minerales tales como calcio, hierro, fósforo y potasio, y vitaminas esenciales, como la vitamina C y B₂ (Mondy y Ponnampalam, 1983; Smith, 1984). Adicionalmente, poseen un alto nivel de antioxidantes incluyendo antocianinas, carotenoides y polifenoles (Brown, 2005: citado por Jemison *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Composición química aproximada de la papa (Kent-Jones & Amos, 1967; Vicente & Cenzano, 2001).

Composición	Porcentaje (%)
Humedad	74 - 78
Proteínas	1 - 2
Amidas, aminoácidos, entre otros	1,0
Grasa	0 - 0,2
Fibra	0,6
Minerales	0,7 - 1,1
Sacarosa	0,2
Azúcares reductores	0,1
Almidón	17 - 19

3.6.1 Sólidos totales

El contenido de materia seca en el tubérculo, es decir la cantidad de sólidos totales, es el material que permanece luego de la remoción total del agua presente en el tubérculo (García & Gómez, 2002). Este atributo es de gran importancia no solo para la economía del procesamiento, sino también para la calidad sensorial de los productos procesados. La utilización de papas con mayor porcentaje de materia seca producen rendimientos altos del producto procesado final además de una mejor textura y calidad sensorial del mismo (Capezio *et al.*, 1993; García & Gómez, 2002).

Es importante mencionar que el contenido de sólidos totales debe ser mayor de 20% para no obtener productos blandos y excesivamente húmedos como mencionan García y Gomez (2002); sin embargo, no debe sobrepasar el 24%, pues en estos casos, los productos procesados de papa presentan una textura muy dura y seca que resulta desagradable para el consumidor (Herrero, 2000).

3.6.2 Gravedad específica

La gravedad específica es un atributo que corresponde a la proporción que existe entre la masa del tubérculo y la diferencia de masas del tubérculo en el aire y en el agua. Es importante mencionar que es una propiedad intrínseca de cada una de las variedades de papa que está relacionada directamente con el contenido de almidón y de sólidos totales en el tubérculo (Andersson *et al.*, 1994); características que además de estar relacionadas entre sí, tienen una relación directa con la textura de la papa (Kaur *et al.*, 2002).

La calidad culinaria del producto procesado depende también de la gravedad específica al igual que del contenido de sólidos totales. Si se utilizan variedades de papa con alto peso específico para freír y para hacer snacks, y por lo tanto con mayor contenido de almidón, el producto resultante manifiesta una mejor textura (Kita, 2002; Linehan y Hughes, 1969).

Además de ser un factor determinante de la textura del producto final, es un factor muy utilizado como parámetro de calidad en la cosecha, esto al ser un indicador de madurez utilizado por las industrias como referencia para juzgar la calidad de fritura,

las características de horneado y el tiempo de almacenamiento que puede dársele a la materia prima (Shetty, s.f.).

3.6.3 Azúcares reductores

Los azúcares reductores, fructosa y glucosa, son el componente minoritario de los carbohidratos totales en los tubérculos. El contenido de azúcares reductores varía, dependiendo de las variedades, clima, época del año, entre otros, desde cantidades muy pequeñas (0,1%) hasta más del 10% del peso seco total del tubérculo (Moreno, 2005).

Este componente de los tubérculos, a pesar de ser minoritario, tiene una influencia significativa en la elaboración de productos, principalmente los fritos, debido a que influyen directamente en la formación del color y del sabor de los mismos. Si el contenido es alto, aparecen coloraciones muy fuertes y sabores amargos (Moreno, 2005). Como existen variedades de papa que no son aptas para el procesamiento industrial, actualmente se deben clasificar más rigurosamente. Se recomienda para el procesamiento, aquellas variedades que poseen bajo contenido de azúcares y alta gravedad específica (Illescas y De la Rosa, 2007). En general, el contenido de azúcares debe ser inferior al 0,1% del peso fresco para la producción de hojuelas y si los tubérculos presentan valores más altos de 0,33% se consideran inaceptables para este tipo de industria (Moreno, 2005).

El contenido de azúcares inicial de las papas destinadas a proceso industrial, principalmente en la materia prima destinada para freír debe ser bajo y su concentración no debe aumentar durante el almacenamiento para obtener productos finales de alta calidad (Edwards *et al.*, 2002). Es importante tener un amplio control de las prácticas agrícolas y de las condiciones climáticas que se mantuvieron a lo largo del tiempo de cultivo para poder asegurar el contenido de azúcares reductores; por ejemplo, se ha demostrado que los días largos y de temperaturas muy altas retrasan la maduración de los tubérculos originando así un incremento considerable en el contenido de azúcares reductores (Herrero, 2000).

3.6.4 Proteínas

Las proteínas a pesar de estar presentes en un bajo porcentaje en los tubérculos, se consideran también un componente importante debido principalmente a 2 factores que afectan la calidad del producto final: las reacciones de maillard y a la acción de un tipo específico de proteínas, las enzimas.

La reacción de Maillard consiste en un complejo ciclo de reacciones que se dan entre grupos carbonilos y grupos aminos. Generalmente, los primeros provienen de azúcares reductores presentes, mientras que los segundos de las proteínas. La reacción de ambos compuestos da como resultado una gran cantidad de compuestos, entre los que se encuentran las melanoidinas, compuesto responsable de la coloración oscura de los tejidos (Belitz & Grosch, 1997).

Las enzimas son un amplio grupo de proteínas encargadas de catalizar infinidad de reacciones químicas en los seres vivos, desde las bacterias hasta las plantas y mamíferos. En este caso particular es de gran importancia la reacción del pardeamiento.

3.6.4.1 Enzima Polifenoloxidasa (PPO)

Es la enzima de principal interés en el estudio debido a que generan cambios en las características físicas, químicas y nutricionales del alimento (Muñoz *et al.*, 2007). Se considera un factor crítico en el desarrollo del oscurecimiento en papas (Cantos *et al.*, 2002).

La enzima polifenoloxidasa es una metaloenzima de la familia de las oxidoreductasas que cataliza dos etapas en la formación de coloraciones pardas: la oxidación de un monofenol a o-difenol y posteriormente la oxidación del mismo a o-quinona (Belitz & Grosch, 1997), que se denomina pardeamiento enzimático. Las o-quinonas formadas, rápidamente se combinan con proteínas o azúcares reductores para dar como resultado una coloración parda de los tejidos (Chunhua *et al.*, 2001; Artés *et al.*, 1998).

La actividad puede ser inhibida por calentamiento o por remoción de alguno de los componentes necesarios para que se de la reacción: el oxígeno, la enzima PPO, Cu^{2+} o sustrato (Gasull & Becerra, 2006), o bien por la acción de agentes reductores que

rápida y devuelven la reacción, reducen las o-quinonas a o-difenoles, como es el caso del ácido ascórbico (Cantos *et al.*, 2002).

La actividad de la enzima polifenoloxidasas es alta en alimentos particularmente sensibles a la oxidación como la papa, la manzana, el banano entre otras (Min-Kyung *et al.*, 2002). Es importante mencionar que la misma, se desencadena cuando luego de corte, pelado o golpes se rompen las células con lo que se ponen en contacto los sustratos fenólicos ubicados en la vacuola, con las enzimas de localización citoplasmática (Artés *et al.*, 1998).

3.6.5 Almidón

El almidón está formado de 2 componentes principales, la amilosa y la amilopectina; la amilosa es un polímero de cadena larga constituido de gran cantidad de unidades de glucosa, mientras que la amilopectina es una cadena ramificada compuesta. La mayor parte del almidón presente en la papa se concentra en la franja vascular organizado en microfibras y en menor proporción en la parte interna del tubérculo (Smith, 1968).

Al igual que los demás componentes, el contenido de almidón de un tubérculo a otro es muy variable, pues depende no solo de la variedad de papa, sino también del suelo, fertilizantes, condiciones ambientales y enfermedades presentes (Smith, 1968; García & Gómez, 2002), por lo que resulta difícil obtener con exactitud el contenido de este en un tubérculo. En general papas con alto contenido de almidón, utilizadas para la extracción del mismo, presentan contenido de este de 16% aproximadamente (García & Gómez, 2002).

3.6.6 Minerales y vitaminas

Los macro y microminerales mayormente presentes en las papas son potasio, fósforo, calcio y magnesio, hierro y aluminio respectivamente (Mondy & Ponnampalam, 1983).

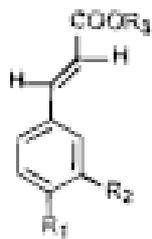
Las papas son un recurso útil de vitaminas del complejo B y particularmente de la vitamina C, a pesar de que cantidades considerables de estas se pierden en el agua de cocción debido a su solubilidad. Aproximadamente, las papas sin cocinar presentan

1,2 µg/g de tiamina, 0,7 µg/g de riboflavina, 14 µg/g de ácido nicotínico y 150 µg/g de ácido ascórbico (vitamina C) (Kent-Jones & Amos, 1967).

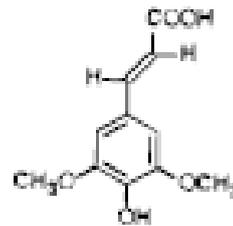
3.6.7 Polifenoles

Los polifenoles son metabolitos secundarios de las plantas encontrados en gran variedad de especies de plantas entre las que se encuentra la papa (Friedman, 1997). Químicamente, son sustancias caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula.

Los principales polifenoles detectados como posibles precursores del oscurecimiento en papas mínimamente procesadas son el ácido clorogénico y la tirosina, sin embargo se encuentran también en los tubérculos el ácido caféico, cinámico, ferúlico, gálico y criptoclorogénico (Reddivari *et al.*, 2007).

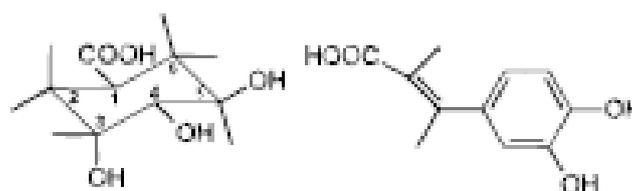


Ácido cinámico R₁=R₂=R₃=H



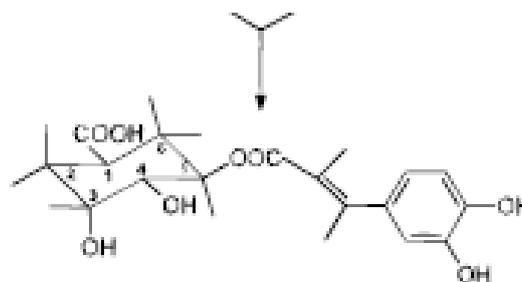
Acido sinápico

Ácido ferúlico R₁=OH₂, R₂=OCH₃, R₃=H



Ácido quínico

Ácido caféico



Ácido clorogénico

Figura 1. Estructuras químicas de los polifenoles encontrados en papa y los isómeros del ácido clorogénico que se forman (Tomado de: Friedman, 1997).

El oscurecimiento, o los cambios en el color de los tubérculos se dan como el resultado de la catalización de la reacción de oxidación de alguno de los polifenoles por parte de la enzima polifenoloxidasas (Cantos *et al.*, 2002; Friedman, 1997).

Es importante mencionar que el contenido de polifenoles depende mayormente de las diferencias varietales; sin embargo, se ha demostrado que lugares de siembra con bajas temperaturas, gran altitud y mayor humedad dan como resultado tubérculos con mayor contenido de los mismos (Reddivari *et al.*, 2007).

3.7 Procesamiento industrial

El procesamiento de la papa se desarrolló tecnológicamente durante la década de los 80, principalmente en países desarrollados, productores y consumidores del tubérculo, que querían consumir la papa en diferentes maneras (Menéndez *et al.*, 2003).

La tendencia mundial se orienta hacia el consumo de papa industrializada, y es esta tendencia el principal factor que dirige la industria del procesamiento (Fernández *et al.*, 1999; Menéndez & Hernández, 2003). El aumento en el consumo de este tipo de productos se da principalmente por la modernización e incorporación de la mujer al ambiente laboral que conduce a adoptar diferentes patrones alimentarios que involucran cada vez más el uso de comidas rápidas, preparadas o de fácil preparación (Bonierbale *et al.*, 2000; Arvanitoyannis *et al.*, 2008).

Es importante mencionar que los factores de desarrollo de la agroindustria dependen directamente de la disponibilidad de grandes cantidades de materia prima con calidad para ser industrializadas (Fernández *et al.*, 1999) y actualmente se usa la misma materia prima indistintamente del proceso. Al utilizar tubérculos con características no aptas para el tipo de tratamiento a realizar, es decir utilizar siempre las mismas variedades ya sea para fritura, cocimiento, deshidratación entre otras, se potencia la obtención de productos de calidad deficiente por la falta de uso y disponibilidad de variedades con propiedades adecuadas para cada método (Moreno, 2005).

Debido al auge de los productos procesados de papa, los agricultores se vieron obligados a producir cultivares con características específicas y variadas para ser utilizados según se requieran en los diferentes productos. Estas nuevas variedades

deben actualmente cumplir con ciertas características de calidad en cuanto a apariencia física y composición química para que los productos procesados hechos a base de las mismas, cumplan con los requerimientos de calidad de los consumidores finales; es importante mencionar que con el surgimiento de productos procesados de mejor calidad el consumidor aprecia no solo las diferencias de apariencia y textura de los tubérculos, sino también su calidad culinaria (Borruey *et al.*, 2000; Trincherro *et al.*, 2007).

En la actualidad, a nivel mundial la producción de papa procesada anual es de 30 millones de toneladas, es decir casi el 10% de la producción mundial del tubérculo (Keijbets, 2008). En general, los productos procesados más consumidos son el almidón de papa, puré, papa cocida, ensalada de papa, papas fritas, chips, deshidratada, entre otras. A pesar de la gran variedad de productos, es la papa frita la forma de mayor consumo de papa procesada. Este producto, ya sea en presentación de hojuelas, tiras rectas o irregulares, actualmente es el más importante en cuanto a consumo y preferencia y es, probable, que esta tendencia se mantenga o incluso se incremente en el futuro (Bonierbale *et al.*, 2000; Keijbets, 2008).

La elaboración de productos procesados, al involucrar una transformación del alimento natural, ya sea mínima, conduce a que se den procesos enzimáticos y químicos irreversibles en el alimento que afectan la calidad del producto final; en este caso específico, es de gran importancia considerar que la papa es un alimento extremadamente sensible al oscurecimiento enzimático (Gunes y Lee, 1997), con lo cual se afecta principalmente el color y por consiguiente la vida útil de los productos mínimamente procesados (Arvanitoyannis *et al.*, 2008)

En general, un producto mínimamente procesado es aquel vegetal fresco alterado físicamente (pelados, lavados, cortados y empacados) de su forma original (Gómez-López *et al.*, 2008). Con el procesamiento se busca primordialmente crear un alimento con mayor comodidad de uso, debido a que la sociedad actual, posee menos tiempo para preparar sus alimentos. Con la incorporación de la mujer al ambiente laboral y al tener menor disponibilidad de tiempo, el consumidor en la actualidad, busca consumir alimentos saludables y que, además, conlleven procesos de preparación fáciles y rápidos (O'Connor-Shaw, 2004). Es importante mencionar que la vida útil de estos

productos es limitada en su mayoría por el pardeamiento enzimático que causa la disminución en la calidad del producto (Cantos *et al.*, 2002).

El oscurecimiento en papas se ha relacionado no solo con la presencia de la enzima polifenoloxidasas (PPO), sino también con la concentración de sustratos como componentes del tubérculo sobre los que actúa la enzima (Sapers *et al.*, 1989). Además, este oscurecimiento es el responsable no solo de cambios indeseables en la calidad sensorial, sino también en la pérdida de la calidad de los nutrientes (Min-Kyung *et al.*, 2002). El oscurecimiento enzimático es indeseable tanto en los productos procesados finales, como el puré y la papa cocida, como en productos mínimamente procesados, utilizados para posteriormente hacer los anteriores. Al ser productos de consumo inmediato y considerados como frescos, una coloración oscura en ellos representa para el consumidor una apariencia inaceptable.

Para inhibir el pardeamiento enzimático de los productos mínimamente procesados se han estudiado varios tratamientos tanto físicos como químicos. Entre los tratamientos físicos están el escaldado, método que se basa en el uso de altas temperaturas por periodos cortos para inactivar las enzimas presentes en alimentos (Garrote *et al.*, 2001; Rossi *et al.*, 2003), y la refrigeración con el uso de atmósferas controladas, pues al evitarse el contacto del oxígeno con el producto se retarda la actividad de las enzimas (Gunes y Lee, 1997).

Los pretratamientos químicos son la metodología más utilizada y consisten en utilizar inhibidores químicos que actúan directamente en la enzima o bien en los sustratos (Andrade, 1997; Artés *et al.*, 1998). Entre los más importantes de este grupo, excluyendo los sulfitos debido a su prohibición de uso por causar asma, bronquitis, disminución en el valor nutricional del producto, entre otros (Cantos *et al.*, 2002), están los antioxidantes como los ácidos ascórbico y el cítrico, los cuales han dado buenos resultados en la inhibición de la PPO en papas (Sapers & Miller, 1992), en manzanas y peras (Sapers & Douglas, 1987) y en tallos de lechuga (Castañer *et al.*, 1996).

3.8 Uso del análisis sensorial

El análisis sensorial es una herramienta muy útil para entender, conocer y valorar las cualidades sensoriales de un producto que llevan a un consumidor a aceptar o

rechazar los alimentos de acuerdo a las sensaciones, sabores y texturas percibidas (Sancho *et al.*, 2002; Rousseau, 2004).

En este caso específico, al igual que en muchas otras investigaciones, el análisis sensorial es de gran utilidad pues según Trincherro *et al.* (2007) la calidad culinaria de la papa no solo depende de su composición química, sino que también incluye atributos sensoriales que la caracterizan y la hacen específica para diversos fines; dentro de estos atributos se encuentran la textura, olor, sabor y color.

Existen gran cantidad de técnicas para el análisis sensorial, cada una con condiciones y directrices específicas para su aplicación que se clasifican en: pruebas de discriminación, pruebas descriptivas y pruebas de aceptación (Rousseau, 2004). La prueba 2-AFC es una prueba de discriminación que permite encontrar diferencias significativas donde no existen diferencias obvias entre 2 muestras o una muestra y su patrón (Sancho *et al.*, 2002).

Un panel entrenado es aquel que utiliza individuos previamente capacitados para el entendimiento de los parámetros a evaluar y analizados con el fin de determinar si producen resultados congruentes y reproducibles. En este análisis, es de gran importancia tener en cuenta que al ser los individuos el instrumento de medida deben ser seleccionados y entrenados cuidadosamente para luego, evaluar la consistencia de sus respuestas y el entendimiento de los conceptos para utilizarlos como instrumento de medida, en este caso específico de características visuales (Trincherro *et al.*, 2007).

Por último, el panel de consumidores es considerado un método hedónico que se utiliza para evaluar la preferencia, aceptación o rechazo de un producto determinado y suele responder a requerimientos del mercado con el fin de apreciar las tendencias de consumo. En esta prueba los productos se presentan en condiciones normales de consumo y los jueces no son entrenados, son consumidores regulares del alimento (Sancho *et al.*, 2002). Para éstas, es importante mencionar, se requiere analizar de 75 a 150 consumidores para determinar diferencias entre productos desde un punto de vista estadístico (Zhao *et al.*, 2007).

3.9 Análisis instrumental

Existen una gran cantidad de análisis instrumentales para realizarle a los alimentos. Sin embargo, en este caso específico, los análisis realizados al producto son el color y la textura. La medición de color se utilizó en primera instancia para determinar oscurecimiento de los tejidos durante el almacenamiento y posteriormente, al igual que la medición de textura, para definir la calidad del producto final.

La medición de color es muy utilizada debido a su sencillez. Usualmente el color de los alimentos se mide en las unidades internacionales estandarizadas, L^* , a^* y b^* , donde L^* corresponde a la luminosidad o claridad del tejido con valores entre 0 (negro) y 100 (blanco); el valor de a^* indica coloraciones en la gama de verde (-) a rojo (+), mientras que b^* corresponde a la gama de azul (-) a amarillo (+). Utilizando los valores de estas medidas básicas, se calculan posteriormente los valores de croma (C^*) y ángulo de tono (h°), los cuales corresponden a $\sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$ y arcotangente b^*/a^* (Edwards *et al.*, 2002).

La textura es uno de los principales atributos de calidad para el consumo de las papas cocidas (Dijk *et al.*, 2002b) pues para los consumidores denota frescura, excelente preparación y además contribuye al pleno disfrute de la comida (Surmacka, 2002).

Este parámetro se define como la manifestación funcional de la estructura, mecánica y propiedades de la superficie de los alimentos y su estructura interna (Surmacka, 2002) y puede describirse básicamente mediante dos técnicas: la percepción sensorial y las medidas instrumentales (Dijk *et al.*, 2002a). Instrumentalmente, DeMan (1969) determinó la textura de las papas cocidas utilizando la celda de kramer.

Entre las medidas más comunes de textura realizadas se encuentran: la dureza, cohesividad, viscosidad y elasticidad las cuales se relacionan con las fuerzas de atracción que actúan entre las partículas del alimento y que se oponen a la desintegración de la estructura (Linehan y Hughes, 1969).

IV Materiales y métodos

4.1 Localización del proyecto

El procesamiento del producto mínimamente procesado se realizó en la planta piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), y el estudio de este, como de las variedades a utilizar, se realizó en los laboratorios de química y análisis sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

4.2 Materia prima

Se utilizó papa de los genotipos, Floresta y Granola (figura 2) cosechadas en la provincia de Cartago durante el segundo semestre del 2008, teniendo así condiciones climáticas similares. Es importante mencionar que ambas variedades son provenientes de semillas certificadas por el Centro Internacional de Papa (CIP).

Los lotes de la papa Floresta se cosecharon los días 9, 10, 11 y 12 de septiembre en una finca en la zona de Prusia de Cartago, mientras que los lotes de la variedad Granola se cosecharon del 28 al 30 de octubre en Tierra Blanca de Cartago.



Figura 2. Variedades de papa Floresta (a) y Granola (b).

4.3 Caracterización química de las variedades

Los tubérculos seleccionados, lavados, y desinfectados se almacenaron en una cámara de refrigeración a una temperatura controlada de 10 °C (Cotrell *et al.*, 1993; Van der Plas, 1987), con el fin de evitar el deterioro y envejecimiento de los tubérculos mientras eran utilizados para los análisis.

4.3.1 Preparación de muestras

La preparación de los tubérculos previa al análisis se realizó mediante el flujo de proceso que se describe en la Figura 3, el cual incluye lavado, troceado, congelación, liofilización y almacenamiento. Se analizaron 4 lotes por cada variedad.

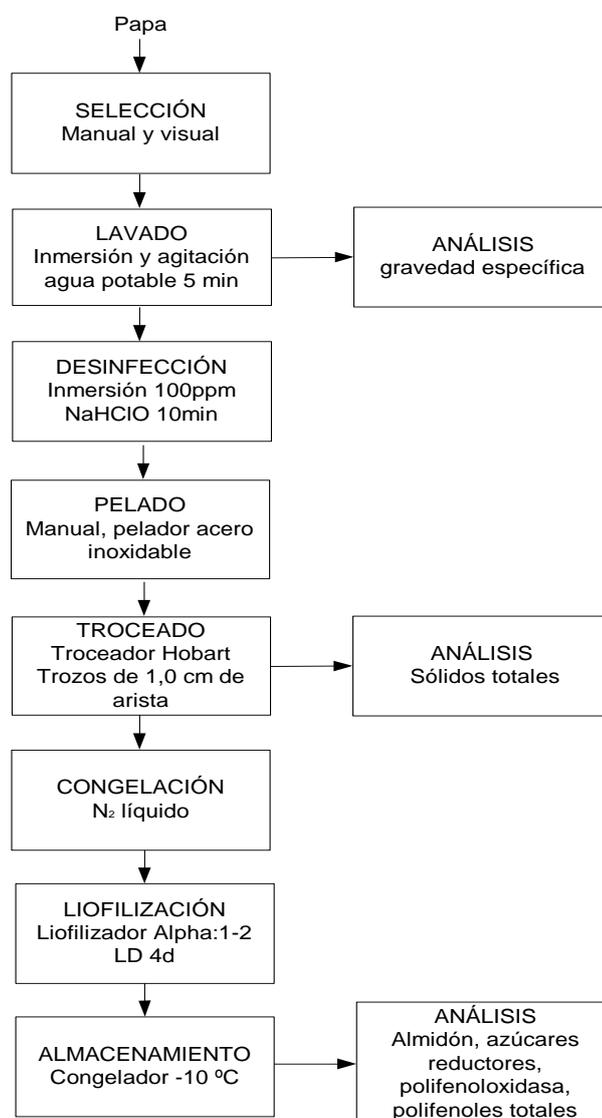


Figura 3. Flujo de proceso para la preparación de los tubérculos previo al análisis.

1. Selección

La papa se seleccionó de manera visual, eliminando las papas con daño físico o microbiano visible, o bien, los tubérculos verdes.

2. Lavado y desinfección

La materia prima se lavó con agua para retirar la materia orgánica adherida al tubérculo, y posteriormente se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio en concentración de 100 ppm, durante 10 min (Ancos *et al.*, 2006).

3. Pelado

Se peló manualmente con un pelador de acero inoxidable desinfectado previamente. Para esta operación no se utilizó un pelador abrasivo debido a que en pruebas preliminares dio mejor resultado el pelado manual.

4. Troceado

Las papas enteras previamente peladas se colocaron en un troceador marca Hobart obteniendo cubos de 1,0 cm x 1,0 cm.

5. Congelación

Se agregó nitrógeno (N₂) líquido en cantidad suficiente a los recipientes plásticos de 5 cm de diámetro y 5 cm de altura que contenían 65g de papa troceada. Los recipientes se cerraron cuando el exceso de N₂ se había evaporado; posteriormente se congeló a -80 °C.

6. Liofilización

Se realizó en el equipo de liofilización del CIGRAS (Centro de Investigación en Granos y Semillas). Para esto, se utilizó un liofilizador Alpha:1-2 LD, el cual duró 4 días por tanda. El equipo trabaja con un tanque a -55 °C en acero inoxidable, bomba de vacío y microválvula para romper el vacío.

