

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE CÁSCARA Y
PASTEURIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE
UN JUGO DE GRANADA (*Punica granatum*)
VARIEDAD WONDERFUL DE
ITE –TACNA

TESIS

Presentada por:

Bach. MARIA LUISA GUTIERREZ ACERO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TACNA – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Influencia de la inclusión de cáscara y pasteurización en la
elaboración de un jugo de granada (*Punica granatum*)
variedad wonderful de Ite –Tacna

Sustentada y aprobada el miércoles 28 de diciembre del 2018 siendo el
jurado calificador:

Jurados:

Presidente :


Dra. LILIANA DEL CARMEN LANCHIPA BERGAMINI

Secretario :


Mgr. YOLANDA ESTHER SOSA GUTIÉRREZ

Vocal :


MSc. MARCIAL ALFREDO CASTILLO COHAILA

Asesor :


Mgr. LUIS ALBERTO MARÍN ALIAGA

DEDICATORIA

A Dios, y por supuesto a mí querida mamá Silia Nicolaza Acero Huamani, mi papá Luis Manuel Gutiérrez Morón y mis hermanos Luis Ángel Gutiérrez Acero y Leandra Nicolle Gutiérrez Acero, quienes siempre me demostraron su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

En especial a las siguientes personas:

Al MSc. Samuel Cerro Ruiz por su importante apoyo a lo largo de mi carrera.

Al Sr Juan Antonio Aguilar A. por su importante colaboración.

Y a aquellos docentes, condiscípulos y colegas de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias que a lo largo de mi permanencia en las aulas y posteriormente con el desarrollo y culminación de la presente tesis, supieron mostrar su sincera colaboración.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Delimitación de la investigación	4
1.4 Justificación	5
1.5 Limitaciones.....	6
1.6 Objetivos.....	6
CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	7
2.1 Hipótesis general y específicas.....	7
2.2 Diagrama de variables	7
2.3 Indicadores de las variables	8
2.4 Operacionalización de las variables.....	9
CAPÍTULO III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
3.1 Conceptos generales y definiciones.....	10
3.2 Enfoques teóricos técnicos	13
3.2.1 La granada.....	13

3.2.2	Variedades de granada	16
3.2.3	El color de los alimentos “rojos”	21
3.2.4	Los polifenoles	22
3.2.5	Las bondades de la punicalagina	24
3.2.6	Cuantificación e identificación de los compuestos fenólicos	25
3.2.7	Efectos de la pasteurización en zumos	26
3.2.8	La evaluación sensorial de los alimentos	28
3.2.9	Optimización en el diseño de alimentos	29
3.2.10	La metodología de superficie de respuesta (MSR).....	30
3.3	Marco referencial	31
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		35
4.1	Tipo de investigación	35
4.2	Población y muestra	36
4.3	Materiales y métodos.....	36
4.3.1	Materiales y equipos para análisis	36
4.3.2	Método procedimental	37
CAPÍTULO V. TRATAMIENTO DE RESULTADOS		40
5.1	Técnicas aplicadas en la recolección de la información	40
5.2	Instrumentos de medición.....	43
5.3	Resultados.....	44

5.3.1	Análisis químico del jugo de granada.....	44
5.3.2	Características sensoriales del jugo.....	45
5.3.3	Características fisicoquímicas del jugo	55
5.4	Discusiones	70
5.4.1	Características sensoriales	70
5.4.2	Características fisicoquímicas.....	71
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES.....	74
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
	ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de variables en el proceso de elaboración del jugo de granada	8
Figura 2. Granada variedad Wonderful	14
Figura 3. La granada y sus diferentes partes.	17
Figura 4. Extracción mecánica del jugo de granada.....	20
Figura 5. Esquema general de clasificación de los polifenoles	23
Figura 6. Diseño de investigación experimental.....	39
Figura 7. Medición de los sólidos solubles	40
Figura 8. Medición de pH.....	41
Figura 9. Medición de la aceptabilidad sensorial.....	41
Figura 10. Medición de los polifenoles	42
Figura 11. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad del color	46
Figura 12. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre la aceptabilidad del color	48
Figura 13. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad del olor	49