7. Almacenamiento

Inmediatamente después de liofilizar, las muestras se almacenaron en congelación a -10°C.

4.3.2 Diseño experimental

Para la evaluación de las propiedades químicas de los tubérculos se utilizó un diseño irrestricto aleatorio, con 2 niveles correspondientes a cada variedad. Se utilizaron 4 lotes de cada variedad.

Se realizó una caracterización a cuatro lotes de cada uno de los dos genotipos mediante determinaciones químicas: sólidos totales, contenido de almidón, azúcares reductores, gravedad específica, actividad de la enzima polifenoloxidasas y contenido de polifenoles totales. Los métodos de análisis se describen posteriormente en el apartado 3.6.

4.3.3 Análisis estadístico

La comparación de los resultados relativos a las propiedades químicas de las muestras se realizó mediante una prueba t de student.

4.4 Inhibición del pardeamiento enzimático: Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasas

4.4.1 Elaboración de papa mínimamente procesada

En las pruebas preliminares, la inhibición se evaluó mediante el cambio de color de las muestras en el colorímetro Hunterlab durante 12 días, tiempo en el cuál incluso las muestras de los tratamientos más efectivos presentaron oscurecimiento. La evaluación se realizó mediante la siguiente fórmula (Sapers & Miller, 1993):

$$\% \text{ inhibición (Valor L) a un tiempo } t = \frac{\Delta L \text{ control} - \Delta L \text{ tratamiento}}{\Delta L \text{ control}} \times 100 \quad (1)$$

Donde un valor cercano a 100% indica un tratamiento altamente efectivo para controlar la inhibición de la PPO.

De la variedad de concentraciones y tratamientos analizados, se escogieron el ácido cítrico al 10% y el ácido ascórbico a 1,6% para analizar cuál de ellos, era el mejor

tratamiento para cada variedad de papa. A partir de estos resultados se planeó la siguiente metodología para determinar así el mejor ácido para inhibir la PPO en las dos variedades de papa costarricenses.

Se evaluó el efecto de inmersión en 2 ácidos orgánicos (cítrico y ascórbico) por un tiempo de 1,5 min., tiempo sugerido por Sapers & Ziolkowski (1987), para las dos variedades de papa, y su efecto a lo largo del tiempo, con un tiempo máximo de 9 días de almacenamiento, como se señala en la Figura 4. Se preparó 4 lotes por cada variedad.

Se utilizó un tiempo máximo de almacenamiento de 9 días y como inhibidores los ácidos cítrico y ascórbico al 10% y 1,6%, respectivamente, debido a que son las condiciones que dieron mejor resultado de inhibición de la enzima PPO en los cubos de papa durante las pruebas preliminares.

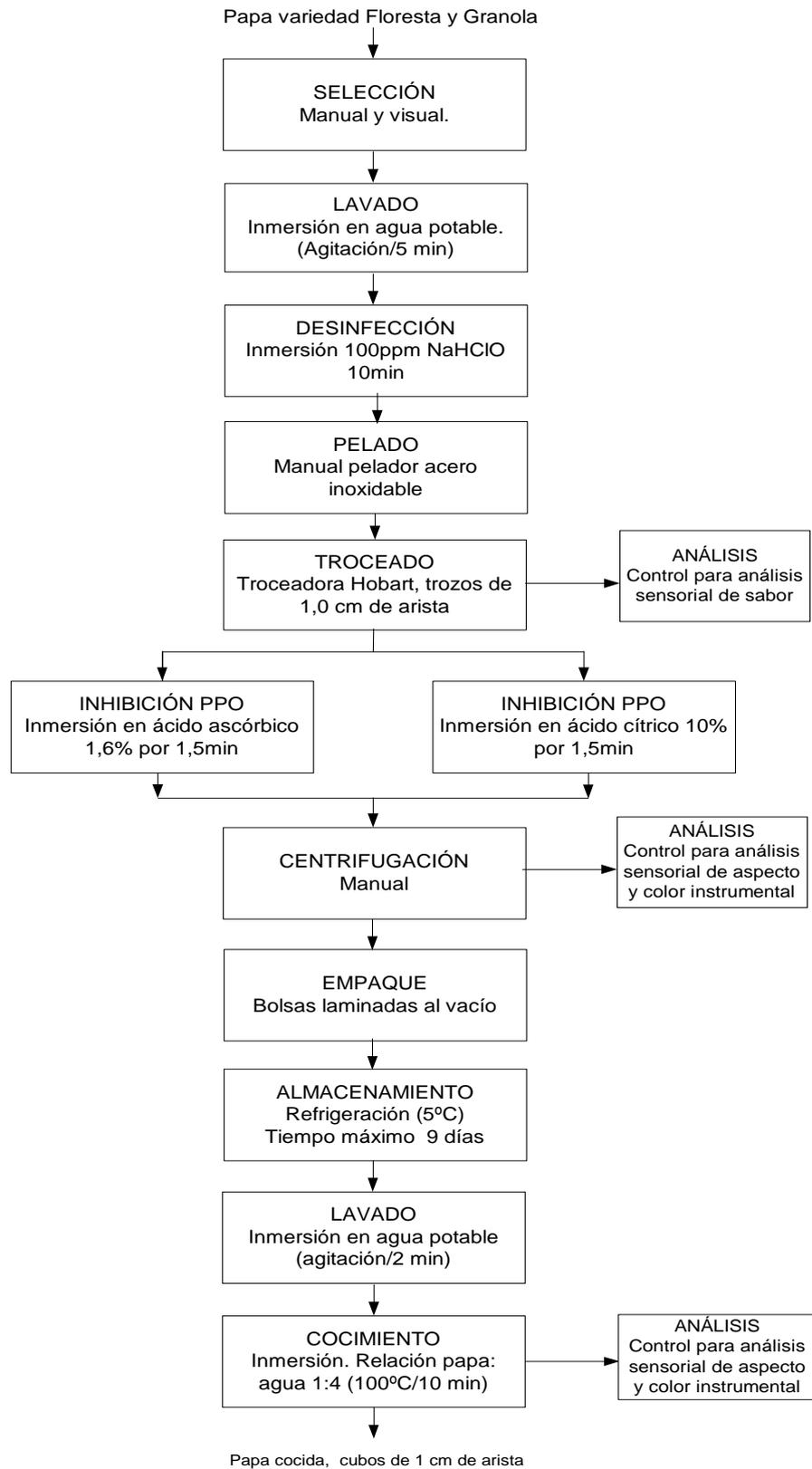


Figura 4. Flujo del proceso para la preparación del producto mínimamente procesado para definir tiempo de almacenamiento e inhibidor a utilizar en el producto final.

Los cubos de papa fresca (sin congelar) de 1,0 cm de arista preparados como se describe en el apartado 4.4.1 se sumergieron en la solución inhibidora de la enzima polifenoloxidasasa por 1,5 min, se centrifugaron, posteriormente se empacaron en bolsas laminadas que se sellaron al vacío (Gunes y Lee, 1997) y se almacenaron en una cámara a temperatura de refrigeración (5 – 8 °C), por ser la temperatura de anaquel. En el caso de las papas fritas, los trozos de papa fueron de 1,0 cm de ancho por 4 cm de largo.

Se realizó una prueba sensorial del producto cocido utilizando un panel entrenado de 8 personas, para evaluar el aspecto (detección de coloraciones o decoloraciones y otros defectos visuales), un panel de 25 consumidores para la detección de sabor ácido (ver sección 4.6.2.3) y una medición instrumental de color del producto mínimamente procesado a partir de las dos variedades. Tanto los paneles como la medición de color se realizaron a los productos inhibidos con los dos ácidos orgánicos y almacenados a 4 tiempos distintos (0, 3, 6 y 9 días) para definir así el tiempo máximo de almacenamiento y el inhibidor de la enzima polifenoloxidasasa más adecuado para cada variedad.

La muestra control, para el panel entrenado y el análisis del color instrumental, consistió en papa troceada inhibida con un almacenamiento de 0 días; únicamente, para el panel de 25 consumidores, la muestra control consistió en papa fresca troceada sin inhibir debido a que la evaluación era con base en el sabor.

4.4.2 Diseño experimental

Para la evaluación de la papa mínimamente procesada se utilizó un diseño factorial de tres factores: la variedad, el agente inhibidor de la polifenoloxidasasa y el tiempo de almacenamiento. Los niveles de cada factor son: dos variedades (Floresta y Granola) dos inhibidores (ácido ascórbico y ácido cítrico) y 4 tiempos de almacenamiento (0, 3, 6 y 9 días).

También se aplicó un diseño irrestricto al azar con 16 tratamientos como se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Diseños experimentales para la evaluación del efecto del agente inhibidor de la polifenoloxidasas sobre el pardeamiento enzimático y las propiedades sensoriales con evaluaciones a los días 0, 3, 6 y 9 d para las variedades de papa Floresta y Granola.

Diseño irrestricto aleatorio	Diseño factorial (2²x4)		
Tratamiento	Variedad	Tiempo (días)	Inhibidor de la enzima polifenoloxidasas
1 (control)	Floresta	0	Ascórbico 1,6%
2 (control)		0	Cítrico 10%
3		3	Ascórbico 1,6%
4		3	Cítrico 10%
5		6	Ascórbico 1,6%
6		6	Cítrico 10%
7		9	Ascórbico 1,6%
8		9	Cítrico 10%
9 (control)	Granola	0	Ascórbico 1,6%
10 (control)		0	Cítrico 10%
11		3	Ascórbico 1,6%
12		3	Cítrico 10%
13		6	Ascórbico 1,6%
14		6	Cítrico 10%
15		9	Ascórbico 1,6%
16		9	Cítrico 10%

Las variables respuesta fueron: oscurecimiento de la papa por medio del colorímetro y sensorial, apariencia y sabor del producto.

4.4.3 Análisis estadístico

En el estudio de almacenamiento de la papa mínimamente procesada se realizó un ANDEVA para evaluar el efecto de las diferentes variables de interés (tiempo, ácido, variedad, lote). Se realizó un ANDEVA para el diseño irrestricto al azar con el fin de comparar entre los tratamientos, y una comparación de medias de Tukey; posteriormente, se realizó un análisis de regresión lineal para los parámetros de color con cambios significativos durante el tiempo de almacenamiento.

Con los resultados se estableció el ácido orgánico a utilizar y el tiempo de almacenamiento máximo para la elaboración de las 2 presentaciones del producto mínimamente procesado de cada variedad, en rectángulos largos y en cubos.

4.5 Elaboración de alimentos tradicionales a partir de papa mínimamente procesada

De acuerdo con los resultados obtenidos en el apartado anterior, se definió el tiempo de almacenamiento (6 días) y el agente inhibidor de la polifenoloxidasasa (ácido ascórbico) para la elaboración del producto mínimamente procesado de ambas variedades utilizando las condiciones establecidas en el apartado anterior (4.4.1). A partir de cada una de las presentaciones preparadas de éste, cubos y tiras (para papas fritas), se elaboraron los alimentos tradicionales: papa cocida y puré, y papa frita respectivamente (Figura 5).

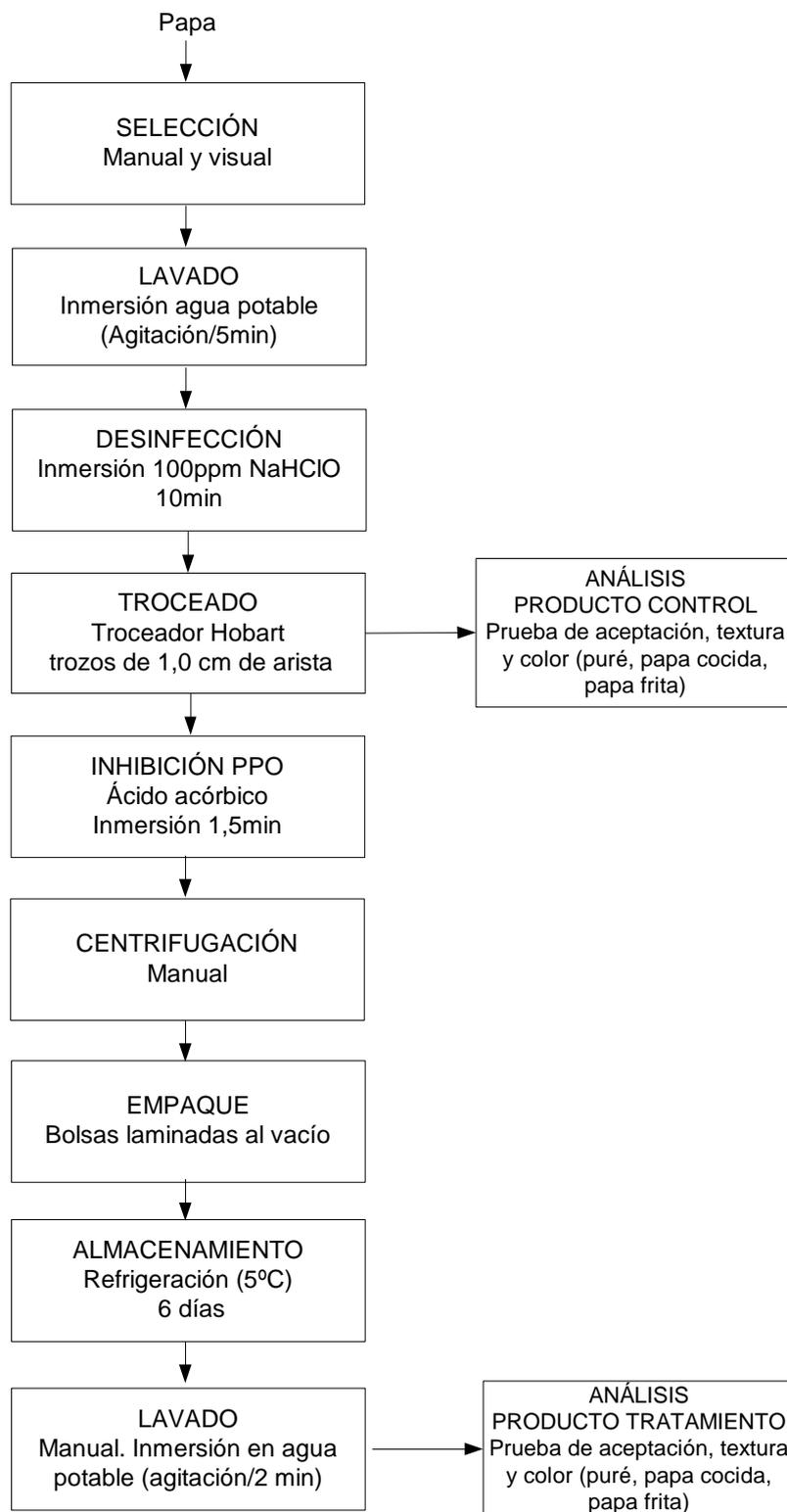


Figura 5. Flujo de proceso para la preparación de la papa mínimamente procesada para su utilización en productos tradicionales.

4.5.1 Puré de papa

El puré de papa se preparó siguiendo la metodología tradicional. Se cocinaron los trozos de papa mínimamente procesada en agua a ebullición en una relación papa:agua de 1:4 durante 10 min (Leung *et al.*,1983). Se escurrió el agua, y se molieron 250g de trozos de papa con 50g agua, 7g de mantequilla y 18g de sal. Se elaboró también un puré con papa fresca como control.

4.5.2 Papa cocida

Los trozos de papa mínimamente procesada se cocinaron en agua con sal (30g/L) a ebullición con una relación papa: agua de 1:4 durante 10 min (Leung *et al.*,1983). Para que se mantenga la relación de papa: agua establecida, el producto se mantiene tapado durante la cocción. Se elaboró también papa cocida fresca como control.

4.5.3 Papa frita

Los trozos de papa mínimamente procesada de 1 cm de ancho x 4 cm de largo, se sumergieron en aceite vegetal en relación 1:50 papa: aceite previamente calentado a 180 °C por 3 minutos según Costa *et al.* (2001), en una freidora eléctrica (Croydon, F25-200001 A1). Posteriormente se escurrieron por 1 min hasta eliminar el exceso de grasa. Se elaboró también papa fresca frita como control.

4.5.4 Diseño experimental

Para la evaluación de la aceptación de cada alimento elaborado (papa cocida, papa frita y puré) se utilizó un diseño factorial (3x2) donde los factores fueron: tipo de alimento (puré, papa cocida y papa frita) y tratamiento mínimamente procesado (sí o no) (Cuadro 3). También, se analizó la intención de compra de cada consumidor con respecto a ambas presentaciones del producto mínimamente procesado, en cubos y en rectángulos, explicando las diferencias de uso de cada uno y se hizo una prueba de intención de compra.

Además, se realizó una encuesta a cada consumidor, preguntando por la forma de consumo de papa preferida, puré de papa, papa cocida o papa frita; teniendo una

única opción de marcar, con el fin de agrupar los consumidores según sus preferencias.

Cuadro 3. Diseño factorial para el estudio de la aceptación de los productos elaborados a partir de un producto mínimamente procesado o no de papa utilizando dos genotipos como materia prima. Se aplicó a las variedades Floresta y Granola independientemente.

<i>Tratamiento</i>	<i>Proceso de elaboración</i>	<i>Procesamiento mínimo</i>
1	Puré de papa	Si
2	Puré de papa	No
3	Papa cocida	Si
4	Papa cocida	No
5	Papa Frita	Si
6	Papa Frita	No

Las variables respuesta en este caso son la aceptación, el color y la textura.

4.5.5 Análisis estadístico

Para determinar si existían diferencias significativas en el estudio de aceptación los valores se agruparon de acuerdo al producto que los panelistas consumen con mayor frecuencia según la encuesta realizada (Apéndice E1) y se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) a cada conglomerado (por frecuencia de consumo) para determinar el tipo de producto más aceptado para cada variedad de papa y si el tratamiento influyó o no en la aceptación. La muestra control consistió en el mismo producto, solamente que elaborado a partir de papa fresca, no a partir de papa previamente inhibida y almacenada, como el producto tratamiento.

Para ambas presentaciones del producto mínimamente procesado empacado, se aplicó a los resultados obtenidos por cada grupo de consumidores frecuentes una prueba t Student para comparar la intención de compra de un producto con el otro.

La comparación de los resultados relativos al color y la textura, ambas medidas de manera instrumental, se realizó mediante una prueba t de Student. Se comparó el producto con respecto a su control para cada variedad independientemente.

4.6 Métodos de Análisis

4.6.1 Análisis de papa cruda liofilizada

Los análisis se realizaron a la papa liofilizada previamente, como se explica en el apartado 3.3.

4.6.1.1 Sólidos Totales

Para la determinación de sólidos totales se procedió a utilizar la metodología descrita por Lois & Torres (2002). A las muestras se les determinó el contenido de humedad de forma gravimétrica utilizando el método oficial 934.01 de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 2005) modificado por Lois y Torres (2002), el cual consiste en secar 10g de muestra en una estufa a $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ con una presión de vacío 20 ± 5 pulgadas de mercurio hasta obtener masa constante. Se realizó a 4 lotes de cada genotipo por triplicado.

4.6.1.2 Contenido de almidón

El contenido de almidón se determinó mediante el método de Nielsen (1943), citado por Hasbun *et al.* (2009).

Se tomaron 10g aleatoriamente del material liofilizado por cada variedad y se homogenizó para obtener una muestra representativa. De este se tomó 1g de muestra y se gelatinizó utilizando ácido perclórico al 70%; luego de la formación del gel, se procedió a dispersarlo en agua, centrifugar con el fin de sedimentar partículas y se tomó 1ml del líquido supernatante, que luego de agregar unas gotas de NaOH y unas de ácido acético, se hizo reaccionar con el complejo yodo-yoduro con lo que formó un color azul característico. La concentración de almidón en la muestra se determinó midiendo la absorbancia del color a 640nm. Los valores de absorbancia obtenidos se interpolaron en una curva de calibración realizada el mismo día en el espectrofotómetro, utilizando almidón puro extraído del genotipo Floresta. El análisis se realizó por triplicado a 4 lotes de cada variedad.

4.6.1.3 Azúcares reductores

La concentración de azúcares reductores presentes en las papas se analizó por triplicado al material liofilizado (apartado 4.3.1) por medio del método de HPLC. En este se utilizó una columna Aminex HPX-87H con un tamaño de partícula de $5 \mu\text{m}$ y

un detector de infrarrojo; las condiciones para obtener una buena separación de los componentes son una temperatura de 30°C, un flujo de 0,4 mL/min de agua con ácido fosfórico 0,01N como disolvente, según explica el método Chinnici *et al.* (2005). El análisis se realizó por triplicado para cada uno de los 4 lotes de cada genotipo. Los resultados corresponden al área bajo cada uno de los picos obtenidos, glucosa, fructosa y sacarosa, por lo que el reporte se realizó para cada azúcar por separado.

4.6.1.4 Gravedad específica

La gravedad específica de los tubérculos frescos se determinó mediante el método de peso en aire/peso en agua, propuesto por Kleinkopf *et al.* (1987), citado por Hasbun *et al.* (2009), utilizando la siguiente fórmula:

$$GE = \frac{\text{Peso en aire}}{(\text{Peso en aire} - \text{Peso en agua})} \quad (2)$$

Para este análisis se utilizaron 5 kg de papa por réplica y se realizó por triplicado para cada uno de los 4 lotes de cada genotipo utilizando el sistema que se observa en la Figura 6.

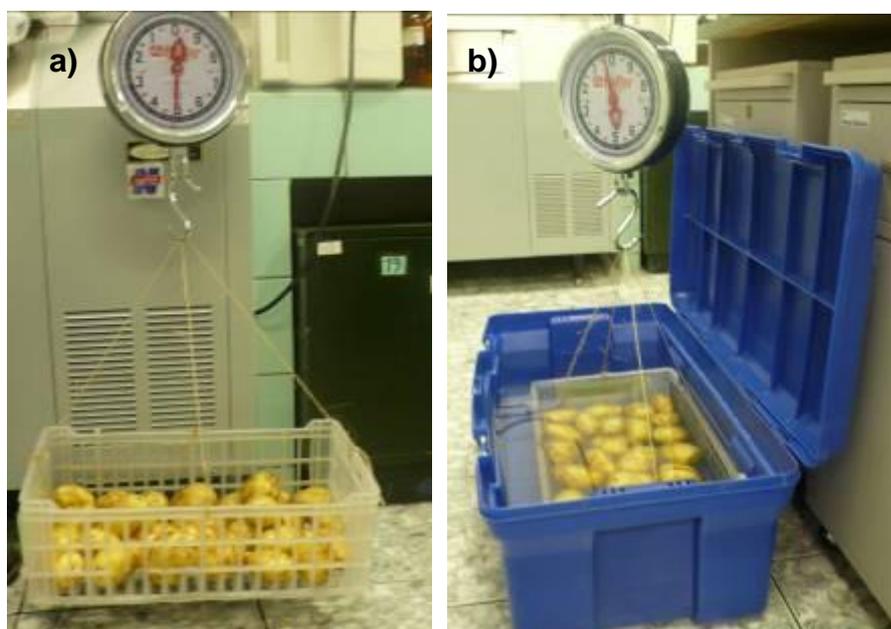


Figura 6. Sistema utilizado para determinar la gravedad específica de los tubérculos.
(**a**) Sistema para obtener el peso en aire de las papas, **b**) inmersión de las papas en tina con agua para determinar el peso en agua de las mismas)

4.6.1.5 Polifenoloxidasas

La actividad de la enzima polifenoloxidasas (PPO) se determinó mediante el método propuesto por Duangmal y Owusu (1999). Se tomaron 200 g de papa pelada aleatoriamente y se homogenizaron con 200 mL de un buffer de fosfatos pH 7,0 (0,1M) con 30mM de ácido ascórbico, posteriormente se filtró sobre 4 capas de manta y el filtrado se centrifugó durante 25 min a 13000xg. El líquido supernatante obtenido se mezcló con igual cantidad de acetona fría (-30 °C) y se almacenó a 4 °C por 20 min para permitir la precipitación de la enzima. Posteriormente, se filtró al vacío el precipitado utilizando filtros Whatman 42 en un embudo Büchner. Se tomó 56 mg de enzima cruda (residuo sobre el papel) y se disolvieron en 7 mL de un buffer de fosfatos (0,1M) pH 6,8, lo que se centrifugó nuevamente por 5 min. Se tomó una alícuota de 0,2 mL del líquido supernatante y se colocó sobre 2,8 mL de un buffer de fosfatos (0,1M) pH 6,8 con 20mM de catecol; inmediatamente después, se midió la absorbancia a 420nm en un espectrofotómetro cada 10 s durante 6 min para determinar así la actividad enzimática presente.

Una unidad de actividad de la enzima PPO se define como el cambio en la absorbancia de 0,001/min. Se realizó por triplicado para cada uno de los 4 lotes de papa de cada genotipo.

4.6.1.6 Polifenoles totales

La determinación de polifenoles totales se realizó al material liofilizado por medio del método Folin-Ciocalteu (Lachman *et al.*, 2008; Esquivel *et al.*, 2007). Se tomó 1,00 g de material liofilizado homogenizado y se colocó en un erlenmeyer de 25mL con 10 mL de la solución extractora 70:30 acetona: agua, se agitó por 10 min en un agitador magnético, 10 min en baño ultrasónico y por último 10 min más en el agitador magnético. Posteriormente, se trasvasó cuantitativamente a un embudo con papel filtro Whatman 41 y el filtrado se recogió en una probeta de 25 mL, realizando lavados consecutivos con la solución extractora hasta obtener un volumen final de 15,0 mL.

Se tomó una alícuota de 500 µL del extracto de la muestra liofilizada y se llevó a un balón de 10,00 mL con agua destilada hasta la marca de aforo; se tomó también una alícuota de 500 µL de la solución extractora 70:30 y se llevó a un balón de 10,00 mL con agua destilada hasta la marca de aforo el cuál se utilizó como blanco. Posteriormente, se tomó una alícuota de 500 µL de cada balón y se colocó en un tubo

de ensayo por triplicado (del blanco por duplicado). Se agregó a cada tubo de ensayo, muestras y blancos, 2,50 mL de solución Folin y luego se basificó con 2,00 mL de solución de carbonato de sodio. Se colocaron los tubos en un baño de agua a 50 °C por 15 min, y posteriormente se enfriaron en un baño de agua-hielo. Se midió la absorbancia a una longitud de 760nm. La lectura de absorbancia se interpoló en una curva de calibración de 5 puntos de ácido gálico. Se analizaron 4 lotes de cada genotipo por triplicado.

Para eliminar las interferencias presentes (azúcares, ácido ascórbico, entre otros) se tomó 1 ml del extracto cetónico con 3ml de agua en un tubo de ensayo (igual con 1ml de solución extractora para el blanco). Se tomaron 2ml y se colocan en un cartucho oasis, el filtrado se recogió en una probeta de 10ml. Se tomó de este filtrado una alícuota de 500 µL por triplicado en tubos de ensayo y se procedió de la misma manera explicada anteriormente. La absorbancia obtenida se interpoló en la curva de calibración y su concentración de polifenoles se restó a la obtenida anteriormente para obtener la concentración real de polifenoles en la muestra.

4.6.2 Análisis de productos mínimamente procesados y elaborados

4.6.2.1 Color

Se determinó mediante el uso del instrumento de medición Colourflex (Hunterlab) calibrado con un patrón negro y uno blanco según las especificaciones del software y se verificó mediante el uso de un patrón verde. Se realizaron 5 réplicas por variedad; cada medición se repitió 5 veces en diferentes posiciones. El color se expresó como L*, C* y h*, donde L* indica la luminosidad, C* corresponde a la saturación del color, croma, y h* representa el tono; se utilizó un iluminante D₆₅ y un ángulo de observación de 10° (Fernandez *et al.*, 2006).

4.6.2.2 Textura

La medición de la textura en todos los productos se realizó utilizando el instrumento de medición Texture Analyser de Stable Microsystems.

a. Puré de papa

Se realizó la medición por el método de extrusión, para el cual se utilizó un aditamento de plástico de 35 mm de diámetro (SMS P/35) para penetrar una cremera plástica de 60 mm de diámetro (Canet *et al.*, 2005) que contenía 60 g de puré de papa. El instrumento se programó utilizando el macro denominado “creme fraiche” para que iniciara su descenso estando 8 mm por encima de la superficie de la muestra, con una velocidad previa al contacto de 1mm/s, una velocidad de prueba de 3mm/s y la de post-prueba de 10mm/s. La distancia de compresión fue de 10mm, con una fuerza de 50 kg. Se analizaron 6 repeticiones, cada una de 60 gramos de papa de cada uno de los 4 lotes de cada genotipo.

b. Papa cocida

Para el análisis de textura de la papa cocida se utilizó un método de penetración con el macro “potato salad”. El aditamento utilizado es la celda de kramer. Se utilizó una velocidad de penetración de 1,5 mm/s y una distancia de penetración de 5mm. Se analizaron 6 repeticiones, cada una de 60 g de papa de cada uno de los 4 lotes de cada genotipo.

c. Papa frita

Para analizar la textura de las papas fritas se utilizó, al igual que para la papa cocida, la celda de kramer con igual velocidad y distancia de penetración. Se analizaron 6 repeticiones de los 4 lotes de cada genotipo; para cada repetición se colocaron 5 papas fritas acomodadas en paralelo cubriendo la superficie total de la celda.

4.6.2.3 Análisis sensorial

a. Pruebas sensoriales en producto mínimamente procesado

Se evaluó la apariencia y el sabor residual del inhibidor. Se entrenó un grupo de 8 personas para que reconocieran defectos del producto crudo en 3 cubos de 1cm x 1cm: cristales de almidón en la superficie, oscurecimiento y resequedad mediante el uso de una escala lineal de 10 cm. En cuanto a sabor se realizaron pruebas de discriminación con 25 consumidores donde se comparó la papa cocida recién elaborada vs. papa cocida a partir del producto mínimamente procesado preguntando cuál era la más ácida de las dos (prueba 2-AFC). La muestra consistió en dos cubos de 1cm x 1cm servidas a temperatura ambiente.

b. Pruebas sensoriales en producto tradicionales

En primera instancia se realizó una encuesta sobre el producto de papa más consumido: papa frita, puré o papa cocida, con el fin de poder clasificar los resultados (Apéndice E1).

Se realizó una prueba de consumidores de papa y se les preguntó por el agrado para cada genotipo por separado comparando los tres tipos de cocción (cocida, puré y frita) utilizando papa mínimamente procesada almacenada por el tiempo definido en el apartado 4.4 y papa fresca. Esta prueba se realizó con 100 personas, los cuales eran consumidores frecuentes de papa. Las muestras se sirvieron a 50 ± 5 °C (Canet *et al.*, 2005) en las siguientes cantidades: 2 papas fritas, 3 cubos de papa cocida y aproximadamente 40g de puré de papa. Los consumidores evaluaron los alimentos en cubículos individuales y utilizando luz blanca. Las muestras aleatorizadas se evaluaron en un mismo set. Se utilizó una escala hedónica híbrida de 10 cm de longitud para medir el agrado (Apéndice E2).

Se preguntó también a los mismos consumidores, luego de la evaluación de agrado, por la intención de compra de ambas presentaciones del producto mínimamente procesado empacado como materia prima para el posterior uso en los productos antes evaluados. Se utilizó con una escala de categorías de 5 puntos (Apéndice E3). Las presentaciones difieren entre sí en el tipo de corte de la papa con el fin de darle diferentes usos: rectángulos para el uso en papas fritas y cubos para utilizarlos en la elaboración de papa cocida, puré, picadillos, ensaladas, sopas, entre otros.

Se utilizaron dos grupos diferentes de consumidores para cada variedad evaluada.

V Resultados

5.1 Caracterización química

Al caracterizar químicamente las variedades de papa, Floresta y Granola, como se puede observar en el cuadro 4, se encontró diferencia significativa en cuanto al contenido de sólidos totales, gravedad específica, contenido de glucosa, polifenoles totales y actividad de la enzima polifenoloxidasasa entre las dos variedades.

El contenido de sólidos totales y la gravedad específica fueron mayores para la papa Floresta, 21,61% y 1,07, en comparación con 16,59% y 1,04 de la Granola. En cuanto al contenido de glucosa, el contenido también fue mayor para la Floresta, 2,01%, en comparación con 1,22% en base seca para la papa Granola. A diferencia de éstos, el contenido de polifenoles totales y la actividad de la enzima polifenoloxidasasa fue mayor para la papa Granola, 3,08g/kg GAE y 0,11 cambio abs/min respectivamente, en comparación con 1,57g/kg GAE y 0,05 pendiente abs/min. En cuanto al contenido de almidón, fructosa y sacarosa, este no presentó diferencias significativas entre variedades, con valores aproximados de 17 – 18%, 4% y 1% respectivamente para cada análisis.

Cuadro 4. Caracterización química de las variedades de papa Floresta y Granola en cuanto al contenido de sólidos totales, gravedad específica, almidón, azúcares reductores, polifenoles totales y polifenoloxidasasa¹.

Análisis	Floresta	Granola	Prob > t ²
Sólidos totales (%g/g)	21,61 ± 0,17	16,59 ± 0,17	<0,0001*
Gravedad específica	1,07 ± 0,00	1,04 ± 0,00	<0,0001*
Almidón (%)	18,72 ± 0,54	17,46 ± 0,54	0,1140
Sacarosa (% b. seca)	1,05 ± 0,10	0,84 ± 0,10	0,1566
Fructosa (% b. seca)	4,31 ± 0,43	4,69 ± 0,43	0,5465
Glucosa (% b. seca)	2,01 ± 0,15	1,22 ± 0,15	0,0028*
Polifenoles totales (g/kg GAE)	1,57 ± 0,14	3,08 ± 0,14	<0,0001*
Polifenoloxidasasa (pendiente Abs/min)	0,05 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,0012*

1 Los resultados se expresan como el promedio de 3 réplicas de cada uno de los 4 lotes analizados de cada variedad y su respectivo error estándar (±).

2 * indica que si existe diferencia significativa entre las variedades.

5.2 Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasas

Se realizó un estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasas con el fin de determinar el tiempo de almacenamiento y el inhibidor más adecuado para cada una de las variedades de papa analizadas. Se tomaron como parámetros determinantes el color de las muestras inhibidas a lo largo del tiempo y, por medio del análisis sensorial, la apariencia física y el sabor de las mismas.

5.2.1 Color

En el cuadro 5 se expresan los resultados del efecto que tienen el ácido, el tiempo, la variedad y el lote, sobre los parámetros de color analizados con el fin de determinar cuáles de los efectos analizados presentaron diferencias significativas. Se observó que el ácido, el tiempo de almacenamiento, la variedad y el lote tienen un efecto significativo sobre el valor de luminosidad (L^*). Además, se observó que existe una interacción significativa entre ácido*variedad y tiempo*variedad indicando que el efecto del ácido y del tiempo de almacenamiento sobre la luminosidad dependen de la variedad analizada.

Para los valores de croma (C^*) se observan los mismos efectos significativos, la única diferencia está en que no existe interacción ácido*variedad, pero si la hay entre ácido*tiempo*variedad, es decir, cada variedad responde en forma diferente a las combinaciones de tratamiento ácido y tiempo aplicadas.

Por último, para los valores del ángulo de tono o tonalidad (h°) se observó que solamente el ácido y la variedad fueron efectos significativamente diferentes, es decir, el ángulo de tono no varía conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, y se observó, al igual que para la saturación del color, una interacción triple ácido*tiempo*variedad.

Cuadro 5. Efecto del ácido, tiempo, variedad y lote sobre los parámetros de color analizados (L*, C* y h°) durante el tiempo de almacenamiento.

Valor	Efecto	Grados de libertad	Valor de F	Prob > F¹
L*	Acido	1	36,7252	<0,0001*
	Tiempo	3	13,5321	0,0003*
	Acido*tiempo	1	0,4343	0,5107
	Variedad	1	96,2496	<0,0001*
	Acido*variedad	1	8,1231	0,0049*
	Tiempo*variedad	1	5,7421	0,0176*
	Acido*tiempo*variedad	1	0,0051	0,9430
	Lote	3	3,5502	0,0156*
C*	Acido	1	11,5124	0,0008*
	Tiempo	3	62,3805	<0,0001*
	Acido*tiempo	1	0,6952	0,4055
	Variedad	1	3311,69	<0,0001*
	Acido*variedad	1	1,2057	0,2737
	Tiempo*variedad	1	5,6604	0,0184*
	Acido*tiempo*variedad	1	5,7699	0,0173*
	Lote	3	5,2339	0,0017*
h°	Acido	1	29,8552	<0,0001*
	Tiempo	3	0,4379	0,5090
	Acido*tiempo	1	2,2914	0,1318
	Variedad	1	160,52	<0,0001*
	Acido*variedad	1	0,58	0,4476
	Tiempo*variedad	1	3,56	0,0607
	Acido*tiempo*variedad	1	4,71	0,0313*
	Lote	3	1,94	0,1251

1 * indica que el efecto analizado si es significativo (p< 0,05).

En las figuras 7, 8 y 9 se puede observar el comportamiento de los valores de luminosidad (L*), croma (C*) y ángulo de tono (h°) a lo largo del tiempo para ambas variedades tratadas con ácido ascórbico y ácido cítrico con su respectiva desviación.

El valor de luminosidad, L^* , para ambos tratamientos de la variedad de papa Floresta se mantuvo similar durante el tiempo de almacenamiento, exceptuando el día 6 que presentó una disminución considerable para el tratamiento con ácido ascórbico. La variedad Granola, en cambio, presentó en ambos tratamientos, valores de L^* menores que la Floresta, pero no constantes durante el tiempo de almacenamiento; para esta variedad se observó un aumento de luminosidad para ambos ácidos durante el tiempo de almacenamiento.

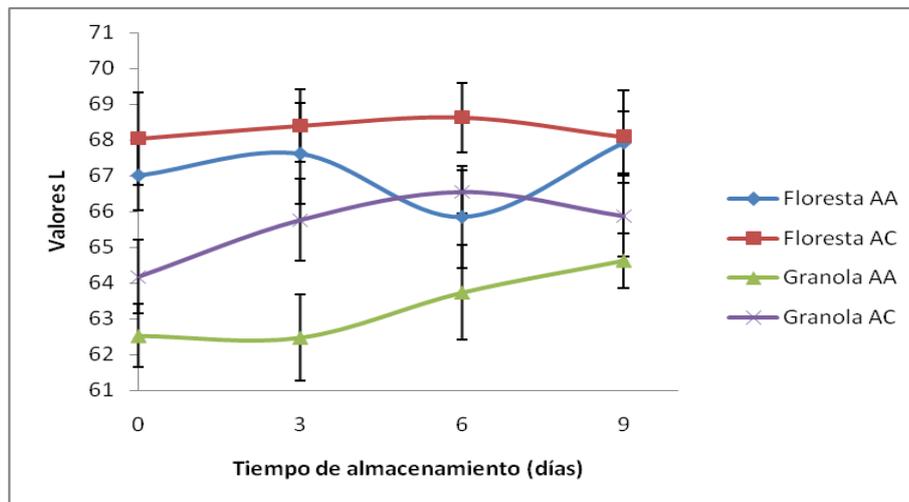


Figura 7. Valores de L^* promedio obtenidos durante el periodo de almacenamiento de la papa de variedades Floresta y Granola inhibidas con ácido ascórbico (AA) y ácido cítrico (AC).

En la figura 8 se observa que para todos los tratamientos, conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, el valor de C^* disminuyó levemente; además es importante mencionar que existió una gran diferencia entre los valores de la variedad Granola y la Floresta, siendo mayores en todos los casos, los de la papa Granola. En cuanto a los tratamientos de inhibición, se observó una diferencia, para cada variedad, entre los mismos dando mayores resultados para todos los tiempos de almacenamiento la papa inhibida con ácido ascórbico que la tratada con ácido cítrico.

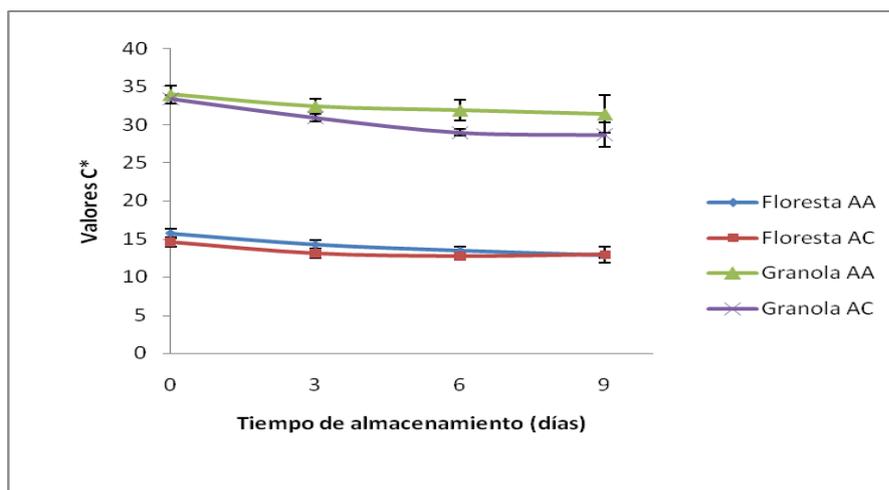


Figura 8. Valores de C* promedio obtenidos durante el periodo de almacenamiento de la papa de variedades Floresta y Granola inhibidas con ácido ascórbico (AA) y ácido cítrico (AC).

En cuanto a los valores de ángulo de tono (h°), se puede decir que se mantienen constantes a lo largo del tiempo, con excepción de la papa Floresta inhibida con ácido cítrico, la cual presentó para el día 0, un valor de h° muy bajo; sin embargo, no tan bajo como los obtenidos para la variedad Granola, lo que indica que la variedad Floresta presentó mayor tono, lo cual se evidencia en la figura 2. En cuanto a la diferencia de comportamiento entre los ácidos utilizados, se observó que, contrario al comportamiento obtenido para el croma, el ácido cítrico, para ambas variedades, presentó valores de h° más altos que los obtenidos para el ácido ascórbico.

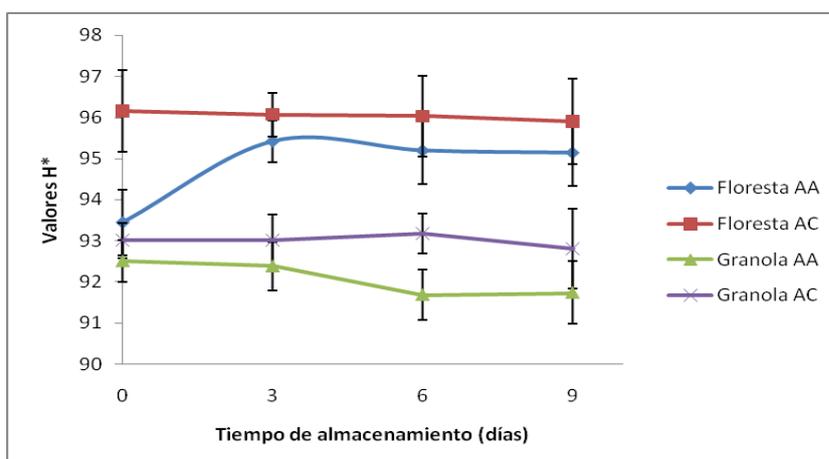


Figura 9. Valores de h° promedio obtenidos durante el periodo de almacenamiento de la papa de variedades Floresta y Granola inhibidas con ácido ascórbico (AA) y ácido cítrico (AC).

El cuadro 6 muestra las regresiones a lo largo del tiempo de los parámetros de color previamente descritos. La variación durante el tiempo de almacenamiento en el parámetro de luminosidad L^* es significativa ($p < 0,05$) para ambos ácidos en la variedad Granola, no así para la Floresta. El valor de croma (C^*) en cambio, presentó una variación significativa a lo largo del tiempo para los 4 tratamientos analizados. Al analizar la pendiente, se observó que es positiva para L^* , indicando que este parámetro en la Granola aumentó con el tiempo, no así el valor de C^* el cual presentó una pendiente negativa, lo que indica menores valores de C^* al aumentar el tiempo.

Cuadro 6. Regresión lineal de los parámetros de color (L^* y C^*) analizados durante el almacenamiento de la papa mínimamente procesada empacada al vacío y almacenada a temperatura de refrigeración.

	<i>Tratamiento</i>	<i>Ácido</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Intercepto</i>	<i>R²</i>	<i>Valor P¹</i>
L^*	Floresta	AA	0,0325	66,9483	0,0020	0,7620
		AC	0,0874	67,7082	0,0179	0,3650
	Granola	AA	0,2499	61,9978	0,1361	0,0099*
		AC	0,3183	64,4857	0,2315	0,0005*
C^*	Floresta	AA	-0,3182	15,5012	0,4915	<0,0001*
		AC	-0,1774	14,1762	0,1450	0,0076*
	Granola	AA	-0,3162	33,1561	0,0967	0,0315*
		AC	-0,6068	33,1110	0,5043	<0,0001*

1 * indica que el efecto analizado si es significativo ($p < 0,05$).

En las figuras 10, 11 y 12 se observan el análisis de los 16 tratamientos por medio de un diseño irrestricto aleatorio para los parámetros de color de las variedades Floresta y Granola inhibidas, con el fin de poder escoger el mejor tratamiento para cada una.

Analizando los tratamientos que tienen AC y AA y los días de almacenamiento entre la variedad Floresta, se observó que no existió diferencia significativa entre ninguno de ellos, lo que indica que para esta variedad ni el tiempo ni el ácido utilizado tienen efecto sobre la luminosidad de producto. En cuanto a la variedad Granola, en cambio, los tratamientos con diferente ácido y tiempo presentaron diferencia significativa, lo que confirma la interacción significativa obtenida entre ácido*variedad y entre tiempo*variedad en el diseño factorial.

Al analizar los tratamientos, se observó que el producto inhibido con ácido cítrico no presentó diferencia significativa para los días 3, 6 y 9, pero si para el día 0 con los tratamientos de la variedad Floresta dando como resultado una luminosidad similar. La variedad Granola tratada con AA no presentó diferencias entre los valores de L^* obtenidos en los 4 tiempos de almacenamiento, ni tampoco al compararlos por tiempo con la Granola tratada con AC. Sin embargo, es importante mencionar que si presentó diferencia en todos los casos al compararlo con los tratamientos de Floresta lo que indica una luminosidad menor de la Granola AA en comparación con los demás tratamientos; esto concuerda con lo mencionado anteriormente, la variedad si tiene un efecto significativo sobre L^* . Es decir, la papa Granola se oscureció más que la Floresta.

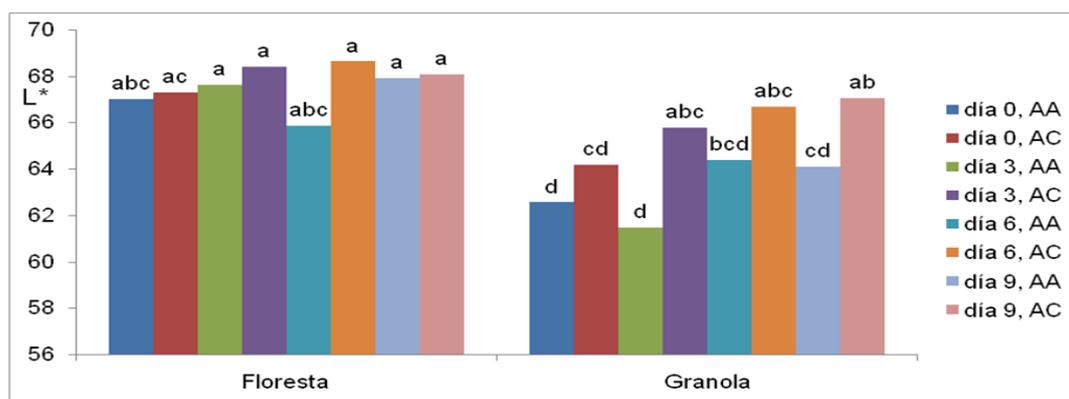


Figura 10. Valores de L^* promedio específicos para cada uno de los 16 tratamientos aplicados en el diseño irrestricto aleatorio^{1,2}.

1 Promedio de 6 réplicas de cada uno de los 4 lotes y su respectivo error estándar (+).

2 Letras diferentes indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

En la figura 11 se observan los resultados de C^* obtenidos por cada uno de los tratamientos. Es importante mencionar que al igual que para L^* , los valores de C^* de todos los tratamientos de la variedad Floresta fueron menores de manera significativa de los de la variedad Granola, no siendo así entre los mismos, es decir el croma de la variedad Floresta no se vió afectado ni por los ácidos orgánicos, ni por ninguno de los tiempos de almacenamiento, comportamiento que no se observó para la variedad Granola; ésta, tratada con ácido cítrico solamente sufrió diferencias en comparación con el día 0, a los días 6 y 9 de almacenamiento, lo que indica que el tiempo fue una variable con efecto significativo sobre la saturación del color.

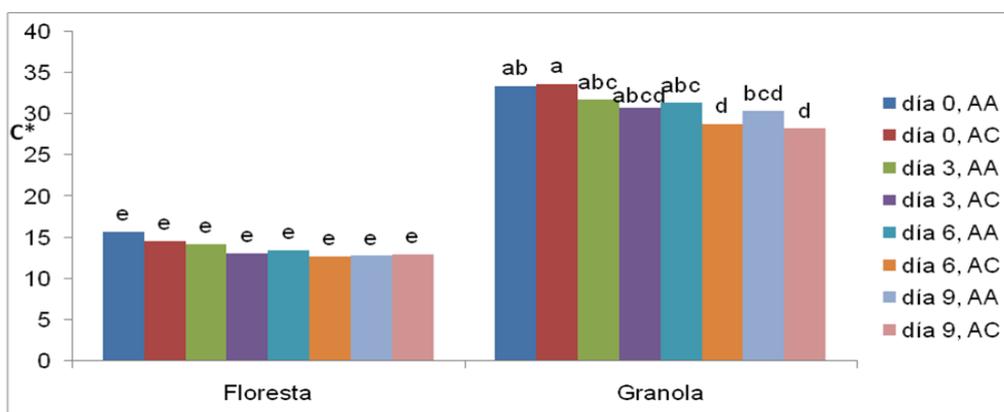


Figura 11. Valores de C* promedio específicos para cada uno de los 16 tratamientos aplicados en el diseño irrestricto aleatorio^{1,2}.

1 Promedio de 6 réplicas de cada uno de los 4 lotes y su respectivo error estándar (\pm).

2 Letras diferentes indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

En la figura 12 se puede observar que para cada tratamiento no se dió diferencia significativa en los valores de h° durante el tiempo de almacenamiento. Al analizar el comportamiento de la variedad Floresta se observó que solamente al tratarla con AA al día 0 se obtuvo un tono menor a los otros 3 tiempos de almacenamiento que no fueron diferentes entre ellos; mientras que no se dió diferencia significativa con el tratamiento de AC; sin embargo, al analizar el resto de tiempos de almacenamiento no se observó diferencias significativas entre AA y AC de cada variedad.

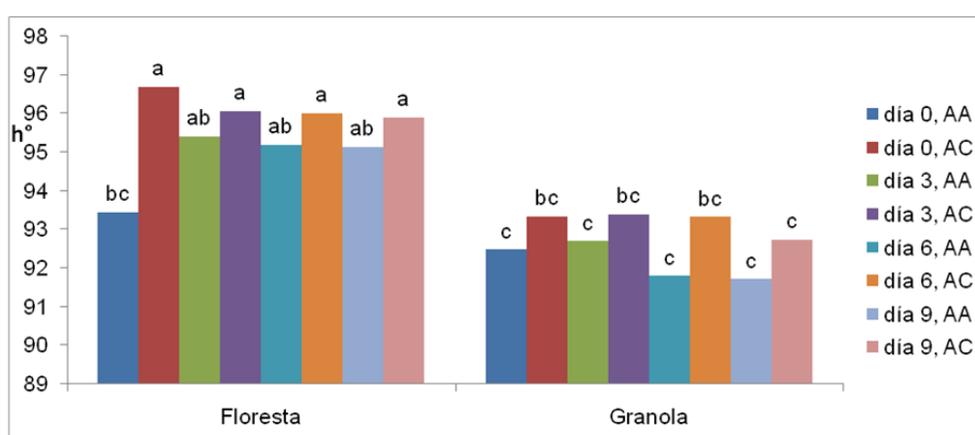


Figura 12. Valores de h° promedio específicos para cada uno de los 16 tratamientos aplicados en el diseño irrestricto aleatorio^{1,2}.