Figura 14. Efecto de los factores principales en la aceptabilidad del olor	50
Figura 15. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad del sabor	51
Figura 16. Efecto de los factores principales en la aceptabilidad del sabor	52
Figura 17. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad de la apariencia.....	53
Figura 18. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre la aceptabilidad de la apariencia.....	54
Figura 19. Análisis del diagrama de Pareto para los sólidos solubles.....	56
Figura 20. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre los sólidos solubles.....	58
Figura 21. Análisis del diagrama de Pareto para la acidez.....	59
Figura 22. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre la acidez	60
Figura 23. Análisis del diagrama de Pareto para el pH	61

Figura 24. Efecto de los factores principales en la aceptabilidad del sabor	62
Figura 25. Análisis del diagrama de Pareto para los polifenoles	63
Figura 26. Efecto de los factores principales sobre los polifenoles	64
Figura 27. Superficie de respuesta para las mejores condiciones de proceso de elaboración de jugo de granada	67
Figura 28. Flujo de elaboración definitivo para la elaboración del jugo de granada	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes y dependientes	9
Tabla 2. Composición nutricional de la parte comestible de la granada variedad wonderful.....	19
Tabla 3. Características de los pigmentos naturales comúnmente encontrados	23
Tabla 4. Matriz de diseño para investigar el efecto de la cáscara y pasteurización en la elaboración de jugo de granada.....	35
Tabla 5. Análisis fisicoquímico del jugo de granada de la variedad wonderful	44
Tabla 6. Resultados del análisis de las características sensoriales del jugo de granada a través de las pruebas de aceptabilidad hedónica	45
Tabla 7. Resultados del análisis de las características fisicoquímicas a través de la determinación gravimétrica de sus componentes	55
Tabla 8. Parámetros de elaboración del jugo de granada	66
Tabla 9. Rendimiento de jugo de granada exprimido con inclusión de cáscara (condiciones óptimas)	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	82
Anexo 2. Análisis estadístico del color	83
Anexo 3. Análisis estadístico del olor	84
Anexo 4. Análisis estadístico del sabor	86
Anexo 5. Análisis estadístico de la apariencia	88
Anexo 6. Análisis estadístico de los sólidos solubles	89
Anexo 7. Análisis estadístico de la acidez	90
Anexo 8. Análisis estadístico del pH	91
Anexo 9. Análisis estadístico del contenido de polifenoles	93
Anexo 10. Ficha de cata hedónica estructurada	95
Anexo 11. Recuento microbiológico para el jugo de granada	96

RESUMEN

La presente investigación evaluó la influencia de la inclusión de cáscara y pasteurización en la elaboración de un jugo de granada (*Punica granatum*) variedad wonderful. Se utilizó el diseño factorial 2x3 con 2 réplicas y 12 tratamientos. La extracción de los frutos con presencia y ausencia de cáscara resultaron en jugos que luego fueron pasteurizados. Aplicando la metodología de superficie de respuesta se determinó que la influencia de la concentración de la cáscara y temperatura de pasteurizado sobre la aceptabilidad de las características sensoriales color, olor, sabor y apariencia resultaron significativas (p valor $<0,05$). La influencia de la concentración de la cáscara y temperatura de pasteurizado sobre los sólidos solubles y pH fueron significativos (p valor $<0,05$), pero no sobre la acidez y concentración de polifenoles. Las mejores condiciones de extracción del jugo de granada son con 100 % de cáscara (inclusión) y pasteurizado a 80°C, que reportan un jugo con aceptabilidad de 6,8 en color; 7,39 en olor; 7,47 en sabor y 7,32 en apariencia, categorizándolo entre “me gusta moderadamente” y me “gusta mucho”, además resultó con 14°Brix, 0,07 % de acidez, 3,2 de pH y concentración de polifenoles de 1953,3 ug/ml; con un rendimiento en jugo del 36 %.

Palabras clave: cáscara, influencia, polifenoles.