1 Los resultados se expresan como el promedio de 6 réplicas de cada uno de los 4 lotes analizados de cada variedad y su respectivo error estándar (\pm).

2 Letras diferentes indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

5.2.2 Análisis sensorial

Para determinar si los ácidos orgánicos utilizados para la inhibición de las papas modificaban el sabor de las mismas durante el tiempo de almacenamiento se realizó una prueba 2-AFC con 23 y 25 consumidores regulares para Floresta y Granola respectivamente (Apéndice C2). Los consumidores detectaron las papas inhibidas con ácido cítrico, para ambas variedades, como las muestras más ácidas, es decir que hubo diferencia significativa entre el tratamiento y el control para todos los tiempos de almacenamiento, exceptuando el tiempo 0 de la papa Floresta. En cambio, no fueron capaces de reconocer de manera significativa las papas tratadas con ácido ascórbico para ninguno de los tiempos de almacenamiento, lo que indicó que el tratamiento tuvo el mismo sabor que el de las papas control.

Además de analizar el sabor, se realizó un panel entrenado con 8 personas para detectar cambios físicos relacionados con la apariencia que pudieran darse durante el tiempo de almacenamiento para cada tratamiento de inhibición.

La papa Floresta inhibida con ácido ascórbico (figura 13) al día 9 presentó varios defectos visuales considerables; el oscurecimiento fue significativamente diferente de los demás tiempos de almacenamiento, mientras que la presencia de cristales de almidón y la resequedad no presentaron diferencia significativa con el tiempo 3, lo cual indica que este tiempo también presentó defectos. En cuanto al día 6, se observó un leve oscurecimiento significativamente diferente del día 0 mas no del día 3, una presencia de cristales de almidón sin diferencia significativa con el día 0 y una resequedad de la superficie baja (puntuación de 0,7 en una escala de 10) significativamente diferente de los demás tiempos de almacenamiento.

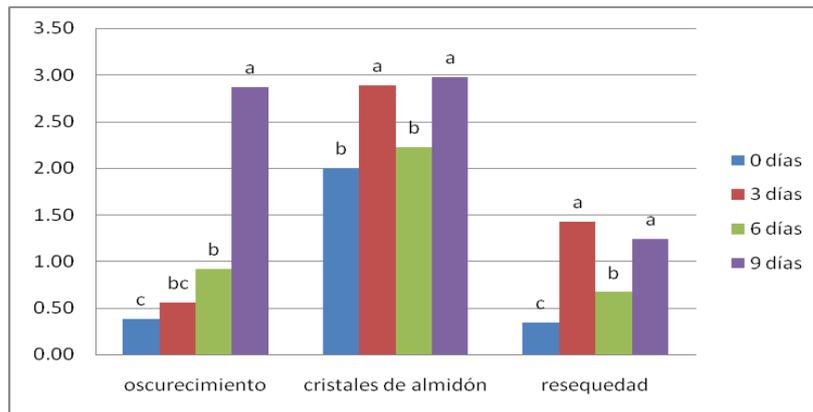


Figura 13. Intensidad de las características físicas de oscuramiento, presencia de cristales de almidón y resequedad de la superficie para la variedad Floresta inhibida con ácido ascórbico utilizando una escala lineal de 10 cm¹.

1 Letras diferentes entre cada agrupación indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los días de almacenamiento.

En la figura 14 se observó como para la papa Floresta inhibida con ácido cítrico el oscuramiento y la resequedad sobre la superficie fueron muy bajos en todos los tiempos de almacenamiento siendo el día 6 y el día 0 respectivamente, significativamente diferentes de los demás. La presencia de cristales de almidón fue mayor, y entre los días 3 y 6 no fue significativamente diferente, mientras que si lo fue con los tiempos 0 y 9.

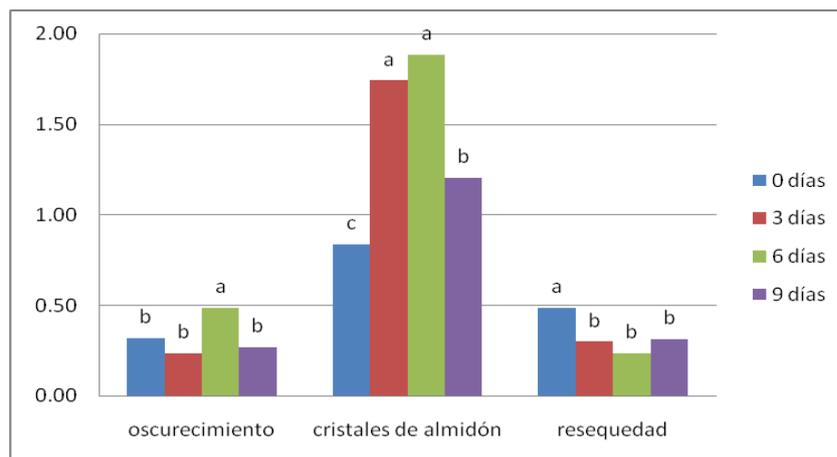


Figura 14. Intensidad de las características físicas de oscuramiento, presencia de cristales de almidón y resequedad de la superficie para la variedad Floresta inhibida con ácido cítrico utilizando una escala lineal de 10 cm¹.

1 Letras diferentes entre cada agrupación indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los días de almacenamiento.

En la figura 15, se observa que la variedad Granola inhibida con ácido ascórbico no presentó diferencias significativas a lo largo del tiempo en cuanto a la presencia de cristales de almidón; en cuanto al oscurecimiento, solamente el día 9 de almacenamiento fue significativamente diferente de los demás. La resequeidad de la superficie fue mayor y significativamente diferente al tiempo 9, y el día 3, a pesar de presentar menor oscurecimiento también fue significativamente diferente de los días 0 y 6.

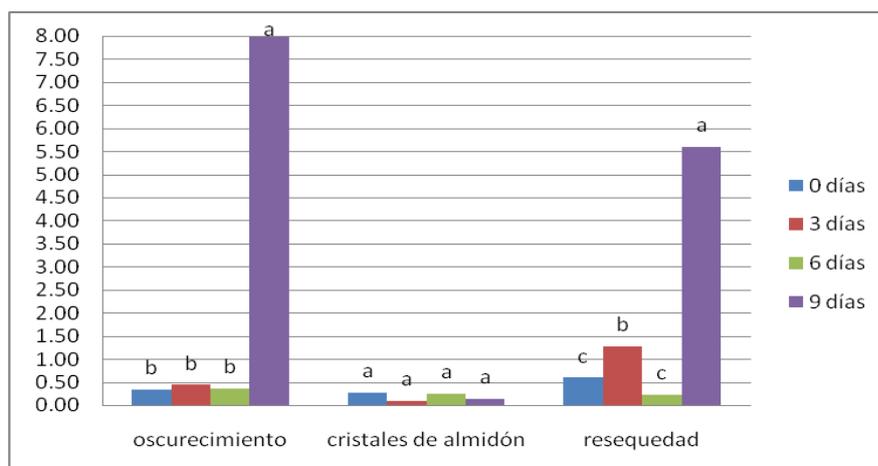


Figura 15. Intensidad de las características físicas de oscurecimiento, presencia de cristales de almidón y resequeidad de la superficie para la variedad Granola inhibida con ácido ascórbico utilizando una escala lineal de 10 cm¹.

1 Letras diferentes entre cada agrupación indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los días de almacenamiento.

Por último, los resultados obtenidos para la variedad Granola inhibida con ácido cítrico, indicaron que tanto el oscurecimiento como la presencia de cristales de almidón fue bastante bajo y no presentaron diferencias significativas a lo largo del tiempo. A diferencia de estos, la resequeidad de la superficie fue alta para los días 3 y 6 presentando diferencias significativas con los demás tiempos de almacenamiento.

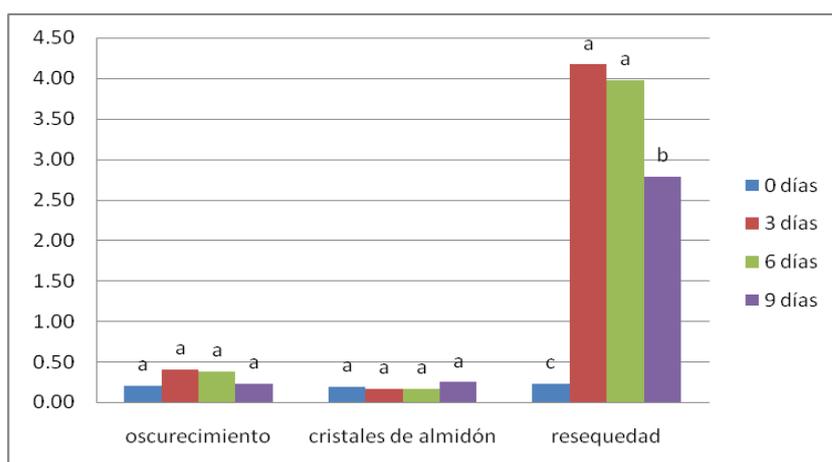


Figura 16. Intensidad de las características físicas de oscurecimiento, presencia de cristales de almidón y resequedad de la superficie para la variedad Granola inhibida con ácido cítrico utilizando una escala lineal de 10 cm¹.

1 Letras diferentes entre cada agrupación indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los días de almacenamiento.

Para la elaboración de las 2 presentaciones de producto mínimamente procesado de papa se escogió el ácido ascórbico como inhibidor del oscurecimiento enzimático debido a que no dejó en el producto un sabor residual ácido detectable por los consumidores de papa, como se mencionó al inicio de la sección 4.2.2, a diferencia del ácido cítrico, el cual presentó un sabor detectado en todos los tiempos de almacenamiento analizados.

Se decidió un tiempo de almacenamiento de 6 días para ambas variedades mayoritariamente debido a los resultados sensoriales. En las figuras 13 y 15 que corresponden a la inhibición con ácido ascórbico, se observó que el día 6 fue el tiempo más largo que da resultados buenos a nivel sensorial, baja resequedad, oscurecimiento y cristales de almidón, y en el caso de la Granola, para las 3 características no existió diferencia significativa entre el tiempo 0 y el 6, como el día 0 corresponde al producto recién elaborado, se decidió el tiempo de 6 días como almacenamiento óptimo bajo las condiciones del estudio para los productos mínimamente procesados de las papas de ambas variedades, pues su apariencia física no presentó diferencia con la de un producto 100% fresco.

5.3 *Análisis de los alimentos tradicionales elaborados a partir de papa mínimamente procesada*

Se utilizó el producto mínimamente procesado de papa de ambas variedades en cubos y rectángulos, el cual fue papa inhibida con ácido ascórbico y almacenada durante 6 días, para la elaboración de productos procesados de alto consumo: papa cocida, puré de papa y papa frita respectivamente y compararlos con productos control mediante análisis de color, textura y panel de consumidores.

5.3.1 **Color**

En el cuadro 7 se pueden observar los resultados de los parámetros de color evaluados para los 3 productos procesados. Para la papa cocida y el puré de papa, se obtuvo diferencia significativa entre el producto inhibido y el control para el valor C* en ambos casos, el producto control presentó un mayor valor de C*; mientras que para la papa frita las diferencias significativas obtenidas entre la papa frita inhibida y la control fueron para los valores de L* y h° y no para C*, donde se observaron valores mayores para ambos parámetros en la papa inhibida.

Cuadro 7. Valores de color (L*, C* y h°) obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Floresta mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico¹.

Producto	Parámetro	Tratamiento	Control	Prob > t ²
Papa cocida	L*	55,01 ± 0,67	55,81 ± 0,67	0,3962
	C*	7,44 ± 0,22	9,25 ± 0,22	<0,0001*
	h°	112,34 ± 0,70	110,86 ± 0,70	0,1422
Puré de papa	L*	69,97 ± 0,36	69,85 ± 0,36	0,8112
	C*	11,38 ± 0,36	12,66 ± 0,36	0,0174*
	h°	98,19 ± 0,65	99,36 ± 0,65	0,2128
Papa frita	L*	53,29 ± 1,55	40,58 ± 1,55	0,0002*
	C*	30,97 ± 1,36	29,33 ± 1,36	0,4128
	h°	74,54 ± 1,20	69,66 ± 1,20	0,0164*

1 Los resultados se expresan como el promedio de 6 réplicas de cada uno de los 4 lotes analizados de cada variedad y su respectivo error estándar (±).

2 * indica que si existe diferencia significativa (p< 0,05) entre las variedades.

Los productos procesados de papa Granola presentaron en el análisis de color un comportamiento diferente que los de la variedad Floresta. En este caso al comparar el producto con su respectivo control, la papa cocida presentó diferencia significativa para los valores de C* y h° donde obtuvieron mayores valores la papa inhibida y la control respectivamente; el puré de papa presentó diferencia significativa entre el producto control y el inhibido para todos los parámetros de color analizados, mientras que la papa frita se comportó igual que en el caso de la Floresta y se obtuvieron diferencias significativas para los valores de L* y h° que fueron mayores, en ambos casos para la papa inhibida.

Cuadro 8. Valores de color (L*, C* y h°) obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Granola mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico¹.

Producto	Parámetro	Tratamiento	Control	Prob > t ²
Papa cocida	L*	56,82 ± 0,50	56,32 ± 0,50	0,4801
	C*	25,61 ± 0,32	23,02 ± 0,32	<0,0001*
	h°	94,16 ± 0,34	98,74 ± 0,34	<0,0001*
Puré de papa	L*	68,99 ± 0,21	70,02 ± 0,21	0,0009*
	C*	27,51 ± 0,41	25,48 ± 0,41	0,0011*
	h°	91,82 ± 0,34	93,78 ± 0,34	0,0002*
Papa frita	L*	56,42 ± 0,85	45,99 ± 0,85	<0,0001*
	C*	32,96 ± 0,41	33,05 ± 0,41	0,8683
	h°	82,83 ± 0,55	77,40 ± 0,55	<0,0001*

1 Los resultados se expresan como el promedio de 4 (papa cocida) y 6 (frita y puré) réplicas de cada uno de los 4 lotes analizados de cada variedad y su respectivo error estándar (±).

2 * indica que si existe diferencia significativa (p< 0,05) entre las variedades.

5.3.2 Textura

La textura de los productos procesados presentó, al igual que para el análisis de color, ciertas diferencias significativas con el producto control. La papa cocida Floresta no presentó diferencia significativa en su textura al compararla con el control, ambas tuvieron una fuerza de extrusión similar. En cuanto al puré de papa, éste si presentó diferencias significativas en su textura en comparación con el producto control

presentando menor firmeza y mayor cohesividad y viscosidad; la consistencia no presentó diferencias significativas con el producto control. Por último, la papa frita inhibida requirió de una fuerza significativamente mayor para ser extruída por la celda que la papa control.

Cuadro 9. Valores de textura obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Floresta mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico¹.

Producto	Parámetro	Tratamiento	Control	Prob > t ²
Papa cocida	Fuerza de extrusion	1863,98 ± 80,25	1835,89 ± 80,25	0,8062
Puré de papa	Firmeza	5,94 ± 0,19	6,50 ± 0,19	0,0428*
	Consistencia	3,52 ± 0,15	3,72 ± 0,15	0,3425
	Cohesividad	-2,79 ± 0,11	-3,21 ± 0,11	0,0110*
	Viscosidad	-1,59 ± 0,10	-2,14 ± 0,10	0,0003*
Papa frita	Fuerza	3699,11 ± 121,12	2376,5 ± 123,85	<0,0001*

1 Los resultados se expresan como el promedio de 4 (papa cocida) y 6 (frita y puré) réplicas de cada uno de los 4 lotes analizados de cada variedad y su respectivo error estándar (±).

2 * indica que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las variedades.

La papa cocida de Granola, a diferencia de la de Floresta, presentó diferencia significativa al compararla con el control; se requirió de mayor fuerza para extruir la papa inhibida. En cuanto al puré de papa, en ninguno de los parámetros de textura analizados para éste, presentó diferencia significativa con su control. En cuanto a la firmeza de la papa frita es importante aclarar que esta medición no se pudo realizar porque el endurecimiento se dio a tal grado que sobrepasó la capacidad del equipo en las condiciones de la medición.

Cuadro 10. Valores de textura obtenidos para los productos: papa cocida, puré de papa y papa frita elaborados a partir de papa Granola mínimamente procesada control e inhibida con ácido ascórbico¹.

Producto	Parámetro	Tratamiento	Control	Prob > t ²
Papa cocida	Fuerza de extrusión	2365,31 ± 56,88	2047,72 ± 56,88	0,0003*
Puré de papa	Firmeza	12,87 ± 0,49	11,83 ± 0,49	0,1384
	Consistencia	8,49 ± 0,44	8,01 ± 0,44	0,4378
	Cohesividad	-3,94 ± 0,15	-3,89 ± 0,15	0,7957
	Viscosidad	-1,001 ± 0,11	-1,04 ± 0,11	0,8389
Papa frita	Fuerza	- ³	2240,53 ± 83,45	-

1 Los resultados se expresan como el promedio de 4 (papa cocida) y 6 (frita y puré) réplicas de cada uno de los 4 lotes analizados de cada variedad y su respectivo error estándar (\pm).

2 * indica que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las variedades.

3 La fuerza requerida para esta medición fue mayor que la máxima permitida por el texturómetro.

5.3.3 Panel de consumidores

En la figura 17 se pueden observar los valores de agrado obtenidos para cada producto procesado de papa Floresta agrupados por consumidores frecuentes de cada uno de los productos. Para los consumidores frecuentes de papa frita, fueron el puré de papa control y la papa frita inhibida los productos que presentaron mayores valores de agrado, seguidos por la papa frita control y el puré de papa inhibido. Es importante mencionar que no hubo diferencia significativa entre el puré de papa control, la papa frita inhibida y su control.

Para el grupo de consumidores frecuentes de papa cocida, el producto de mayor agrado fue el puré control, seguido de la papa frita inhibida, puré inhibido y papa cocida control. De éstos, el puré control e inhibido y la papa frita inhibida no presentaron diferencias significativas entre ellos; el puré inhibido, la papa frita inhibida y la papa frita control tampoco presentaron diferencias significativas entre ellos y por último la papa cocida control e inhibida no fueron diferentes significativamente.

Por último, para el grupo de consumidores frecuentes de puré de papa analizados para las muestras de papa Floresta se encontró que el puré control, la papa frita control e inhibida presentaron los valores de agrado más altos sin diferencias significativas entre ellas; el puré de papa inhibido fue significativamente diferente del control, pero no así de las papas fritas control e inhibida. La papa cocida inhibida fue la que presentó menor valor de agrado y fue significativamente diferente de todos los demás productos.

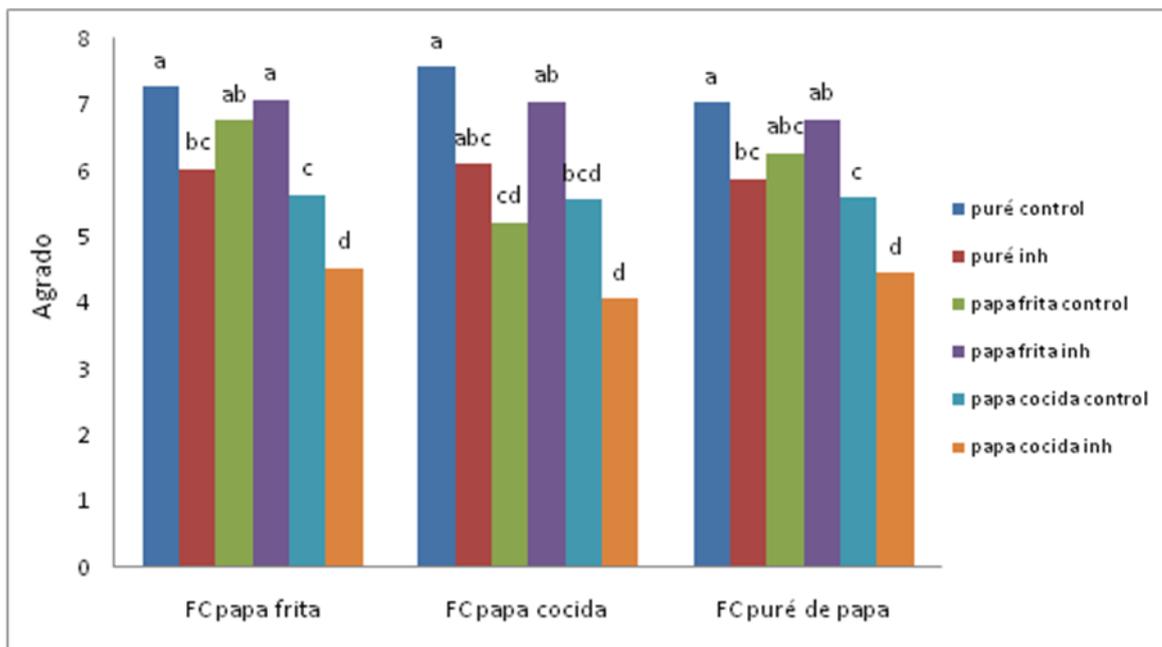


Figura 17. Valores de agrado obtenidos por consumidores frecuentes (FC) de papa frita (50 consumidores), papa cocida (13 consumidores) y puré de papa (37 consumidores) para los 3 tipos de productos procesados hechos a base de papa Floresta inhibidos con ácido ascórbico y almacenados durante 6 días y productos control¹.

1 Letras diferentes entre cada agrupación indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los días de almacenamiento.

Para la papa Granola, al igual que para la Floresta, el análisis se realizó con base en los grupos de consumidores frecuentes de cada producto. Para los consumidores frecuentes de papa frita, el puré de papa control e inhibido, la papa frita inhibida y la papa cocida inhibida presentaron los valores de agrado más altos sin diferencias significativas entre los mismos, mientras que la papa frita control presentó el menor valor de agrado y fue significativamente diferente de todos los demás.

En cuanto a los consumidores frecuentes de papa cocida, el puré de papa control e inhibido y la papa cocida inhibida no presentaron diferencias significativas entre ellos; la papa cocida control e inhibida no fueron diferentes significativamente así como tampoco lo fueron la papa frita inhibida con su control.

Por último, para los consumidores frecuentes de puré de papa, el puré de papa control e inhibido presentaron los valores de agrado más altos sin diferencias significativas entre los mismos junto con la papa cocida inhibida. La papa frita control e inhibida y la papa cocida control no presentaron diferencia significativa entre ellas.

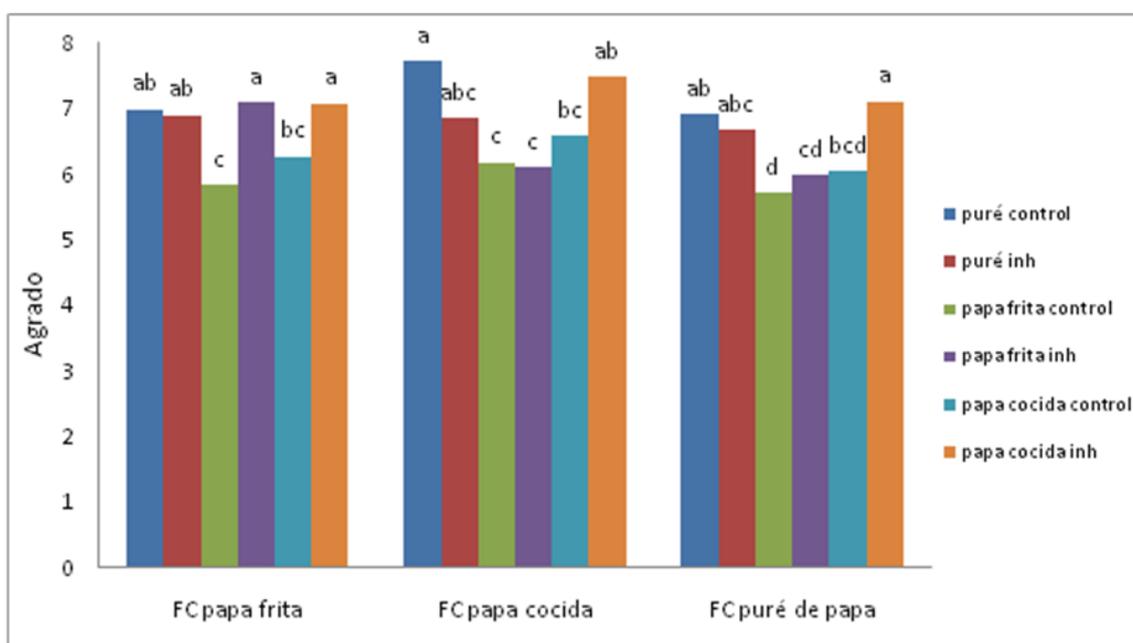


Figura 18. Valores de agrado obtenidos por consumidores frecuentes (FC) de papa frita (40 consumidores), papa cocida (19 consumidores) y puré de papa (39 consumidores) para los 3 tipos de productos procesados hechos a base de papa Granola inhibidos con ácido ascórbico y almacenados durante 6 días y productos control¹.

¹ Letras diferentes entre cada agrupación indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los días de almacenamiento.

En el cuadro 11 se observan los resultados obtenidos en el panel sensorial al analizar la intención de compra de las dos presentaciones del producto mínimamente procesado, en rectángulos alargados y en cubos. En general para todos los grupos de

consumidores los dos productos mínimamente procesados de ambas variedades obtuvieron promedios mayores a 3,5 sobre 5. Para la variedad Floresta, los consumidores frecuentes de papa frita y puré de papa prefirieron el producto en rectángulos en comparación con el de cubos, mientras que para los 3 grupos de consumidores analizados para la variedad Granola la intención de compra por un producto o el otro no es significativamente diferente.

Cuadro 11. Evaluación de la intención de compra de cada producto mínimamente procesado por los consumidores frecuentes de cada producto.

Variedad	Consumidores frecuentes de:	Producto mínimamente procesado¹	
		Cubos	Rectángulos
Floresta	Papa frita	3,88 ^b	4,18 ^a
	Papa cocida	4,00 ^b	4,54 ^a
	Puré de papa	4,03 ^a	3,73 ^a
Granola	Papa frita	3,90 ^a	4,05 ^a
	Papa cocida	3,68 ^a	3,74 ^a
	Puré de papa	3,90 ^a	4,05 ^a

1 Letras diferentes entre cada fila indican que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre la intención de compra por los productos.

VI Discusión de resultados

6.1 Comparación de la composición química de las variedades Floresta y Granola.

La composición química de los tubérculos definen, junto con el análisis sensorial, la calidad interna de los tubérculos (Trincheró *et al.*, 2007). En el cuadro 4 se observan los resultados de la composición química de ambas variedades. El contenido de sólidos totales es un parámetro de gran importancia a nivel industrial debido a su directa relación con los rendimientos de elaboración (Bonierbale *et al.*, 2000). Según el estudio realizado por Arvanitoyannis *et al.* (2008) a una gran cantidad de variedades de papa, el contenido de materia seca de las mismas fue entre 16% y 23% dependiendo de las características de cada variedad, lo que indica, que el contenido de sólidos totales obtenido para las variedades analizadas corresponde a un valor común y promedio de los tubérculos.

Se puede observar que existió diferencia significativa entre ambas variedades. La papa Floresta presentó un contenido de sólidos totales de 21,61% y la Granola de 16,59%, lo que dió una indicación de que la papa Floresta a nivel industrial producirá mejores rendimientos, y en el caso de ser utilizada para papas fritas daría mejores resultados de textura (García & Gómez, 2002), menor absorción de aceite, debido a que existe menor cantidad de agua interna que reemplazar por aceite, y por lo tanto productos de mayor aceptación (Andrade, 1997; Bonierbale *et al.*, 2004).

Es importante mencionar que los resultados obtenidos eran los esperados, pues como se mencionó anteriormente, según INTA (1996) la variedad de papa Floresta, dependiendo de las condiciones climáticas de cultivo presenta un contenido de sólidos totales entre 19 y 21% y se considera apta para el uso industrial como papa frita. En cambio, la variedad Granola, según Avilé (2008), no es apta para procesos de fritura debido a que presenta menor contenido de sólidos totales, alrededor del 18%.

La masa seca de los tubérculos, o contenido de sólidos totales, presenta una relación con la gravedad específica de los mismos (Mosley & Chase, 1993; Shetty, s.f.). Este parámetro, al igual que el contenido de sólidos totales, presentó diferencia significativa entre variedades, la papa Floresta presentó una gravedad específica de 1,07 mientras

que la Granola de 1,04. Según INTA (1996) la gravedad específica para la papa Floresta es de 1,075 lo cual concuerda con los resultados experimentales; además, al comparar los resultados obtenidos de gravedad específica con el contenido de sólidos totales de cada variedad los resultados son los esperados. Según Mosley & Chase (1993) y Shetty (s.f.) un tubérculo con una gravedad específica baja, es decir, menor a 1,06 presenta alrededor de un 16-17% de sólidos totales lo que concuerda con los resultados obtenidos para la variedad Granola, mientras que papas de gravedad específica media (1,07 – 1,08) deberían presentar de 18 a 20% de sólidos totales, lo cual es congruente a los resultados obtenidos para la papa Floresta.

El contenido de almidón presente en los tubérculos es directamente proporcional al contenido de sólidos totales, pues generalmente del porcentaje de los últimos, el 60% - 80% corresponde a almidón (Mosley & Chase, 1993; Linehan & Hughes, 1969); tomando en cuenta esto, era de esperarse que la papa Floresta presentara un contenido de almidón significativamente mayor que la variedad Granola, sin embargo, a pesar de que el contenido de almidón en la papa Floresta fue mayor que en la Granola, la diferencia no fue significativa. Es importante mencionar que el contenido de almidón y sus características fisicoquímicas varía no solo entre cultivares, sino también de tubérculo a tubérculo (Arvanitoyannis *et al.*, 2008). A pesar de no encontrar diferencia significativa entre el contenido de almidón, éste si concuerda con el contenido del mismo reportado en otras investigaciones, entre 17 y 19% (Kent-Jones & Amos, 1967; Vicente & Cenzano, 2001; Garcia & Gómez, 2002), lo que conduce a decir que ambas variedades cultivadas en Costa Rica presentan similar contenido de almidón, alrededor de 17 – 18%, y por lo tanto no se considera sea una característica importante para diferenciar entre el uso industrial dado a cada una de ellas. Sin embargo, según Senser *et al.* (2004) en Hasbun *et al.* (2009) ambas se consideran aptas para el procesamiento industrial debido a que presenta valores de almidón mayores al 15%.

En cuanto al contenido de sacarosa, ambas variedades presentaron un contenido similar, 1,05%b.s. para la Floresta y 0,84%b.s. para la Granola, sin diferencia significativa entre ellas. Si se toma en cuenta que su contenido en base húmeda fue 0,23% y 0,14% respectivamente, se puede decir que ambas variedades presentaron un contenido de sacarosa similar al documentado por varios autores a lo largo de los años, 0,2% en base húmeda (Kent-Jones & Amos, 1967; Vicente & Cenzano, 2001), lo

que indica una similitud de las variedades sembradas en Costa Rica con las existentes a nivel mundial.

El contenido de azúcares reductores es un criterio de gran importancia para la mayoría de los productos procesados, pues al ser los responsables del oscurecimiento, su contenido debe ser el más bajo posible (Bonierbale *et al.*, 2000). De los azúcares reductores analizados, fructosa y glucosa, solamente la glucosa fue significativamente ($p < 0,05$) diferente para los genotipos de papa, siendo mayor el contenido de la misma en la papa Floresta (2,01%b.s.) que en la Granola (1,22%b.s.). Si consideramos estos porcentajes en base húmeda 0,4% y 0,2% respectivamente, se puede decir que para la elaboración de papas fritas la papa Granola sería, en este caso, la variedad más apta para su producción por su menor contenido de azúcares reductores, sin embargo, según Herrero (2000) ambas se consideran aptas para ser utilizadas en fritura, debido que, el contenido debe ser menor a 0,5% del peso fresco, pues papas con más de 0,5% de azúcares reductores en base húmeda dan productos de coloración oscura y sabor amargo.

Para analizar la sensibilidad a la oxidación de ambas variedades se determinó el contenido de polifenoloxidasas y de polifenoles totales presentes en cada variedad. El contenido de polifenoles totales es significativamente mayor para la papa Granola ($p < 0,05$) que para la variedad Floresta, lo que indica mayor contenido de sustratos en la Granola para el oscurecimiento enzimático. En cuanto a la actividad de la enzima polifenoloxidasa cuantificada en ambas variedades, se obtuvo valores de cambios de absorbancia de 0,05/min y 0,11/min para la Floresta y la Granola respectivamente, lo que confirma que la variedad Granola es más susceptible al oscurecimiento que la Floresta.

En el cuadro 4 se observa que los contenidos de polifenoles totales son 1,57g/kg para la Floresta y 3,08g/kg para la papa Granola. Al comparar estos resultados con los obtenidos por otras variedades analizadas en otros estudios, es de resaltar que la Floresta es una variedad que presenta un muy bajo contenido de polifenoles totales en comparación con variedades a nivel mundial, pues se reporta que el contenido promedio de polifenoles totales en papas de coloración amarillenta es de 2,96g/kg GAE (Lachman *et al.*, 2008; Sapers *et al.*, 1989). Valores menores a este, se asocian a

papas de pulpas más claras como la Floresta, mientras que la Granola al ser de pulpa amarilla fuerte, por ende va a presentar valores más altos que el promedio.

Es importante mencionar que estudios recientes encontraron que la susceptibilidad de los tubérculos al oscurecimiento es influenciada por las condiciones ambientales en las que fueron cultivados, tales como uso de fertilizantes, tipo de suelo, luz, temperatura, entre otros; es decir, papas cultivadas en condiciones ambientales muy húmedas y lluviosas presentan mayor susceptibilidad que los tubérculos cultivados en estaciones secas y soleadas (Wang-Pruski & Nowak, 2004), esto indica que estudios realizados con Granola y Floresta cultivadas en la estación seca del año podrían dar resultados menores de polifenoles totales que los obtenidos en el presente estudio, lo cual debe estudiarse.

6.2 Inhibición del pardeamiento enzimático: Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidasa para la papa mínimamente procesada

En el estudio de almacenamiento e inhibición las variables que definen el tiempo de almacenamiento y el inhibidor fueron el color, el sabor, según una prueba sensorial de discriminación, y las características físicas, según un panel entrenado de 8 jueces. En la figura 7, 8 y 9 se observan los resultados obtenidos para ambas variedades con los 2 inhibidores para los valores de L^* , C^* y h° y en las figuras 10, 11 y 12 se observa la comparación entre los 16 tratamientos mediante un diseño irrestricto aleatorio debido a que las interacciones obtenidas en el diseño factorial no permitieron observar una tendencia clara entre los factores.

Al analizar el valor de L^* , el cual representa la luminosidad de las muestras analizadas, se observó que la papa Floresta presentó una luminosidad significativamente mayor en ambos tratamientos que la Granola tratada con ácido ascórbico indicando que la primera al ser de pulpa de color más claro y más blanco siempre mantiene su claridad en comparación con la Granola, la cual debido a su coloración amarillenta presentó menores valores de L^* , pues valores de L^* más cercanos a 100 corresponden al color blanco (Edwards *et al.*, 2002). De acuerdo a esto, se observó una sensibilidad mayor de la variedad Granola al efecto del ácido cítrico, el cual aclara y hace más luminoso el

color de la pulpa haciendo incluso que sus valores de L^* no sean significativamente diferentes a los obtenidos por la variedad Floresta para ambos tratamientos.

Sin embargo, y a pesar de que la figura 7 preliminarmente indica que utilizar ácido cítrico conduce a una mayor luminosidad de las muestras que el ácido ascórbico, al comparar los resultados de L^* obtenidos por ambos ácidos mediante el ANDEVA solamente la variedad Granola al tiempo 3 presentó una luminosidad significativamente mayor para el tratamiento de AC en comparación con el de AA, lo que concuerda con los resultados de la regresión lineal, en la cual el valor de luminosidad presentó un comportamiento lineal a lo largo del tiempo.

Al analizar entre cada tratamiento no se observó diferencia significativa entre los días de almacenamiento, lo que indica que instrumentalmente no se detectó oscurecimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento de cada tratamiento, pues según Cantos *et al.* (2002), Sapers *et al.* (1989) y González *et al.* (2004) el mejor indicador de pardeamiento es el valor de L^* . Como en este caso no hay diferencia significativa para los tratamientos se puede decir que ni la Granola ni la Floresta tratadas con AA y AC presentaron oscurecimiento a lo largo del tiempo. Es importante mencionar, que en la regresión lineal L^* presentó un efecto significativo para la Granola, pero al presentar una pendiente positiva, indica un aumento de luminosidad durante el tiempo, por lo que se deduce que esta no se oscurece, sino más bien presenta un leve aclaramiento.

Un bajo oscurecimiento se relaciona no solo con bajos contenidos de la enzima polifenoloxidasas y de compuestos fenólicos (Sapers *et al.*, 1989), sino también con bajo contenido de azúcares reductores (Belitz & Grosch, 1997). Se esperaría que ambas variedades presentaran bajo y similar contenido de polifenoloxidasas y compuestos fenólicos, sin embargo para las condiciones del estudio no se cumplió, pues la variedad Granola presentó para ambos compuestos valores significativamente más altos que la Floresta. Es probable que, a pesar de que el contenido de polifenoloxidasas y polifenoles totales fue mayor para la Granola, estos valores no fueran tan altos como para oscurecer moderadamente la papa.

Debe considerarse que las causas del oscurecimiento pudieron ser también no enzimáticas, es decir, debido a reacciones de Maillard. En este caso, al ser la Floresta la variedad que presentó un mayor contenido de glucosa, se hubiera esperado que

fuera la que presentara un mayor oscurecimiento; sin embargo, es de gran importancia mencionar que la velocidad de la reacción de Maillard además de disminuir a bajas temperaturas, lo hace también con la reducción de pH (Belitz & Grosch, 1997) por lo que al haber inhibido la polifenoloxidasas de las papas utilizando ácido cítrico y ascórbico, se inhibieron, a su vez, las reacciones de Maillard, porque a pH bajo se disminuye la velocidad de reacción.

El valor de C^* indica una mayor pureza y saturación del color (Edwards *et al.*, 2002). En este caso, al igual que para el valor de L^* el ácido, el tiempo y la variedad presentaron diferencias significativas, además del lote. Esto último nos indica que mínimo alguno de los 4 lotes analizados era significativamente diferente de los demás. En este caso, al igual que para el valor de L^* , se dio una diferencia significativa notoria entre las variedades, siendo el croma mayor para la papa Granola en comparación con la Floresta. Estos resultados eran de esperarse pues un mayor valor de C^* indica una mayor saturación de color y como en este caso se compararon la Granola, papa de pulpa amarilla, con la Floresta, tubérculo de pulpa blanca, era de esperarse que la primera presentará mayor saturación del color que la Floresta; además los resultados concuerdan con la teoría pues según Edwards *et al.* (2002) la pulpa de color amarillo presenta un color más vivo que las de color blanco, lo que conduce a mayores valores de C^* .

El croma de la variedad Floresta fue estable a lo largo del tiempo pues no se observan diferencias significativas para ninguno de los tiempos a diferencia de la variedad Granola. Esta última, en el tratamiento con ácido cítrico, presentó a los días 6 y 9 valores de C^* significativamente inferiores a los del día 0 indicando una coloración de los trozos de papa más grisácea que inicialmente. Este cambio en la saturación del color puede explicarse si se toma en cuenta el contenido de polifenoles y polifenoloxidasas de esta variedad, que como ya se mencionó anteriormente es significativamente mayor que para la Floresta. Tomando en consideración la relación proporcional existente entre el oscurecimiento de los tejidos y la actividad de la enzima polifenoloxidasas y el contenido de polifenoles totales (Arvanitoyannis *et al.*, 2008) se puede decir que la Granola inhibida con ácido cítrico a partir del tiempo 6 presentó oscurecimiento en sus tejidos, lo cual fue una característica indeseable para el consumidor final que limitará la vida útil de un producto mínimamente procesado (Cantos *et al.*, 2002).

Es de gran relevancia considerar que solamente la Granola inhibida con ácido cítrico presentó un leve oscurecimiento detectado a nivel instrumental al tiempo 6. El hecho de que la mayoría de los tratamientos no presentara dicho comportamiento puede relacionarse con la temperatura de almacenamiento de las papas que en todos los casos fue una temperatura de refrigeración alrededor de los 8 – 10 °C, debido a que son las temperaturas de almacenamiento normales en supermercados. Según Friedman (1997) a bajas temperaturas de almacenamiento la actividad de la enzima PPO se disminuye por lo que no se da la transformación, o se da levemente, de los compuestos fenólicos a o-quinonas (coloración parda); considerando esto, puede decirse que la inhibición a largo plazo del oscurecimiento de las papas no solo depende del ácido orgánico como inhibidor de la enzima, sino también de la temperatura de almacenamiento.

Es importante mencionar que para el valor de C* no se dio diferencia significativa entre las variedades tratadas con ácido ascórbico y las tratadas con ácido cítrico, lo cual indica que el ácido no presentó un efecto significativo sobre el color y la intensidad del mismo de las pulpas de los tubérculos.

En cuanto a los resultados obtenidos para el ángulo de tonalidad, h°, que cuantifica el matiz o tono del color (Edwards *et al.*, 2002) se pudo observar que el comportamiento fue el mismo que para el valor de luminosidad; la variedad Floresta presentó valores de h° significativamente mayores que la variedad Granola. La papa Floresta sobrepasó en todos los casos el ángulo de 90° lo que indica que presentó una coloración amarilla más clara por contener leves matices de verde, mientras que la Granola al generar un ángulo de tono de 90° indica que su pulpa es de coloración amarilla (Hasbun *et al.*, 2009).

En este caso, a diferencia de los anteriores, el tiempo de almacenamiento no fue una variable significativa, es decir, el valor de h° no varía a lo largo del tiempo. Debido a esto, este parámetro no se analizó mediante la regresión lineal, a diferencia de los valores de L* y C*, como se observa en el cuadro 6.

Durante el tiempo de almacenamiento ambos tratamientos de la variedad Granola presentaron diferencia significativa tanto para el valor de L* como para el valor de C*.

La variedad Floresta en cambio solo presentó diferencias significativas del valor de C* para AA y para AC, mas no del valor de luminosidad. Estos resultados indican que la Floresta no presentó oscurecimiento significativo en el tiempo, al igual que se mencionó anteriormente, pues si los valores de L* no varían, no hay indicio de oscurecimiento, en cambio, los resultados obtenidos en esta regresión por la Granola son de pendiente positiva, lo que indica que en esta tampoco se observó un oscurecimiento claro, a pesar de esperarse que así lo fuera, pues presentó valores de polifenoloxidasas y compuestos fenólicos significativamente mayores que la Floresta.

En el desarrollo de un producto, la calidad sensorial es de mayor importancia que la calidad instrumental debido a que la primera es para los consumidores uno de los principales atributos críticos de calidad (Arvanitoyannis *et al.*, 2008). Tomando en consideración esto, se analizó el sabor y apariencia física de las variedades de papa tratadas con ambos ácidos a los diferentes tiempos de almacenamiento.

En el apéndice C se tienen los resultados obtenidos de la prueba 2-AFC que se realizó para determinar si el consumidor detectó un sabor ácido en las muestras de papa almacenadas por 9 días de ambos tratamientos. Es un resultado de gran relevancia el que para ambas variedades, las muestras tratadas con ácido cítrico hayan presentado diferencias significativas ($p < 0,05$) con las muestras control, es decir para todos los tiempos de almacenamiento los consumidores detectaron el sabor ácido en las muestras tratadas con ácido cítrico, a diferencia de las tratadas con ácido ascórbico, en las cuales, a ninguno de los tiempos de almacenamiento el sabor ácido fue detectado de manera significativa.

En las figuras 13, 14, 15, y 16 se observan los resultados obtenidos por el panel entrenado para las variables de oscurecimiento, cristales de almidón y resequeidad en la superficie para ambas variedades tratadas con ácido cítrico y ascórbico con el fin de definir principalmente el tiempo de almacenamiento óptimo, puesto que el inhibidor quedó definido anteriormente por sabor. Para el consumidor la apariencia del producto es de gran importancia, sin embargo, si presenta un sabor desagradable el producto va a ser rechazado (Sancho *et al.*, 2002).

A nivel sensorial se evaluó también la susceptibilidad al oscurecimiento pues según Cantos *et al.* (2002) se obtienen mejores resultados al utilizar un panel entrenado para

determinar la susceptibilidad al pardeamiento a pesar de la buena correlación con los resultados instrumentales, la cual en este caso también se observó; si se comparan los resultados instrumentales con los sensoriales se puede ver que en ambos casos la papa inhibida con AA, indistintamente de la variedad, presentó un mayor oscurecimiento con el aumento del tiempo de almacenamiento.

Al analizar el oscurecimiento, la Floresta con AA y con AC presentó valores bajos, pero significativamente diferentes de los demás tiempos, solo para el día 9 y 6 respectivamente. El valor más alto significativo se obtuvo para la variedad Granola, la cual debido a su mayor contenido de PPO y compuestos fenólicos, y según resultados instrumentales de color presentó un oscurecimiento a lo largo del tiempo, a diferencia de la Floresta. Se puede observar que se obtuvo una buena correlación entre los resultados instrumentales y los sensoriales al igual que los obtenidos en el estudio realizado por Cantos *et al.* (2002) en papa mínimamente procesada. Es el tratamiento con AA por 9 días de la Granola el que presentó un valor significativamente mayor de oscurecimiento, mientras que con AC no existió diferencia significativa entre ninguno de los tiempos, indicando que posiblemente el ácido cítrico tienen un efecto de inhibición de la polifenoloxidasas más largo que el del ácido ascórbico, sin embargo, al ser detectado su sabor, fue indeseable su uso como inhibidor.

Un estudio realizado recientemente por González *et al.* (2004) en rebanadas de piña inhibidas con ácido ascórbico dio resultados similares de oscurecimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento; según estos autores el ácido ascórbico es muy efectivo en la reducción del oscurecimiento, pero luego de 7 días de almacenamiento, este fenómeno comienza a aparecer levemente dando signos de finalización de la vida útil del producto. Estos resultados confirman que en lo que se refiere al oscurecimiento, la vida útil del producto, bajo las condiciones del estudio, sería de 6 días; sin embargo, es importante considerar también las otras características de apariencia del producto.

La presencia de cristales de almidón en la superficie se definió como la existencia de puntos o manchas pequeñas blancas sobre la superficie de la papa. En el caso de la Floresta (figuras 13 y 14) esta característica fue mucho más notoria que en la variedad Granola, en la cual no hubo para ambos tratamientos, diferencia significativa para ninguno de los tiempos de almacenamiento, lo que indica que incluso a los 9 días no se detectaron cristales de almidón sobre la superficie de las papas. En el caso de la

Floresta, al ser más notorio el cambio en la superficie, se definió 6 días como el tiempo máximo para que este defecto no apareciera en la superficie, pues no presentó diferencia significativa con el tiempo 0, en el caso del tratamiento con AA, y con los 3 días en el caso del tratamiento con AC. Es importante considerar que en este caso, y de acuerdo a estos resultados, se esperaría que la variedad Floresta, debido a la mayor presencia de cristales de almidón, presentara un mayor contenido de este, sin embargo, bajo las condiciones de este estudio, el contenido de almidón de la Floresta no presentó diferencia significativa con el de la Granola, entre 17 y 18%, por lo que no fue un factor que explicara la mayor presencia de cristales de almidón observados en la variedad Floresta.

La resequedad de la superficie se determinó en el panel entrenado no solamente de manera visual, sino también mediante el tacto de la superficie. Para esta característica no se observó un comportamiento similar en los tratamientos. En general, la variedad Granola presentó en ambos tratamientos mayor resequedad en la superficie que la Floresta, lo que conduce a decir que la primera fue más susceptible a la deshidratación superficial. Según estos resultados, la Granola debió presentar un menor contenido de humedad que la Floresta; sin embargo, no sucedió así. Al analizar químicamente las variedades, la Floresta al presentar un contenido de sólidos totales significativamente mayor tiene un menor contenido de humedad que la Granola, por lo que se esperaría que la resequedad de la superficie durante el almacenamiento se manifestara más rápido y pronunciadamente que en la superficie de la papa Granola.

No existió un patrón particular en los resultados de cada uno de los ácidos, lo que indica que a pesar de ser el mismo ácido los resultados dependen de la variedad en la que haya sido aplicado. Para las variedades Granola y Floresta inhibidas con ácido ascórbico, es el día 6 el tiempo más largo de almacenamiento en el que se obtuvieron mejores resultados sensoriales e instrumentales y por consiguiente el tiempo de almacenamiento definido para el estudio, pues al haber descartado el uso de ácido cítrico debido a que su sabor fue detectado, el tiempo de almacenamiento mejor para el mismo no fue de gran relevancia. Los procesos y la manipulación a la que es sometida un producto mínimamente procesado incrementan la tasa de respiración de los tejidos y la producción de etileno dando como resultado una reducción en la vida útil pasando de 1 a 2 semanas para el producto fresco a solamente 1 – 3 días con temperaturas óptimas (González *et al.*, 2004); tomando en cuenta esto, un tiempo de

almacenamiento de 6 días para un producto mínimamente procesado almacenado en refrigeración es bastante bueno.

Al analizar el color de manera instrumental, la luminosidad y el tono fueron mayores para el tratamiento de ácido cítrico, haciendo en principio, este tratamiento el más apto para inhibir el producto mínimamente procesado; sin embargo, es de gran importancia considerar que las diferencias significativas a nivel instrumental no siempre se detectan a nivel sensorial y, si se considera que el juez del producto final es el consumidor, pues decidirá si acepta o rechaza el producto (Sancho *et al.*, 2002), sus preferencias y gustos deben anteponerse a los resultados obtenidos de manera instrumental. Al igual que estos autores, Costell & Duran (1981) afirman que la observación e ingesta de los alimentos son las principales variables que inciden directamente en la reacción del consumidor; por consiguiente es a ésta a lo que se le atribuye el éxito o fracaso de los avances o innovaciones que se producen en la tecnología de los alimentos. Debido a estas razones, es que se definió el ácido ascórbico como inhibidor y no el ácido cítrico.

6.3 *Análisis de los alimentos tradicionales elaborados a partir de papa mínimamente procesada*

A partir de los resultados obtenidos en la sección anterior, se definió un tiempo de almacenamiento para la papa mínimamente procesada de 6 días y el ácido ascórbico al 1,6% como el agente inhibidor del oscurecimiento enzimático.

En los cuadros 7 y 8 se pueden observar los resultados de color instrumental obtenidos para los productos procesados elaborados a partir de papa mínimamente procesada de las variedades Floresta y Granola respectivamente. Para la papa cocida y el puré de papa de ambas variedades los resultados obtenidos fueron similares debido a que su proceso de elaboración difiere únicamente en que el segundo fue mezclado con leche y mantequilla pero no abarcó ninguna operación adicional a la elaboración de la papa cocida; para ambos productos de la variedad Floresta, solamente el parámetro C* presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre el tratamiento y su producto control, siendo mayor el valor de C* para la papa cocida y el puré control, lo que indicó que estos productos control fueron de un color más vivo que

los mismos inhibidos. Es importante recalcar, que como se mencionó anteriormente, el ácido ascórbico, reseco levemente los tejidos, lo que pudo haber sido la causa del opacamiento del color de los productos inhibidos, lo que no sucedió en los productos control. En cuanto a los valores de L^* y h° , estos no presentaron diferencias significativas, lo que indica que el inhibidor disminuyó únicamente la saturación del color de las papas mas no varió su tono o luminosidad.

En cuanto a las papas fritas, a diferencia de los otros productos, no presentaron diferencia significativa para C^* pero si para L^* y para h° con las papas fritas control, siendo mayor para ambos parámetros el valor obtenido por la papa frita tratada. Las papas fritas control presentaron un color más oscuro, con menor luminosidad, debido a la caramelización de los azúcares, como resultado de la reacción de Maillard (Smith, 1984), no siendo así para las papas fritas tratamiento, las cuales al haber sido tratadas con AA, disminuyeron su pH y por lo tanto retrasaron la velocidad de la reacción entre azúcares y proteínas, dando como resultado productos más luminosos.

El control del color es necesario para obtener un producto estándar, pero se dificulta debido a que esta propiedad física está determinada por la composición química de los tubérculos (Smith, 1984) lo que indica las diferencias en los parámetros de color entre las variedades Floresta y Granola a pesar de haberse sometido al mismo proceso de elaboración.

El color de los productos de la papa Granola, con excepción de las papas fritas, las cuales se comportan de la misma manera que las de Floresta, presentaron resultados diferentes, no solamente en el hecho de presentar, debido al color de su pulpa, mayor valor de C^* y menor de L^* y h° , sino en las diferencias significativas con el producto control. La papa cocida inhibida presentó un valor significativamente ($p < 0,05$) mayor de C^* que su control y de h° significativamente ($p < 0,05$) menor que el control; con los parámetros del puré de papa sucedió lo mismo, solamente que en este caso, la luminosidad también fue significativamente mayor para el producto control.

Es importante mencionar que el valor de L^* de las papas fritas fue menor que el del puré y de la papa cocida; debido a que durante el proceso de fritura se da la formación de compuestos oscuros como la acrilamida, compuesto formado durante las reacciones de Maillard (Hasbun *et al.*, 2009); además, el valor de L^* fue menor aún en

las papas fritas de la variedad Floresta que de la Granola, indicando una coloración más oscura del producto final de las primeras. Este oscurecimiento fue atribuido a que la papa Floresta, en este estudio, presentó un contenido de azúcares reductores significativamente mayor a la papa Granola. Según Andrade (1997) al existir mayor contenido de azúcares reductores en un tubérculo, más oscuro será el color de la fritura, lo que resulta inaceptable en la industrialización y comercialización de la misma. Aquí, es importante relacionar los resultados obtenidos en la regresión lineal para el producto crudo (cuadro 6); en esta se observó que la luminosidad para la Floresta no presentó un comportamiento lineal a diferencia de la Granola y en ambas, una pendiente positiva, lo que indica que la Granola mantuvo mejor su luminosidad en el tiempo que la Floresta, y por lo tanto presentó menor oscurecimiento.

Instrumentalmente además de analizar el color, se analizó la textura de los productos elaborados a partir de la papa mínimamente procesada por ser uno de los atributos sensoriales de mayor importancia para los consumidores (Surmacka, 2002), además, porque los tratamientos de cocción afectan de manera importante la textura de las papas, sea cuál sea la forma de elaboración (Andersson *et al.*, 1994).

La papa cocida Floresta (cuadro 9) no presentó diferencia significativa con su control en cuanto a la fuerza de extrusión, lo que indica que el ácido ascórbico no influyó en la textura de este producto; sin embargo, la papa cocida Granola inhibida si presentó una diferencia significativamente ($p < 0,05$) mayor que la control; es decir, el ácido ascórbico, en este caso específico, aumentó la dureza del tejido. Según Andersson *et al.* (1994) el pH es un importante factor para la firmeza de frutas y vegetales pues conforme incrementa el valor del mismo se observa una pérdida de firmeza debido a la acción inhibitoria de los ácidos sobre las enzimas pécticas, que al no haber agentes inhibidores de las mismas, degradan las estructuras haciendo la textura del producto final más suave. Tomando en consideración esto, el ácido ascórbico si tiene un efecto sobre la dureza de las papas, pues al inhibir las enzimas pécticas presentes en las papas, aumenta la dureza de las mismas.

La papa cocida Granola (cuadro 10) presentó una mayor fuerza de extrusión que la Floresta, lo que indica que la estructura de esta última variedad es más sensible al calentamiento. Si se toma en cuenta la composición química de ambas variedades, la papa Floresta presentó una gravedad específica significativamente mayor que la

Granola, y según Smith (1984) productos como papa hervida requieren papas con baja gravedad específica para mantenerse firmes durante la cocción.

Al comparar la papa frita inhibida con la control de la variedad Floresta, se observó una fuerza significativamente mayor para la primera, al ser cortada por las cuchillas de la celda de kramer, lo que indica que en este caso, el ácido ascórbico fue el responsable de la dureza de las mismas. En cuanto a la variedad Granola, la fuerza para la papa inhibida con AA fue tan grande, que sobrepasó el límite superior de fuerza del instrumento, por lo que no se reportó su valor, sin embargo, de esto se dedujo que el ácido ascórbico tiene un efecto sobre la dureza de los tejidos, al igual que para la variedad Floresta, debido a su efecto inhibitorio sobre las enzimas, como se mencionó anteriormente.

Al comparar la fuerza requerida para ser cortadas las papas fritas control de ambas variedades, se observó que ésta fue mayor para la variedad Floresta que para la Granola lo que indica que ésta última, es menos firme. Según Smith (1984) a diferencia del comportamiento para la papa hervida, la crujencia y la textura interna de las papas fritas está directamente relacionada con la alta gravedad específica del genotipo utilizado, debido a que papas con alta gravedad específica presentan polisacáridos más estables y compactos, lo que previene la degradación de los mismos (Kita, 2002).

El puré de papa inhibido de la variedad Floresta presentó significativamente ($p < 0,05$) menor firmeza y mayor viscosidad y consistencia que su control, mientras que para la variedad Granola ninguno de los parámetros analizados presentó diferencia significativa con el control. En el caso de este producto, el ácido ascórbico no parecía tener ningún efecto sobre la textura del mismo, sino más bien las diferencias correspondieron a diferencias varietales o diversidad de presiones internas de los tubérculos (Linehan & Hughes, 1969).

Al comparar las variedades, la Floresta presentó una mayor viscosidad que la Granola lo que se debe, según Andersson *et al.* (1994), directamente al contenido de sólidos totales; esta afirmación corrobora la relación experimental obtenida, pues la Floresta presentó un contenido de sólidos totales significativamente mayor que la Granola.

La firmeza, medición de textura del puré, y la medición de fuerza realizada para la papa cocida que se relaciona con la primera, presentaron un comportamiento similar. Para ambas, la Granola presentó valores mayores que la Floresta, lo que indica que el planteamiento de Smith (1984) sobre la relación de la textura con la gravedad específica, se cumple también en este caso.

Es importante mencionar que según Bonierbale *et al.* (2000) las papas con mayor contenido de sólidos totales deberían producir productos de textura más dura, sin embargo, para este estudio y bajo las condiciones del mismo, el contenido de sólidos totales solamente tuvo un efecto significativo sobre la textura del puré, mas no sobre los demás productos procesados elaborados. El efecto estructural se puede deber entonces a otros factores como el comportamiento de los gránulos de almidón de cada variedad, a pesar de presentar contenidos de almidón significativamente diferentes. Según Kaur *et al.* (2002) los cambios en textura de las papas que conllevan un proceso de calentamiento, están principalmente asociados a la gelatinización y retrogradación del almidón específicos de cada tejido.

Por último, para correlacionar los resultados obtenidos de manera instrumental, se realizó un panel de consumidores con el fin de determinar el agrado de los mismos hacia los productos procesados de ambas variedades, pues como ya se mencionó anteriormente, depende del consumidor la aceptación o el rechazo del producto final (Sancho *et al.*, 2002).

En la figura 17 se observan los resultados obtenidos por los productos procesados de papa Floresta y sus controles, segmentados por grupos de consumidores frecuentes (FC). A modo general, en todos los grupos, se puede observar que el producto de mayor agrado fue el puré de papa control (agrado entre 7 y 8), seguido de la papa frita inhibida (agrado de 7) mientras que el de menor agrado fue la papa cocida inhibida con una puntuación entre 4 – 5. Para el grupo de FC de papa frita, se puede observar que el agrado del puré control, la papa frita inhibida y la control, no presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) y tenían un mayor agrado para la papa cocida control que para la inhibida.

Al considerar el agrado del grupo de FC de papa cocida se observa que el puré control y el inhibido presentaron buenos resultados de agrado sin diferencias significativas

entre ellos junto con la papa frita inhibida. A este grupo, al igual que al pasado, la papa cocida no le fue de gran agrado, sin embargo, no existió diferencia significativa entre el producto inhibido y el control, lo que indicó que les fue indiferente la presencia de ácido ascórbico. Por último, el grupo FC de puré de papa, prefirió para el puré y la papa cocida el producto control antes que el inhibido, sin embargo las papas fritas inhibida y control presentaron igual agrado sin diferencia significativa entre ellos.

Es de gran relevancia el hecho de que dos de los tres grupos, entre ellos el de consumidores de papa frita, no diferenciaron entre la papa frita inhibida y su control y presentaron un valor de agrado aceptable y además, el agrado fue significativamente mayor para la inhibida en el caso de los consumidores de papa cocida, lo que indica que la variedad Floresta mínimamente procesada es apta y agradable para la elaboración de papa frita; además, el grupo de consumidores de papa cocida, a pesar de darle un valor de agrado bajo a la papa cocida y su control, no diferenciaron entre ellas, lo que indica que el bajo agrado se debe a la forma de preparación como tal del producto y no al ácido orgánico presente. Según Mosley & Chase (1993) tubérculos con gravedad específica entre 1,07-1,08 y aproximadamente 20% de sólidos totales, como es el caso de la variedad Floresta, es apta para hervir, elaborar puré, papas fritas y enlatados, lo cual concuerda parcialmente con los resultados obtenidos en el panel, pues en este caso, no resultó ser agradable la papa cocida de la variedad Floresta, podría ser debido a la simplicidad de formulación utilizada para la preparación de la misma, o bien la presencia de ácido, o la variedad hicieron de este producto el menos agradado.

En la figura 18, se observan los valores de agrado de los productos procesados de la variedad Granola. En general, para esta variedad, los productos presentaron mayores valores de agrado que para la variedad Floresta, sin embargo, al haberse realizado los paneles en fechas y con consumidores diferentes, no puede realizarse una comparación puntual entre el agrado de las mismas.

Para el grupo FC de papa frita el puré control y el inhibido no presentaron diferencias significativas, con un agrado promedio de 7. Para estos, el producto inhibido de papa frita y papa cocida presentaron valores de agrado significativamente mayores que sus respectivos controles, lo que indica que para este grupo de consumidores el ácido ascórbico produjo productos de mayor agrado.

En cuanto al grupo de FC de papa cocida, todos los productos presentaron valores buenos de agrado y ninguno presentó diferencias significativas con su respectivo control lo que conduce a decir que al igual que para estos consumidores el ácido ascórbico presente en las muestras inhibidas no tuvo un efecto relevante sobre el agrado de los productos; por último para el grupo de FC de puré de papa el puré control fue el producto de mayor agrado junto con la papa frita inhibida y control, sin presentar diferencias significativas entre ellas, la papa cocida control presentó un valor de agrado significativamente mayor que para el producto inhibido.

Es importante mencionar que a pesar de que, teóricamente, debido a su composición química la papa Floresta es buena para la elaboración de papas fritas (Andrade, 1997; Bonierbale *et al.*, 2004), y no así la Granola (Avilé, 2008; Mosley & Chase, 1993) los resultados sensoriales mostraron un alto agrado por la papas fritas de ambas variedades, lo que indica que ambas variedades son aptas para la elaboración de papas fritas y no así de papa cocida, pues para la variedad Floresta este producto presentó bajos valores de agrado. Por lo que el producto mínimamente procesado de la variedad Granola resultó ser el más versátil en cuanto a sus usos.

Por último la idea de vender ambos tipos de productos mínimamente procesados empacados y listos para ser utilizados en una gran variedad de productos fue aceptada por los consumidores pues el promedio de intención de compra en todos los casos superó el 3,5 (cuadro 11). Es importante mencionar que en la escala categórica de 5 puntos, el 3 corresponde a no sé si lo compraría y el 4 a tal vez si lo compraría; al tomar en consideración esto, se puede decir que el consumidor, al no rechazar del todo la idea de comprar el producto mínimamente procesado, está anuente a adquirirlo.

VII Conclusiones

La variedad de papa Floresta presentó valores significativamente mayores de sólidos totales, gravedad específica y azúcares reductores que la Granola, y ésta presentó una sensibilidad a la oxidación (contenido de polifenoles totales y polifenoxidasas) significativamente mayor ($p < 0,05$) que la variedad Floresta.

El ácido cítrico al 10% produjo en las papas un sabor ácido, convirtiéndose así en un ácido orgánico no apto para la elaboración de un producto mínimamente procesado.

El ácido ascórbico al 1,6% inhibió el pardeamiento enzimático y no produjo sabor ácido detectable de manera significativa por los consumidores.

La vida útil de un producto de papa mínimamente procesado, utilizando ácido ascórbico al 1,6% como inhibidor de la enzima, fue de 6 días a temperatura de refrigeración.

El ácido ascórbico causó un endurecimiento de los productos procesados en comparación con los productos procesados control para ambas variedades.

Las papas fritas Floresta fueron significativamente más oscuras que las mismas de la variedad Granola.

Los consumidores frecuentes de papa frita, no detectaron diferencias en agrado entre las papas fritas de la variedad Floresta mínimamente procesada y las control.

La papa frita y la papa cocida elaboradas de papa Granola mínimamente procesada presentaron valores de agrado significativamente mayores a los obtenidos por los productos control para los consumidores frecuentes de papa frita.

En la variedad Floresta, solamente la papa cocida control para los consumidores frecuentes de este producto presentó un agrado significativamente menor que este producto elaborado a partir de papa mínimamente procesada.

El agrado por todos los productos de papa Granola mínimamente procesada no presentó diferencias significativas con respecto a su control para los consumidores frecuentes de papa cocida.

Los consumidores de puré de papa tanto para la variedad Granola como para la Floresta prefirieron significativamente el puré y la papa cocida control en comparación con el producto inhibido, mientras que para la papa frita la diferencia de agrado entre inhibida y control no fue significativa.

La papa mínimamente procesada de la variedad Floresta se recomienda para la elaboración de papas fritas, mientras que la de la variedad Granola se recomienda para cualquiera de los 3 usos evaluados en el estudio.

El consumidor está anuente a comprar ambas variedades de papa mínimamente procesada.

VIII Recomendaciones

Realizar un estudio microbiológico del producto mínimamente procesado.

Evaluar diferentes opciones de empaques y temperaturas de almacenamiento con el fin de poder ampliar la vida útil del producto mínimamente procesado.

Analizar las posibles razones del aumento en la dureza atribuible a la inmersión en ácido ascórbico de las papas mínimamente procesadas.

Ampliar la evaluación sobre los diversos usos de la papa mínimamente procesada, variando las formas de elaboración de los productos procesados.

Estudiar la composición química de las variedades sembradas durante la estación seca del año para determinar cuál de las estaciones es la más apta para la siembra y cultivo de las variedades destinadas a productos mínimamente procesados.

IX Bibliografía

- ANCOS, B., MUNÓZ, M., GÓMEZ, R., SÁNCHEZ-MORENO, C & CANO P. 2006. Nuevos sistemas emergentes de higienización en el procesado mínimo de alimentos vegetales. I Simposio Iberoamericano de Vegetales Frescos Cortados, San Pedro, Brazil. INTERNET. http://www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/images/files_pdf/brasil/begona.pdf
Revisado: 04-05-08.
- ANDERSSON, A., GEKAS, V., LIND, I., OLIVEIRA, F. & ÖSTE, R. 1994. Effect of preheating on potato texture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34(3): 229-251.
- ANDRADE, H. 1997. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa. *Revista INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-Ecuador)* 9: 21 – 23.
- ANÓNIMO, 2006. Perfil de mercado de semilla de papa. Programa Nacional de Producción de Semillas. Honduras. INTERNET http://www.prochile.cl/documentos/pdf/honduras_semillas_papa_2006.pdf?file=Perfil%20de%20Mercado%20Semilla%20de%20Papa. Revisado: 03-05-08.
- ANÓNIMO, 2009. Granola. The european cultivated potato database. Eurpotato. INTERNET http://www.europotato.org/display_description.php?variety_name=Granola Revisado: 14-08-09.
- AMADOR, R. 1991. Papa. En: Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Boletín técnico N°74, San José.
- AOAC (Association of Analytical Communities). 2005. Métodos de análisis. 934.01. INTERNET www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=32550 Revisado 03-05-08.

- ARIAS, K. 2004. Papa: Costa rica. Servicio de Información de Mercados. Boletín 5. CNP (Consejo Nacional de Producción).
- ARTÉS, F., CASTAÑER, M. & GIL, M. I. 1998. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Food Science and Technology Internacional 4(6): 377 – 389.
- ARVANITOYANNIS, I., VAITSIS, O. & MAVROMATIS, A. 2008. Potato: A comparative study of the effect of cultivars and cultivation conditions and genetic modification on the physico-chemical properties of potato tubers in conjunction with multivariate analysis towards authenticity. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 48(9): 799 – 823.
- AVILÉ, J. 2008. Estación experimental Carlos Durán. Universidad de Costa Rica. Cartago. Información sobre variedades de Costa Rica. COMUNICACIÓN PERSONAL.
- BELITZ, H. & GROSCH, W. 1997. Química de los alimentos. 2ed. Editorial Acribia. Zaragoza.
- BENACCHIO, S. 1983. Algunas exigencias ambientales del cultivo de papa y la situación en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. FONAIAP Divulga 13: 1.
- BERNET, T., LARA, M., URDAY, P. & DEVAUX, A. 2002. El reto de vincular a los pequeños productores de papa con la agroindustria. Revista Latinoamericana de la Papa 13: 1 – 23.
- BONIERBALE, M., AMORÓS, W., ESPINOZA, J. LI, X. & WALKER, T. 2000. Estrategias y Desafíos para el Mejoramiento de Papa para Procesamiento. Centro Internacional de Papa. Perú. INTERNET <http://www.redepapa.org/bonierbale.pdf> Revisado: 14-08-09.

- BONIERBALE, M., AMOROS, W., ESPINOSA, J., MIHOVILOVICH, E., ROCA, W. & GOMEZ, R. 2004. Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. *Revista Latinoamericana de la Papa*, suplemento.
- BORREGO, F., FERNÁNDEZ, J. M., LOPÉS, A., PARGA, V. M., MURILLO, M. & CARVAJAL, A. 2000. Análisis de crecimiento en siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 145 – 149.
- BORRUEY, A., COTRINA, F., MULA, J. & VEGA, C. 2000. Calidad industrial y culinaria de las variedades de patata. En: PASCUALENA, J. & RITTER, E. Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. España.
- BRENES, A., RIVERA, C. & VASQUEZ, V. 2002. Principales enfermedades y plagas de la papa en Costa Rica. EUNED, San José.
- CANET, W., ÁLVAREZ, M. D., FERNÁNDEZ, C. & TORTOSA, M. E. 2005. The effect of sample temperature on instrumental and sensory properties of mashed potato products. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 481-493.
- CANTOS, E., TUDELA, J., GIL, M. & ESPIN, J. 2002. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(10): 3015 – 3023.
- CAPEZIO, S., HUARTE, M. & CARROZZI, L. 1993. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa. *Revista Latinoamericana de la Papa* 5/6: 54 – 63.
- CARAVACA, P. 2006. Papa: Costa Rica. Servicio de Información de Mercados. Boletín 5. CNP (Consejo Nacional de Producción). 1-5 p.
- CASTAÑER, M., GIL, M. I., ARTES, F. & TOMAS-BARBERÁN, F. A. 1996. Inhibition of browning of harvested head lettuce. *Journal of Food Science* 61(2): 314 – 316.

- CENTRO DE AGRONEGOCIOS. (santafeagro@amnettgu.com). s. f. Perfil del mercado de la papa: mundial, regional y nacional. Tegucigalpa. INTERNET <http://www.santafeagro.net/Boletines/boletin%20%20papa.pdf>. Revisado: 29-04-08.
- CHINNICI, F., SPINABELLI, U., RIPONI, C., AMATI, A., 2005 Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 121-130.
- CHUNHUA, S., BINGLE, X., XIAOLONG, X., YONGSHU, X. & QINGLIANG, L. 2001. The purification and spectral properties of polyphenol oxidase from *Nicotiana tabacum*. *Plant Molecular Biology Reporter* 19: 381a – 381h.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 1998. La papa en cifras: producción, uso, consumo, comercialización. INTERNET http://www.cipotato.org/potato/facts/pot_facts_esp_papaprod.pdf Revisado: 03-05-08.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2003. Potato varieties. INTERNET <http://research.cip.cgiar.org/confluence/display/CPV/Home> Revisado: 09-08-08.
- CNP (Consejo Nacional de Producción). 2006. Exportación papa fresca. Servicio de Información de Mercados. Portal Digital. Costa Rica. INTERNET. http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/Expo_fresca_2006.pdf. Revisado 08-02-08.
- CNP (Consejo Nacional de Producción). 2007. Papa: Estimaciones mensuales de producción y área 2007. Portal Digital. Costa Rica. INTERNET. http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/Papa_estimaciones_2007.pdf. Revisado 28-01-08.
- CNP (Consejo Nacional de Producción). 2008. Precios de Productos Agropecuarios Nacionales. Portal Digital. Costa Rica. INTERNET. <http://www.cnp.go.cr/index.php>. Revisado 08-02-08.

- COSTA, R. M., OLIVEIRA, F. A. & BOUTCHEVA, G. 2001. Structural changes and shrinkage of potato during frying. *International Journal of Food Science and Technology* 36(1): 11 – 23.
- COSTELL, E. & DURAN, L. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos I. Introducción. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 21(1):1-9.
- COTRELL, J. E., DUFFUS, C. M., PATERSON, L., MACKAY, G. R., ALLISON, M. S. & BAIN, H. 1993. The effect of storage temperature on reducing sugar concentration and the activities of three amylolytic enzymes in tubers of cultivated potato, (*Solanum tuberosum* L). *American Journal of Potato Research* 36: 107 – 117.
- DAVENPORT, J. R., MILLBURN, P. H., ROSEN, C. J. & THORNTON, R. E. 2005. Environmental impacts of potato nutrient management. *American Journal of Potato Research* 82: 321 - 328.
- DE LEÓN, J.A., CHÁVEZ, G.A. & MATSUMOTO, T. 2002. Catálogo de variedades de papa. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Guatemala. INTERNET http://www.icta.gob.gt/fpdf/recom_/hortalizas/CATALOGOVARIEDA_DPAPA.pdf. Revisado: 18-04-08.
- DEN HARTIGH. 2008. Summary of the varietal properties based on dutch conditions. Netherlands. INTERNET <http://www.denhartigh-potato.nl/downloads/RBE.pdf> Revisado: 14-08-09.
- DEMAN, J. M. 1969. Determination of potato texture. *Can. Institute of Food Technology Journal* 2: 76.
- DIJK, C., FISCHER, M., HOLM, J., BEEKHUIZEN, J., STOLLE-SMITS, T. & BOERIU, C. 2002a. Texture of Cooked Potatoes (*Solanum tuberosum*). 1. Relationships between dry matter content, sensory-perceived texture and near-infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(18): 5082 – 5088.

- DIJK, C., BEEKHUIZEN, J., GIBCENS, T., BOERIU, C., FISCHER, M. & STOLLE-SMITS, T. 2002b. Texture of Cooked Potatoes (*Solanum tuberosum*). 2. Changes in pectin composition during storage of potatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(18): 5089 – 5097.
- DOASL (Department of Agriculture. Sri Lanka). 2009. Potato: *Solanum tuberosum* L. INTERNET <http://www.agridept.gov.lk/more.php?morelink=Recommended%20varieties%20&pagelink=Potato&heading=Root> Revisado: 14-08-09.
- DUANGMAL, K. & OWUSU, R. 1999. A comparative study of Polyphenoloxidases from taro (*Colocasia esculenta*) and potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). Food Chemistry 64: 351 – 359.
- EDWARDS, C. G., ENGLAR, J. W., BROWN, C. R., PETERSON, J. C. & SORENSEN, E. J. 2002. Changes in color and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. American Journal of Potato Research 79: 49 – 53.
- ESQUIVEL, P., STINTZING, F. C. & CARLE, R. 2007. Phenolic compound profiles and their corresponding antioxidant capacity of purple pitaya (*Hylocereus* sp.) Genotypes. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen: 636 – 644.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2008a. Año internacional de la papa: ¿Por qué la papa?. INTERNET. <http://www.potato2008.org/es/elaip/index.html>. Revisado 14-01-08.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2008b. Noticias: lanzamiento del año internacional de la papa (aip) en costa rica fue un éxito. INTERNET <http://www.fao.or.cr/noticias.shtml>. Revisado: 03-05-08.
- FAOSTAT, 2009. Producción de cultivos. INTERNET <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Revisado 26-08-09

- FERNÁNDEZ, E., MONSERRAT, S., SLUKA, E., PLOPER, J. & BRANDAM, E. 1999. Evaluación de cultivares y líneas selectas de papa destinada a la industria de las papas chips. *La alimentación Latinoamericana* 231: 72 – 75.
- FERNÁNDEZ, C., ÁLVAREZ, M. & CANET, W. 2006. The effect of low-temperature blanching on the quality of fresh and frozen/thawed mashed potatoes. *International Journal of Food Science and Technology* 41: 577-595.
- FRIEDMAN, M. 1997. Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(5): 1523 – 1540.
- GARCÍA, H. & GÓMEZ, C. 2002. Investigación y transferencia de tecnología sobre calidad de almidones, azúcares y valoración energética de materiales de papa. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Bogotá. INTERNET <http://redepapa.org/garcia1.pdf>. Revisado: 16-08-09.
- GARROTE, R. L., BERTONE, R. A., SILVA, E. R. & AVALLE, A. 2001. Comparison of two rapid methods of lipoxygenase assay in blanched green peas, green beans and potatoes. *Food Science and Technology International* 7(2): 171-175.
- GASULL, E. & BECERRA, E. 2006. Caracterización de polifenoloxidasas extraídas de pera (cv. Packam's Triumph) y Manzana (cv. Red Delicious). *Información tecnológica* 17(6): 69 – 74.
- GÓMEZ-LÓPEZ, V., RAGAERT, P., DEBEVERE, J. & DEVLIEGHIERE, F. 2008. Decontamination methods to prolong the shelf-life of minimally processed vegetables, state-of-the-art. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48: 487 – 495.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G., RUÍZ-CRUZ, S., CRUZ-VALENZUELA, R., RODRIGUEZ-FELIZ, A. & WANG, C. 2004. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. *Lebens Wiss U Technology* 37: 369 – 376.

- GUNES, G. & LEE, C. Y. 1997. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *Journal of Food Science* 62(3): 572-575.
- HASBUN, J., ESQUIVEL, P., BRENES, A. & ALFARO, I. 2009. Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía Costarricense* 33(1): 77 – 89.
- HERRERO, G. 2000. Producción de patatas: consideraciones sobre su cultivo y conservación. En: PASCUALENA, J. & RITTER, E. Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. España.
- HORTON, D. 1988. Las papas en los países en desarrollo. *Revista Latinoamericana de la Papa* 1: 9 – 17.
- IFPRI (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias), MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2004. Reunión “Planificando Alianzas para la Innovación en el Sector Agroindustrial de la Papa”. Parte del proyecto: “Alianzas público-privadas en la Investigación hacia el Desarrollo Agroindustrial en Centroamérica. Pacayas, Cartago.
- ILLESCAS, V. & DE LA ROSA, B. 2007. Avances de la evaluación de la calidad de cuatro variedades de papas para la industria de papalinas. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). Guatemala. 1-6 p.
- INIEA (Investigación e Innovación en el cultivo de la papa). 2008. La papa: año internacional de la papa. Portal agrario Ancash, Perú. INTERNET <http://www.agroancash.gob.pe/public/articulos/aip2008/temas/origen.html>
Revisado 20-01-09.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 1996. Floresta: Nueva variedad de papa de gran productividad. Estación experimental Carlos Durán. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.

- JEMISON, J. M., SEXTON, P. & CAMIRE, M. E. 2008. Factors influencing consumer preference of fresh potato varieties in Maine. *American Journal of Potato Research* 85: 140 – 149.
- KADER, A. 2002. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. En: LAMIKANRA, O. *Fresh-cut fruits and vegetables: Science, technology and market*. CRC Press, Washington, D. C.
- KAUR, L., SINGH, N., SINGH SODHI, N. & SINGH GUJRAL, H. 2002. Some properties of potatoes and their starches in cooking, textural and reological properties of potatoes. *Food Chemistry* 79: 171-181.
- KAY, D. E. 1973. *Root crops. Crop and Products Digest*. Tropical Products Institute, London.
- KEIJBETS, M. 2008. Potato processing for the consumer: Developments and future challenges. *Potato Research* 51(3-4): 271 – 281.
- KENT-JONES, D. W. & AMOS, A. J. 1967. *Modern cereal chemistry*. 6 ed. Food Trade Press, Ltd, London.
- KITA, A. 2002. The influence of potato chemical composition on crisp texture. *Food Chemistry* 76: 173-179.
- KLEINKOPF, G. E., WESTERMANN, D. T., WILLE, M. J. & KLEINSCHMIDT, G. D. 1987. Specific gravity of Russet Bank potatoes. *American Journal of Potato Research* 64: 579 – 587.
- LACHMAN, J., HAMOUZ, K., ORZAK, M., PIVEC, V. & DVORAK, P. 2008. The influence of flesh colour and growing locality on polyphenolic content and antioxidant activity in potatoes. *Scientia Horticulturae* 117: 109 – 114.
- LEUNG, H. K., BARRON, F. H. & DAVIS, D. C. 1983. Textural and reological properties of cooked potatoes. *Journal of Food Science* 48(5): 1470-1474.

- LINEHAN, D. J. & HUGHES, J. C. 1969. Texture of cooked potato. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 20: 110-119.
- LOIS, M. & TORRES, M. 2002. Almidón por método enzimático. *Métodos de Análisis*. 2 edición del (AQCITA-M018).
- MANRESA, A. & VICENTE, I. 2007. El color en la industria de los alimentos. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria. INTERNET. <http://revistas.mes.edu.cu/eduniv/02-Libros-por-ISBN/959-16-0600/978-959-16-0582-5>. Revisado: 12-01-08.
- MENÉNDEZ, T. & HERNÁNDEZ, M. 2003. La situación actual y perspectiva de la papa como alimento. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana. INTERNET <http://www.redepapa.org/tania.pdf> Revisado: 16-08-09.
- MENÉNDEZ, T., ROCA, A. & HERNÁNDEZ, M. 2003. Tendencias del desarrollo tecnológico en el procesamiento de la papa. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia de Cuba. INTERNET <http://www.redepapa.org/garciarena.pdf> Revisado: 16-08-09.
- MIN-KIUNG, L., YOUNG-MAI, K., NA-YOUNG, K., GI-NAHM, K., SEOK-HWAN, K., KEUK-SEUNG, B. & INSHIK, P. 2002. Prevention of browning in potato with a heated-treated onion extract. *Bioscience Biotechnology Biochemistry* 66(4): 856 – 858.
- MONDY, N. I. & PONNAMPALAM, R. 1983. Effect of baking and frying on nutritive value of potatoes: minerals. *Journal of Food Science* 48(5): 1475-1478.
- MORENO, D. 2005. Calidad de la papa para usos industriales. *Todo Papa*. Argentina. INTERNET. <http://todopapa.com.ar/pdf/calidadpapaparausosindustriales.pdf>. Revisado 05-02-08.
- MOSLEY, A. & CHASE, R. 1993. Selecting cultivars and obtaining Healthy Seed Lots. En: OSU POTATO VARIETY DEVELOPMENT PROGRAM. Variety Selection.

Oregon. INTERNET <http://oregonstate.edu/potatoes/variety.htm#Introduction>
Revisado: 1-08-09.

MUÑOZ, K., BRAVO, K., ZAPATA, P., LONDOÑO, J. 2007. Caracterización preliminar de la enzima polifenoloxidasas en frutas tropicales: implicaciones en su proceso de industrialización. *Scientia et Technica* año XIII. 33: 161 – 164.

NIELSEN, J. P. 1943. Rapid determination of starch and index maturity in starchy vegetables. *Industrial and Engineering Chemistry* 15(3): 176 – 179.

O'CONNOR-SHAW, R. 2004. Salads and cold soups. En: HUI, Y. H., GHAZALA, S., GRAHAM, D. M., MURRELL, K. D. & NIP, K. *Handbook of vegetable preservation and processing*. Marcel Dekker Inc, New York.

PAPAZIAN, R. 1996. Sulfites: Safe for Most, Dangerous for Some. *FDA Consumer Magazine*. INTERNET http://www.fda.gov/fdac/features/096_sulf.html Revisado 10-08-08.

PAVLISTA, A. D. & FEUZ, D. M. 2005. Potato prices as affected by demand and yearly production. *American Journal of Potato Research* 82: 339 – 343.

RAMÍREZ, C. 1994. El cultivo de la papa, En: CORTÉS, G. *Atlas agropecuario de Costa Rica*. EUNED, San José.

RAMÍREZ, E. 2004. Renovación y conservación in vitro de germoplasma de papa (*Solanum tuberosum*). Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Guatemala INTERNET http://www.icta.gob.gt/pdf/infop/bio_tec/papa2004.pdf. Revisado: 12-05-08.

REDDIVARI, L., HALE, A. & MILLER, C. 2007. Genotype, location, and year influence antioxidant activity, carotenoid content, phenolic content, and composition in specialty potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(20): 8073 – 8079.

- ROESSLER, E., PANGBORN, R., SIDEL, J. & STONE, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, duo-trio, and triangle test. *Journal of Food Science* 43: 940 – 943.
- ROSSI, M., GIUSSANI, E., MORELLI, R., LO SCALZO, R., NANI, R. C. & TORREGGIANI, D. 2003. Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Research International* 36: 999 – 1005.
- ROUSSEAUN, B. 2004. Sensory evaluation techniques. En: NOLLET, L. 2004. *Handbook of food analysis: Physical characterization and nutrient analysis*. 2ed. Marcel Dekker Inc., Nueva York.
- SANCHO, J., BOTA, E. & CASTRO, J. 2002. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Alfaomega Editores. Mexico.
- SAHUQUILLO, M. 2008. La papa de fiesta. *La Nación*, San José. Enero 20. Sección Proa.
- SAPERS, G. M. & DOUGLAS, F. W. 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice apple and pear fruits. *Journal of Food Science* 52(5):1258 – 1262.
- SAPERS, G. M. & ZIOLKOWSKI, M. A. 1987. Comparison of erythorbic and ascorbic acids as inhibitors of enzymatic browning in apple. *Journal of Food Science* 52(6):1732 – 1733.
- SAPERS, G. M., DOUGLAS, F. W., BILYK, A., HSU, A. F., DOWER, H. W., GARZARELLA, L. & KOZEMPEL, M. 1989. Enzymatic browning in atlantic potatoes and related cultivars. *Journal of Food Science* 54(2): 362-365.
- SAPERS, G. M. & MILLER, R. L. 1992. Enzymatic browning in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *Journal of Food Science* 57(5): 1132 – 1135.

- SAPERS, G. M. & MILLER, R. L. 1993. Control of enzymatic browning in pre-peeled potatoes by surface digestion. *Journal of Food Science* 58(5): 1076 – 1078.
- SAPERS, G. M., MILLER, R. L., MILLER, F. C., COOKE, P. H. & CHOI, S. 1994. Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. *Journal of Food Science* 59(5): 1042 – 1047.
- SCOTT, G., MALDONADO, L. & SÚAREZ, V. 2001. Nuevos senderos de la agroindustria de la papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*. Lima
- SENER, F., SCHERZ, H. & KIRCHHOFF, E. 2004. Lebensmitteltabelle für die praxis: Kartoffel. En: HASBUN, J., ESQUIVEL, P., BRENES, A. & ALFARO, I. *Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa*.
- SHETTY, K. s.f. Reviewing the procedure for specific gravity measurement of potato tubers. Idaho Center for Potato Research and Education. University of Idaho. INTERNET <http://www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/sp-grvty.htm> Revisado: 1-08-09.
- SMITH, O. 1968. *Potatoes: production, storing and processing*. The AVI Publishing Company, INC, Connecticut.
- SMITH, O. 1984. Potatoes. En: DESROSIER, N. *Elements of food technology*. The AVI publishing company Inc, Connecticut.
- SPINETTI, M. 2005. Breve historia de la bella Americana. *Todo Papa*. Argentina. INTERNET <http://www.todopapa.com.ar/pdf/brevehistoria.pdf>. Revisado 26-01-09.
- SURMACKA, A. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* 13: 215-225.
- TRINCHERO, J., MONTI, M. & CEROLI, P. 2007. Características sensoriales de papas fritas en bastones. *Revista Latinoamericana de la Papa* 14(1): 33 – 40.

- VAN DER PLAS, L. 1987. Potato tuber storage: biochemical and physiological changes. En: Y.P.S. Bajaj ed. *Biotechnology in Agriculture and Forestry 3: Potato* Springer-Verlag, Berlín. 113 – 124.
- VARGAS, E. 1991. Papa. Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. EUNED, San José.
- VICENTE, A. & CENZANO, J. 2001. Capítulo XVI. La patata y sus productos derivados. *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias*. 3ed. Iragra, S.A. Madrid.
- VILLALOBOS, R. & RETANA, J. 1999. Evaluación del impacto del cambio climático sobre la producción agrícola de Costa Rica, caso de estudio: papa. Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), San José.
- WANG-PRUSKI, G. & NOWAK, J. 2004. Potato after-cooking darkening. *American Journal of Potato Research* 81: 7 – 16.
- WANG, Q. & ZHANG, W. 2004. China's potato industry and potential impacts on the global market. *American Journal of Potato Research* 81: 101 – 109.
- ZHAO, X., CHAMBERS, E., MATTA, Z., LOUGHIN, T. & CAREY, E. 2007. Consumer sensory analysis of organically and conventionally grown vegetables. *Journal of Food Science* 72(2): 87 – 91.

Apéndice A. Glosario

Cuadro A1. Abreviaciones utilizadas a lo largo de todo el documento con sus respectivos significados.

Clasificación	Abreviación	Significado
Peso	kg	Kilogramo
	g	Gramo
	mg	Miligramo
	ton	Toneladas
Longitud	m	Metros
	cm	Centímetros
	mm	Milímetros
	nm	Nanómetros
Volumen	L	Litros
	cc	Centímetros cúbicos
Tiempo	min	Minutos
	d	Días
	t	Tiempo
Área	ha	Hectáreas
Temperatura	°C	Grados centígrados
Color	L*	Medida de luminosidad
	C*	Medida del croma
	h°	Medida del ángulo de tono
	ΔL	Cambio en el tiempo de la luminosidad
Otros	AA	Ácido ascórbico
	AC	Ácido cítrico
	FC	Consumidores frecuentes
	msnm	Metros sobre el nivel del mar
	GE	Gravedad específica
	GAE	Equivalentes de ácido gálico

Apéndice B. Caracterización química de las variedades Floresta y Granola

Cuadro B1. Masas de papa húmeda y seca utilizada para calcular el contenido de sólidos totales (%g/g) de las variedades de papa Floresta y Granola.

Variedad	Lote	Réplica	Masa de muestra húmeda (g)	Masa de muestra seca (g)
Floresta	1	1	10,6358	2,3003
		2	10,5012	2,2428
		3	10,2755	2,1886
	2	1	10,0560	2,1363
		2	10,0775	2,1160
		3	10,4039	2,2504
	3	1	10,6505	2,3288
		2	10,3216	2,1916
		3	10,1994	2,2294
	4	1	10,2226	2,2037
		2	10,1645	2,2554
		3	10,4398	2,3421
Granola	1	1	10,0391	1,6671
		2	10,2803	1,6770
		3	10,0600	1,6161
	2	1	10,0094	1,7577
		2	10,6523	1,9060
		3	10,4417	1,8178
	3	1	10,4908	1,6964
		2	10,2089	1,6489
		3	10,0844	1,5423
	4	1	10,4521	1,7388
		2	10,5016	1,7737
		3	10,4376	1,6756

Cuadro B2. Concentraciones y valores de absorbancia utilizados para la curva de calibración de cada variedad para la determinación del contenido de almidón.

Variedad	Patrón	Concentración (mg/L)	Absorbancia	Ecuación y coeficiente de correlación lineal
Floresta	1	10,052	0,0877	$y = 0,0101x - 0,018$ $R = 0,9990$
	2	30,156	0,2794	
	3	40,208	0,3901	
	4	50,26	0,4805	
	5	60,312	0,6072	
	6	70,364	0,6867	
Granola	1	10,076	0,1184	$y = 0,0089x + 0,0255$ $R = 0,9991$
	2	30,228	0,3023	
	3	40,304	0,3699	
	4	50,38	0,4797	
	5	60,456	0,5653	
	6	70,532	0,6608	

Cuadro B3. Masa inicial y contenido de almidón obtenido por interpolación en las curvas de calibración de las variedades de papa Floresta y Granola.

Variedad	Lote	Repetición	Masa inicial (g)	Contenido de almidón obtenido (mg/L)
Floresta	1	1	1,0094	35,9505
		2	1,0069	36,8020
		3	1,0034	37,7921
	2	1	1,0007	40,4752
		2	1,0057	42,9307
		3	1,0083	42,3168
	3	1	1,0061	39,6535
		2	1,0033	39,2970
		3	1,0063	40,8119
	4	1	1,0109	32,8911
		2	1,0002	30,8713
		3	1,0112	32,1584
Granola	1	1	1,0039	29,4382
		2	1,0023	35,1685
		3	1,0100	31,9438
	2	1	1,0061	36,7865
		2	1,0009	39,7528
		3	1,0146	38,1236
	3	1	1,0145	37,6742
		2	1,0033	37,0449
		3	1,0007	39,2247
	4	1	1,0037	30,9326
		2	1,0018	32,1461
		3	1,0044	33,2247

Cuadro B4. Áreas obtenidas en el análisis de HPLC correspondientes a cada uno de los patrones de azúcar reductor, utilizados para elaborar la curva de calibración

Azúcar	Patrón	Cn (g/ml)	Área de pico	Ecuación y coeficiente de correlación lineal
Fructosa	1	0,0008	425791	$y = 8E+08x - 35712$ $R = 0,9935$
		0,0008	422648	
	2	0,0010	547060	
		0,0010	537721	
	3	0,0020	1115006	
		0,0020	1049029	
	4	0,0040	2285682	
		0,0040	2286896	
	5	0,0080	5975212	
		0,0080	5918501	
Sacarosa	1	0,0008	803183	$y = 1E+09x - 19312$ $R = 0,9980$
		0,0008	801927	
	2	0,0010	1016906	
		0,0010	1035159	
	3	0,0020	1930076	
		0,0020	1928882	
	4	0,0040	3901522	
		0,0040	3973369	
	5	0,0080	8917856	
		0,0080	8616728	
Glucosa	1	0,0008	844585	$y = 1E+09x - 52137$ $R = 0,9940$
		0,0008	834051	
	2	0,0010	1056599	
		0,0010	991497	
	3	0,0020	2013369	
		0,0020	1998400	
	4	0,0040	4121599	
		0,0040	4137354	
	5	0,0080	10529296	
		0,0080	10420140	

Cuadro B5. Valores de área de las muestras analizadas y resultados de la interpolación del área en la curva de calibración.

Azúcar	Floresta			Granola		
	Área del pico	Muestra (g)	Concentración	Área del pico	Muestra (g)	Concentración
Fructosa	8794351	1,0068	0,011439	4761573	1,0074	0,006398
	9562072	1,0068	0,012399	7635896	1,0074	0,009991
	6157344	1,0035	0,008143	8463680	1,0052	0,011026
	6227271	1,0035	0,00823	8718732	1,0052	0,011345
	5042343	1,0032	0,006749	8726560	1,0038	0,011355
	8280973	1,0032	0,010798	8431224	1,0038	0,010985
	5584064	1,0061	0,007426	5359137	1,0090	0,007145
	2984172	1,0061	0,004177	5440578	1,0090	0,007247
Sacarosa	2285556	1,0068	0,002479	839769	1,0074	0,001033
	2293640	1,0068	0,002487	1297793	1,0074	0,001491
	1697173	1,0035	0,00189	2646048	1,0052	0,002839
	1691680	1,0035	0,001885	2697432	1,0052	0,002891
	1739321	1,0032	0,001932	1377597	1,0038	0,001571
	2051932	1,0032	0,002245	1304952	1,0038	0,001498
	1876219	1,0061	0,002069	915112	1,0090	0,001108
	1703871	1,0061	0,001897	890049	1,0090	0,001083
Glucosa	3921360	1,0068	0,004443	781949	1,0074	0,001303
	3929961	1,0068	0,004451	1819057	1,0074	0,00234
	3203866	1,0035	0,003725	3496675	1,0052	0,004018
	3217647	1,0035	0,003739	3583252	1,0052	0,004105
	3197703	1,0032	0,003719	2022384	1,0038	0,002544
	4124625	1,0032	0,004646	2317778	1,0038	0,002839
	3544551	1,0061	0,004066	724657	1,0090	0,001246
	3059399	1,0061	0,003581	700999	1,0090	0,001222

Cuadro B6. Masa de las papas de variedad Floresta y Granola sumergidas en agua y suspendidas en el aire para la determinación de la gravedad específica.

Variedad	Lote	Réplica	Masa de papa en agua (g)	Masa de papa en aire (g)
Floresta	1	1	315	4810
		2	290	4550
		3	310	4780
	2	1	305	4685
		2	305	4705
		3	305	4715
	3	1	320	5120
		2	290	4550
		3	300	4700
	4	1	310	4520
		2	320	4980
		3	310	4700
Granola	1	1	150	4570
		2	140	4350
		3	140	4500
	2	1	170	4580
		2	160	4040
		3	160	4630
	3	1	140	4620
		2	150	3890
		3	160	4690
	4	1	180	4680
		2	170	4370
		3	150	4630

Cuadro B7. Valores de tiempo y absorbancia obtenidos por variedad de papa para la determinación del contenido de la enzima polifenoloxidasas.

Tiempo (s)	Lote	Absorbancia promedio		Tiempo (s)	Lote	Absorbancia promedio	
		Floresta	Granola			Floresta	Granola
0	1	0,0422	0,0600	110	1	0,1633	0,2497
	2	0,0260	0,0458		2	0,1958	0,1287
	3	0,0388	0,1571		3	0,2920	0,5001
	4	0,0831	0,1686		4	0,3127	0,5100
10	1	0,0605	0,0891	120	1	0,1668	0,2566
	2	0,0508	0,0598		2	0,2010	0,1314
	3	0,0768	0,2217		3	0,2997	0,5069
	4	0,1168	0,2412		4	0,3195	0,5146
20	1	0,0781	0,1155	130	1	0,1698	0,2624
	2	0,0749	0,0731		2	0,2053	0,1336
	3	0,1132	0,2789		3	0,3062	0,5125
	4	0,1500	0,3026		4	0,3249	0,5175
30	1	0,0943	0,1398	140	1	0,1720	0,2676
	2	0,0974	0,0830		2	0,2089	0,1354
	3	0,1461	0,3275		3	0,3115	0,5169
	4	0,1809	0,3524		4	0,3291	0,5190
40	1	0,1085	0,1605	150	1	0,1735	0,2722
	2	0,1176	0,0923		2	0,2116	0,1370
	3	0,1755	0,3677		3	0,3157	0,5205
	4	0,2074	0,3923		4	0,3323	0,5196
50	1	0,1209	0,1785	160	1	0,1744	0,2763
	2	0,1349	0,1002		2	0,2135	0,1383
	3	0,2011	0,3999		3	0,3191	0,5228
	4	0,2307	0,4238		4	0,3349	0,5197
60	1	0,1313	0,1943	170	1	0,1749	0,2798
	2	0,1490	0,1069		2	0,2150	0,1393
	3	0,2232	0,4261		3	0,3220	0,5242
	4	0,2506	0,4488		4	0,3368	0,5189
70	1	0,1402	0,2084	180	1	0,1755	0,2829
	2	0,1615	0,1127		2	0,2161	0,1403
	3	0,2413	0,4480		3	0,3240	0,5248
	4	0,2675	0,4682		4	0,3383	0,5175
80	1	0,1477	0,2211	190	1	0,1756	0,2853
	2	0,1722	0,1178		2	0,2166	0,1411
	3	0,2570	0,4658		3	0,3254	0,5246
	4	0,2820	0,4833		4	0,3393	0,5157
90	1	0,1539	0,2323	200	1	0,1753	0,2874
	2	0,1814	0,1221		2	0,2167	0,1415
	3	0,2704	0,4801		3	0,3263	0,5243
	4	0,2942	0,4950		4	0,3390	0,5138
100	1	0,1594	0,2416				
	2	0,1892	0,1257				
	3	0,2822	0,4914				
	4	0,3044	0,5038				

Cuadro B8. Valores de Polifenoles totales obtenidos por las muestras de Granola y Floresta.

Variedad	Lote	Repetición	Polifenoles (mg/L)	Cont polifenoles (g/mL)	M inicial (g)	Cont polifenoles (g/kg GAE)
Floresta	1	1	21,21	2,12E-05	1,0090	1,3135
		2	21,80	2,18E-05	1,0090	1,3506
		3	22,76	2,28E-05	1,0090	1,4096
	2	1	26,47	2,65E-05	1,0010	1,6526
		2	28,75	2,87E-05	1,0010	1,7949
		3	29,70	2,97E-05	1,0010	1,8545
	3	1	35,93	3,59E-05	1,0002	2,2449
		2	33,38	3,34E-05	1,0002	2,0860
		3	31,76	3,18E-05	1,0002	1,9844
	4	1	16,91	1,69E-05	1,0022	1,0543
		2	17,08	1,71E-05	1,0022	1,0654
		3	16,57	1,66E-05	1,0022	1,0334
Granola	1	1	22,25	2,23E-05	1,0013	2,7779
		2	23,21	2,32E-05	1,0013	2,8981
		3	27,60	2,76E-05	1,0013	3,4453
	2	1	19,25	1,93E-05	1,0002	2,4061
		2	18,20	1,82E-05	1,0002	2,2741
		3	21,24	2,12E-05	1,0002	2,6548
	3	1	23,43	2,34E-05	1,0062	2,9107
		2	25,31	2,53E-05	1,0062	3,1441
		3	23,76	2,38E-05	1,0062	2,9513
	4	1	30,22	3,02E-05	1,0015	3,7724
		2	31,40	3,14E-05	1,0015	3,9194
		3	30,92	3,09E-05	1,0015	3,8587

Apéndice C. Estudio de almacenamiento e inhibición de la polifenoloxidas

Cuadro C1. Análisis de color (L*, C* y h°) para las variedades de papa Granola y Floresta tratadas con ácido ascórbico y cítrico y almacenadas por 9 días.

Días	Lote	Ácido ascórbico						Ácido cítrico					
		Floresta			Granola			Floresta			Granola		
		L*	C*	h°	L*	C*	h°	L*	C*	h°	L*	C*	h°
0	1	69,92	16,51	93,73	58,66	29,92	92,37	61,95	12,98	95,47	65,11	31,47	92,51
		65,46	14,58	95,13	64,11	34,12	91,52	67,22	14,53	101,30	63,73	33,88	92,14
		67,70	15,42	94,18	63,42	35,12	91,17	65,85	14,21	95,17	63,59	33,90	93,33
	2	67,45	16,15	95,19	62,87	35,56	93,31	70,40	14,21	95,17	60,80	34,38	94,23
		69,00	15,20	95,48	64,13	37,41	90,71	69,98	14,70	95,16	60,32	34,27	92,01
		63,58	15,19	93,59	63,96	38,24	92,17	69,90	15,00	94,68	61,61	34,56	93,30
	3	68,43	17,50	89,92	64,18	33,08	91,99	67,75	14,70	95,16	67,97	34,68	94,67
		64,73	14,68	92,75	63,44	32,82	91,80	66,31	15,00	94,68	67,40	34,69	93,32
		65,13	14,05	91,69	65,08	35,57	93,66	71,16	17,52	98,38	64,88	31,80	94,12
	4	68,44	18,45	92,83	62,05	31,67	93,29	70,39	14,09	95,67	65,31	34,01	94,54
		65,98	16,58	92,75	61,57	31,22	93,42	67,51	14,91	95,85	64,98	33,00	92,56
		68,22	14,53	94,14	61,05	30,60	93,13	68,10	13,54	97,43	64,31	33,21	93,48
3	1	72,55	14,50	94,06	64,13	34,24	92,21	66,83	11,73	96,32	68,00	29,61	94,93
		67,02	13,54	94,61	63,69	34,15	91,35	69,85	12,97	97,64	67,62	29,99	95,47
		67,91	14,62	96,79	63,51	32,94	89,91	66,90	11,89	96,18	67,69	30,11	93,38
	2	62,78	13,55	95,23	56,54	27,98	93,17	64,48	11,38	96,40	66,32	30,65	93,11
		69,08	14,99	94,99	56,54	28,18	92,26	69,83	14,94	94,95	65,58	31,00	92,33
		62,30	12,65	95,96	64,31	32,57	91,57	70,55	15,48	94,29	64,87	28,72	92,44
	3	68,62	12,98	94,79	62,15	32,34	92,09	69,20	12,20	95,63	67,77	33,04	95,03
		69,79	13,98	95,29	62,30	32,82	92,93	65,80	12,83	98,09	67,13	31,55	92,12
		68,82	16,16	97,61	62,04	33,26	93,71	69,19	13,95	96,35	66,24	31,52	91,78
	4	68,35	16,25	95,69	61,82	30,80	93,08	71,25	14,42	95,14	62,75	31,15	91,16
		67,98	15,00	94,58	62,14	30,74	93,23	69,13	12,38	96,25	61,84	31,50	92,38
		66,20	12,93	95,38	65,18	34,36	93,81	67,74	13,28	95,59	62,21	32,05	93,52
6	1	68,88	14,46	94,23	65,45	35,47	89,66	66,98	11,99	95,84	67,79	29,41	92,94
		65,15	14,57	94,07	63,71	35,25	91,25	67,66	12,21	99,51	66,71	29,53	93,47
		63,75	15,03	93,27	64,46	35,27	89,78	70,52	13,61	97,77	67,01	29,93	93,51
	2	67,96	14,32	98,51	63,62	27,68	92,16	66,64	11,98	95,86	66,37	29,90	93,20
		66,20	12,72	95,19	63,28	27,87	93,29	66,11	12,37	95,52	65,57	29,71	93,75
		58,69	11,98	94,78	62,44	27,97	92,17	70,29	13,49	94,29	67,59	29,10	94,31
	3	68,23	12,89	95,34	67,88	29,93	93,41	72,53	13,42	99,55	65,76	28,26	93,93
		67,25	12,89	94,39	66,08	29,45	94,04	70,20	11,63	96,17	63,22	26,75	92,00
		65,21	12,14	95,57	66,88	29,20	91,95	68,16	13,31	95,10	65,69	29,74	93,49
	4	67,30	13,03	94,55	64,77	32,47	91,39	68,77	14,79	93,63	68,11	28,29	92,92
		63,60	12,58	98,32	65,31	32,97	93,45	66,95	12,07	94,44	68,22	29,16	94,32
		67,82	14,83	94,06	65,18	32,48	91,51	68,71	12,24	94,61	66,90	28,57	94,10

(Continuación) Cuadro C1. Análisis de color (L*, C* y h°) para las variedades de papa Granola y Floresta tratadas con ácido ascórbico y cítrico y almacenadas por 9 días.

Días	Lote	Ácido ascórbico						Ácido cítrico					
		Floresta			Granola			Floresta			Granola		
		L*	C*	h°	L*	C*	h°	L*	C*	h°	L*	C*	h°
9	1	65,70	13,24	98,69	66,39	32,17	94,03	67,88	9,59	97,11	68,06	26,68	92,24
		69,53	12,87	94,57	64,54	30,16	91,61	70,39	10,53	96,21	62,84	28,81	93,61
		67,90	12,63	94,02	65,30	30,90	91,65	69,58	10,78	95,09	64,39	29,62	91,44
	2	69,86	12,49	94,97	61,77	23,59	91,72	66,01	11,38	100,97	68,44	25,36	95,53
		69,22	13,19	97,93	64,52	25,75	91,75	72,13	12,60	94,95	64,44	25,73	95,41
		67,73	13,47	94,46	62,76	24,31	92,21	68,74	12,75	95,01	65,03	26,12	94,28
	3	68,91	13,25	92,98	64,02	29,57	91,34	69,58	14,15	94,97	69,31	27,60	91,58
		67,29	12,93	94,40	63,35	29,69	91,83	63,71	16,01	93,49	64,48	27,33	92,50
		65,54	13,09	94,36	62,67	29,53	91,22	63,85	15,42	93,64	64,18	29,64	95,28
	4	69,30	13,64	94,37	64,74	36,91	89,84	70,02	15,23	97,59	62,91	30,99	90,77
		64,89	11,06	95,86	64,80	37,58	91,49	66,77	13,04	97,23	62,88	32,29	91,84
		69,19	12,03	95,02	64,78	41,04	90,24	68,43	14,39	94,48	63,46	31,08	89,80

Cuadro C2. Resultados de la prueba sensorial 2-AFC para las variedades de papa Floresta y Granola tratadas con ácido ascórbico y ácido cítrico y almacenadas por 9 días para determinar la existencia de sabor ácido en el producto.

Variedad	Inhibidor	Día	Aciertos exp	Aciertos esperados*	Dif significativa p=0,05
Floresta	Ácido ascórbico	0	14	19	No
		3	16	19	No
		6	18	19	No
		9	15	19	No
	Ácido Cítrico	0	12	19	No
		3	23	19	Si
		6	26	19	Si
		9	19	19	Si
Granola	Ácido ascórbico	0	13	20	No
		3	15	20	No
		6	15	20	No
		9	14	20	No
	Ácido Cítrico	0	25	20	Si
		3	24	20	Si
		6	24	20	Si
		9	24	20	Si

*Datos tomados de las tablas de Roessler *et al.* (1978) con n=23 para Floresta y n=25 para Granola.

Cuadro C3. Evaluación de las características de oscurecimiento, presencia de cristales de almidón y resequedad de las papas Granola y Floresta almacenadas por 9 días por medio de un panel entrenado de 8 personas.

Variedad	Característica	Tiempo (días)	Intensidad ¹	
			Ácido ascórbico	Ácido cítrico
Floresta	Oscurecimiento	0	0,3857 ^c	0,3214 ^b
		3	0,5571 ^{bc}	0,2357 ^b
		6	0,9214 ^b	0,4857 ^a
		9	2,8714 ^a	0,2714 ^b
	Presencia de cristales de almidón	0	2,0000 ^b	0,8357 ^c
		3	2,8857 ^a	1,7429 ^a
		6	2,2286 ^b	1,8857 ^a
		9	2,9786 ^a	1,2071 ^b
	Resequedad de la superficie	0	0,3429 ^c	0,4857 ^a
		3	1,4286 ^a	0,3000 ^b
		6	0,6714 ^b	0,2357 ^b
		9	1,2429 ^a	0,3143 ^b
Granola	Oscurecimiento	0	0,3500 ^b	0,2071 ^a
		3	0,4429 ^b	0,4071 ^a
		6	0,3643 ^b	0,3857 ^a
		9	6,9786 ^a	0,2286 ^a
	Presencia de cristales de almidón	0	0,2786 ^a	0,1929 ^a
		3	0,0929 ^a	0,1714 ^a
		6	0,2571 ^a	0,1714 ^a
		9	0,1500 ^a	0,2500 ^a
	Resequedad de la superficie	0	0,6000 ^c	0,2357 ^c
		3	1,2857 ^b	4,1714 ^a
		6	0,2286 ^c	3,9786 ^a
		9	5,6071 ^a	2,7857 ^b

Apéndice D. Análisis de los productos mínimamente procesados de las variedades Floresta y Granola

Cuadro D1. Valores de L*, C* y h° obtenidos para la papa cocida elaborada a partir de papa mínimamente procesada inhibida con ácido ascórbico y su respectivo control.

Lote	Tratamiento	Réplica	Floresta			Granola		
			L*	C*	h°	L*	C*	h°
1	Inhibida	1	56,86	8,21	112,74	54,76	24,52	97,6
		2	56,80	7,97	112,09	54,51	24,26	96,97
		3	58,74	8,53	109,04	53,99	23,35	96,58
		4	58,50	8,41	109,18	56,06	25,36	96,09
		5	56,68	8,22	110,11	55,77	24,76	94,80
	Control	1	57,28	9,72	111,59	60,01	23,81	98,92
		2	58,02	10,19	113,13	60,68	23,30	98,88
		3	51,22	7,37	115,49	59,66	24,38	98,79
		4	51,45	7,26	115,02	56,64	24,56	100,04
		5	55,61	9,26	115,84	56,02	24,58	100,75
2	Inhibida	1	50,00	7,20	118,95	57,37	24,82	96,64
		2	49,56	6,16	114,58	56,52	24,30	95,98
		3	56,13	7,57	110,03	57,37	24,41	96,00
		4	55,76	8,34	111,97	58,54	25,66	93,31
		5	55,34	7,28	115,51	58,84	26,34	94,79
	Control	1	54,45	9,76	108,16	55,29	20,38	99,35
		2	53,41	9,15	112,10	55,27	20,69	99,32
		3	56,80	10,47	107,99	55,17	20,22	99,45
		4	56,62	10,61	108,29	53,59	20,51	100,58
		5	59,84	10,67	108,39	54,41	21,18	100,24
3	Inhibida	1	50,82	5,83	115,21	57,45	27,79	92,36
		2	50,11	5,62	114,89	57,66	28,04	92,74
		3	51,21	7,35	111,23	57,10	27,52	91,40
		4	47,80	6,65	112,51	57,53	24,83	92,77
		5	48,09	5,37	117,57	57,84	24,91	94,02
	Control	1	53,04	7,44	115,91	57,93	24,56	95,62
		2	54,26	8,83	117,16	58,48	25,03	97,39
		3	56,92	9,53	109,99	58,06	24,71	95,54
		4	55,86	9,28	110,64	58,40	24,48	97,11
		5	57,16	8,39	111,96	58,31	24,55	98,37
4	Inhibida	1	59,22	8,57	110,80	59,72	26,50	92,66
		2	59,60	9,58	112,70	59,31	26,43	94,00
		3	58,94	7,25	107,31	57,96	25,94	93,53
		4	58,43	7,96	107,77	54,35	26,21	91,36
		5	59,27	7,07	108,85	55,46	26,66	92,49
	control	1	54,53	8,42	109,87	57,33	24,81	98,10
		2	54,64	9,31	113,04	57,00	23,75	96,97
		3	54,67	10,00	106,91	57,07	24,31	98,68
		4	55,62	10,63	109,57	49,06	19,74	99,88
		5	57,20	9,78	105,53	51,70	20,31	100,53

Cuadro D2. Valores de L*, C* y h° obtenidos para la papa frita elaborada a partir de papa mínimamente procesada de ambas variedades inhibida con ácido ascórbico y su respectivo control¹.

Lote	Tratamiento	Réplica	Floresta			Granola		
			L*	C*	h°	L*	C*	h°
1	control	1	54,66	27,18	78,04	58,12	33,65	82,38
		2	54,68	27,31	78,38	57,15	34,14	83,4
		3	51,28	30,79	71,71	57,08	34,35	83,84
		4	47,28	33,19	68,33	54,63	31,54	82,82
		5	56,85	34,05	75,67	55,21	31,41	82,03
		6	54,97	33,29	75,13	56,3	32,64	82,53
	inhibida	1	42,12	30,69	68,89	48,67	33,34	79,45
		2	39,96	29,11	68,63	48,43	33,59	79,02
		3	36,31	25,83	68,32	47,99	33,34	77,81
		4	35,35	24,49	69,04	43,19	32,21	75,86
		5	44,86	32,72	71,76	44,22	32,42	77,33
		6	44,9	33,11	71,33	43,44	33,42	74,9

1 Análisis realizado solamente al lote 1 debido a que no se realizó cambio de aceite entre tandas por lo que el cambio en color se debería a la oxidación del aceite.

Cuadro D3. Valores de L*, C* y h° obtenidos para el puré de papa elaborado a partir de papa mínimamente procesada de ambas variedades inhibida con ácido ascórbico y su respectivo control.

Lote	Tratamiento	Réplica	Floresta			Granola		
			L*	C*	h°	L*	C*	h°
1	Inhibida	1	69,60	11,26	99,21	67,64	27,86	92,78
		2	69,35	12,30	98,20	67,33	27,32	91,44
		3	69,46	12,36	97,89	67,54	27,68	92,22
		4	67,59	9,73	102,39	68,18	28,55	91,46
		5	67,61	9,81	102,37	68,09	28,46	91,54
	control	1	68,53	9,82	102,81	68,68	24,57	95,89
		2	68,31	9,74	101,91	68,48	24,05	94,32
		3	71,49	12,94	97,23	68,38	24,04	94,39
		4	68,50	10,07	103,43	69,33	24,68	94,44
		5	68,61	10,08	103,08	69,24	24,46	94,05
2	Inhibida	1	69,61	11,70	96,40	68,78	27,27	92,57
		2	67,84	9,31	99,10	69,01	27,39	92,91
		3	70,45	11,82	96,17	68,79	27,31	92,53
		4	71,85	12,29	95,63	69,7	29,32	90,83
		5	71,82	12,25	95,73	69,69	29,26	90,74
	control	1	72,08	16,51	93,30	71,56	28,6	91,66
		2	72,18	16,62	92,74	71,61	28,68	91,72
		3	68,79	11,51	98,62	71,55	28,58	91,5
		4	68,36	10,87	99,20	70	25,86	94,05
		5	69,75	12,94	96,29	69,9	25,63	93,41
3	Inhibida	1	72,75	11,99	95,98	68,22	22,12	96,49
		2	73,09	12,35	95,32	67,95	21,57	95,88
		3	73,00	12,34	96,44	68,28	22,24	96,29
		4	72,68	11,96	95,79	70,41	30,4	89,56
		5	70,19	13,13	94,69	70,33	30,24	89,33
	control	1	71,09	14,67	96,58	70,32	25,59	94,36
		2	70,95	14,35	97,26	70,13	25,35	93,4
		3	68,86	13,17	100,40	70,26	25,15	94,08
		4	67,75	11,44	99,06	71,43	25,96	93,35
		5	70,78	13,91	96,38	71,3	25,6	92,55
4	Inhibida	1	69,91	11,75	97,68	69,3	27,66	90,56
		2	69,79	11,32	98,11	69,43	27,72	90,89
		3	68,54	10,22	100,48	69,39	28,03	91,66
		4	68,36	10,07	101,30	69,65	27,15	90,54
		5	68,50	10,40	102,26	69,8	27,26	90,52
	control	1	67,04	9,78	106,59	70,17	26,31	93,21
		2	70,42	13,17	99,17	70,09	26,06	91,71
		3	66,34	8,90	106,54	70,41	26,78	94,16
		4	70,76	13,85	101,42	68,94	23,06	96,11
		5	70,64	13,45	99,77	68,94	23,21	95,82

Cuadro D4. Valores de textura obtenidos para la papa cocida elaborada a partir de papa mínimamente procesada de ambas variedades inhibida con ácido ascórbico y su respectivo control.

Lote	Réplica	Tratamiento		Control	
		Fuerza de extrusión N*sec		Fuerza de extrusión N*sec	
		Floresta	Granola	Floresta	Granola
1	1	1960,856	2033,568	2008,025	1693,580
	2	1945,415	2054,121	1336,210	1707,997
	3	2037,956	2123,561	1467,914	1852,918
	4	2284,636	2029,722	1481,966	1885,124
2	1	1870,492	2212,600	1856,696	2018,421
	2	1872,392	2065,593	1656,602	2031,768
	3	2055,454	2167,552	1895,224	2002,049
	4	2130,792	2009,961	1841,206	1938,594
3	1	1575,255	2365,761	1511,442	2209,932
	2	1622,237	2469,005	1468,960	2221,191
	3	1919,717	2558,498	1528,196	2252,062
	4	2013,877	2370,134	1712,551	2273,221
4	1	1647,418	2744,584	2116,611	2192,366
	2	1553,995	2683,350	2334,003	2112,059
	3	1615,390	2781,757	2513,519	2103,192
	4	1717,789	2718,120	2645,036	2110,188

Cuadro D5. Valores de textura obtenidos para la papa frita elaborada a partir de papa mínimamente procesada de ambas variedades inhibida con ácido ascórbico y su respectivo control.

Lote	Réplica	Tratamiento		Control	
		Fuerza de extrusión N*sec		Fuerza de extrusión N*sec	
		Floresta	Granola	Floresta	Floresta
1	1	3801,112	1432,921	1511,652	1349,367
	2	2839,568	1457,378	2146,994	1307,919
	3	3253,809	1627,085	880,722	1716,122
	4	3078,610	1687,817	2515,578	2125,053
	5	3279,949	1761,215	1870,629	1600,639
	6	3021,991	1961,413	1798,800	2184,137
2	1	3995,535	1820,236	2366,834	2939,114
	2	2684,974	2061,044	1842,298	3033,422
	3	4210,773	1658,956	2273,832	2902,366
	4	3383,279	2003,396	1681,293	2589,07
	5	3425,635	1228,084	-	2393,569
	6	-	1745,312	-	2781,349
3	1	4681,713	1697,144	2267,859	2609,002
	2	4276,918	1470,864	2466,221	1863,795
	3	3920,538	1738,706	2493,887	1935,188
	4	3280,115	1844,051	3069,954	1612,814
	5	3782,531	1686,03	3029,792	1389,674
	6	4730,946	1902,073	3149,426	1996,486
4	1	3329,832	1990,401	2836,077	2305,688
	2	4093,304	1670,798	2462,347	2796,398
	3	4086,224	1696,565	2630,851	2747,932
	4	4146,632	1674,374	3372,845	2719,363
	5	3865,061	1626,527	2991,896	2561,697
	6	3910,392	1660,113	2623,144	2312,549

Cuadro D6. Valores de textura obtenidos para el puré de papa elaborado a partir de papa mínimamente procesada inhibida con ácido ascórbico y su respectivo control.

Lote	Tratamiento	Réplicas	Floresta				Granola			
			Firmeza (N)	Consist. (N*s)	Cohesi. (N)	Viscos. (N*s)	Firmeza (N)	Consist. (N*s)	Cohesi. (N)	Viscos. (N*s)
1	inhibida	1	6,242	3,799	-3,103	-1,876	14,225	9,554	-2,912	-0,311
		2	5,174	2,770	-2,458	-1,522	13,341	8,763	-3,438	-0,485
		3	7,599	4,733	-3,756	-2,410	13,034	7,194	-3,231	-0,688
		4	6,897	3,800	-3,221	-2,289	12,290	8,943	-4,259	-0,728
		5	6,008	3,631	-2,734	-1,681	13,613	10,120	-4,600	-0,826
	control	1	5,705	3,162	-2,717	-1,770	14,156	8,536	-3,299	-0,458
		2	6,934	3,997	-3,052	-1,877	14,964	11,546	-3,399	-0,513
		3	7,099	3,851	-3,484	-1,944	13,276	8,886	-3,565	-0,742
		4	5,824	3,403	-2,896	-1,355	12,943	8,193	-3,195	-0,380
		5	6,004	3,915	-3,034	-2,144	14,802	10,785	-3,635	-0,481
		6	6,557	3,951	-3,017	-1,683	14,613	9,396	-3,509	-0,514
	2	inhibida	1	6,639	3,896	-2,898	-1,370	9,425	5,428	-3,451
2			6,217	4,080	-3,319	-1,932	9,370	5,906	-3,446	-1,578
3			6,219	3,179	-2,574	-1,240	9,286	6,737	-3,925	-1,715
4			7,094	4,660	-3,275	-1,544	9,327	6,252	-4,158	-2,058
5			6,711	4,466	-3,441	-2,331	9,400	5,363	-3,715	-1,578
control		1	6,112	3,375	-3,163	-2,155	14,816	11,249	-5,248	-1,324
		2	6,116	3,342	-3,106	-2,114	12,736	8,570	-4,580	-1,003
		3	5,996	3,945	-3,152	-2,075	13,462	8,936	-5,231	-1,506
		4	6,657	4,233	-3,615	-2,708	10,864	7,143	-5,060	-2,298
		5	5,524	3,070	-2,808	-2,065	14,537	11,354	-4,240	-0,651
		6	6,236	4,157	-3,365	-1,800	13,111	8,549	-3,985	-0,578
3		inhibida	1	5,220	3,009	-2,367	-1,291	12,501	8,053	-3,625
	2		5,896	3,431	-2,661	-1,342	14,074	10,565	-4,801	-1,210
	3		5,165	2,812	-2,294	-1,278	13,663	8,864	-5,228	-2,220
	4		5,176	2,764	-2,268	-1,245	15,743	10,602	-4,377	-0,668
	5		5,908	3,730	-2,756	-1,526	13,233	8,208	-4,239	-0,764
	control	1	5,654	3,423	-2,823	-2,064	10,250	6,719	-3,629	-1,111
		2	4,511	1,770	-1,839	-1,336	10,196	6,065	-3,478	-1,175
		3	5,396	2,140	-2,294	-1,123	9,551	7,344	-3,823	-0,998
		4	6,194	4,169	-3,205	-2,634	10,746	7,865	-3,500	-0,765
		5	5,985	3,626	-3,009	-2,103	10,233	6,194	-3,711	-0,801
		6	5,474	3,434	-2,923	-2,553	10,581	6,021	-4,033	-0,953
	4	inhibida	1	5,467	3,292	-2,667	-1,705	16,733	13,567	-5,911
2			5,010	2,601	-2,343	-1,456	16,555	12,884	-4,952	-1,377
3			5,309	3,314	-2,484	-1,444	14,741	9,440	-3,323	-0,400
4			5,691	3,747	-2,863	-1,522	15,351	9,522	-3,879	-0,492
5			4,838	2,972	-2,338	-1,269	14,531	7,693	-3,269	-0,336
control		1	7,814	4,439	-3,836	-2,698	8,829	4,735	-3,200	-1,596
		2	8,946	5,324	-4,668	-3,129	9,262	6,333	-3,451	-1,189
		3	7,146	3,193	-2,991	-1,505	8,742	5,703	-3,591	-1,881
		4	7,457	4,014	-3,398	-2,137	9,071	6,737	-3,867	-1,946
		5	7,418	3,830	-3,721	-2,761	9,336	5,616	-3,220	-1,122
		6	9,194	5,468	-4,845	-3,636	12,748	9,656	-4,871	-0,999

Cuadro D7. Productos de papa de consumo más frecuente entre los panelistas utilizados para analizar la variedad Floresta y la Granola.

Producto	Variedad analizada	
	Floresta	Granola
Papas fritas	50	40
Papa cocida	13	19
Puré de papa	37	39

Apéndice E. Escalas utilizadas para la evaluación sensorial de las variedades Floresta y Granola

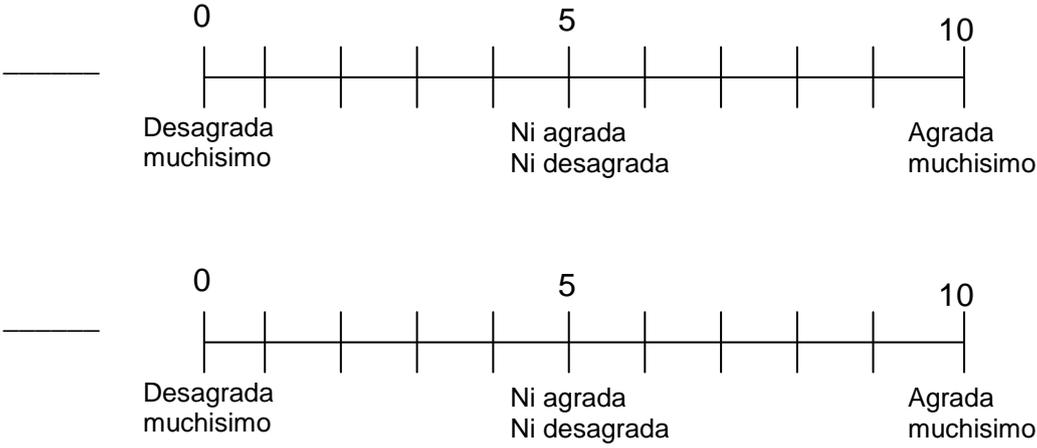
Nombre:
Celular:
Marque con una equis cuál es el producto que mas consume y prefiere de los tres:

() Puré de papa () Papas fritas () Papa hervida/horneada

Muchas gracias por su colaboración!

Figura E1. Encuesta realizada para determinar el producto de papa con mayor frecuencia de consumo para cada uno de los panelistas.

Nombre:
Se le presentan a continuación seis alimentos preparados con papa. Por favor pruebe el alimento con el número de código que aparece en la primera escala y marque dentro de la escala correspondiente cuanto le gusta.



Muchas gracias por su colaboración!

Figura E2. Hoja de respuesta utilizada para la evaluación de la aceptación de los productos tradicionales elaborados a partir de papa mínimamente procesada.

Nombre:

Se le presentan a continuación dos productos mínimamente procesados de papa.

Por favor observe cada producto y lea la etiqueta, luego marque su intención de compra en la escala con el número que corresponde a cada producto.

1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Definitivamente No lo compraría	Tal vez no lo compraría	No sé si lo compraría	Tal vez si lo compraría	Definitivamente si lo compraría
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Definitivamente No lo compraría	Tal vez no lo compraría	No sé si lo compraría	Tal vez si lo compraría	Definitivamente si lo compraría

Figura E3. Hoja de respuesta para el análisis de la intención de compra de ambas presentaciones (cubos y rectángulos) de los productos mínimamente procesados de papa.