ABSTRACT

The present investigation evaluated the influence of the inclusion of peel and pasteurization in the elaboration of a pomegranate juice (*Punica granatum*) wonderful variety. The 2x3 factorial design was used with 2 replications and 12 treatments. The extraction of the fruits with presence and absence of peel resulted in juices that were then pasteurized. Applying the response surface methodology, it was determined that the influence of the shell concentration and pasteurized temperature on the acceptability of the sensory characteristics of color, odor, taste and appearance were significant (p value $<0,05$). The influence of the shell concentration and pasteurized temperature on the soluble solids and pH were significant (p value <0.05), but not on the acidity and concentration of polyphenols. The best extraction conditions for pomegranate juice are 100 % shell (inclusion) and pasteurized at 80°C, which report a juice with acceptability of 6,8 in color; 7,39 in odor; 7,47 in flavor and 7,32 in appearance, categorizing it between "I like it moderately" and "I like it a lot", it also resulted with 14°Brix, 0,07 % acidity, 3,2 pH and polyphenol concentration of 1953, 3 ug / ml; with a juice yield of 36 %.

Keywords: husk, influence, polyphenols.

INTRODUCCIÓN

En la última década, el fruto de la granada revivió como una de las frutas más beneficiosas. En diferentes bibliografías se menciona mucho los beneficios del jugo de la granada y describen cual es la realidad del mundo respecto a la granada como alimento, mencionando que es bastante desconocido para el consumidor, pero que presenta una elevada concentración de polifenoles con demostrada actividad antioxidante y unas buenas características nutricionales, siendo además un fruto atractivo por su bajo aporte calórico; algo que no se ha estudiado a nivel nacional ni local; tampoco se ha evaluado parámetros adecuados para la obtención de un producto derivado a base de granada en este caso el jugo con la adición de la cáscara, con el fin principal de obtener un producto con alto contenido de antioxidantes y revalorar esta fruta. Dentro de la región de Tacna no se difundía el consumo de esta fruta sobre todo la variedad wonderful.

Hoy en día, la industria alimentaria dirige sus investigaciones al desarrollo de tecnologías y a la mejora de los procesos de conservación considerando cualidades o características no solo sensoriales sino también aquellas que ofrezcan beneficios a la salud como son los polifenoles.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Investigaciones realizadas en la granada han encontrado relación entre un alto contenido de polifenoles y su alta actividad antioxidante. Los extractos crudos de frutas, hierbas, verduras, cereales y otros materiales vegetales ricos en fenoles, han generado interés en la industria de los alimentos pues retardan la degradación oxidativa de los lípidos en la ingesta por parte de los consumidores. La tendencia es preparar alimentos con valores específicos para la salud (García & Pérez, 2004).

Asimismo, se estima que su producción ha superado los 2,6 millones de toneladas a nivel mundial siendo una de las importantes variedades wonderful y acco. A nivel nacional la producción del 2014 fue 9 418 toneladas y teniendo como producción en el departamento de Arequipa 69 hectáreas de granada variedad wonderful siendo la más adecuada para la exportación. Además desde 2015, en el distrito de Ite del departamento de Tacna, se cultiva la granada de variedad wonderful, fruto conocido por sus propiedades anticancerígenas, según investigaciones.

La granada, se consume generalmente en fresco. Sin embargo, existe una gran parte de la cosecha que no posee suficiente calidad visual como para ser destinada al consumo en fresco, ya que su aceptación por parte del consumidor sería muy baja. Sin embargo, la calidad de la parte comestible o arilos es similar que la de aquellos ejemplares con buena aceptación para el consumo en fresco. Para esta porción de la cosecha que no es aprovechable para el consumo en fresco, es necesario buscar una alternativa comercial en forma de uso industrial. El efecto de consumir productos y subproductos (suplementos alimenticios de extractos de zumo de granada y cáscara de granada) fue reportado por Bialonska et al. (2009), menciona que los compuestos presentes tales como elagitaninos principalmente punicalagina y punicalina tienen un efecto benéfico en el intestino, la suplementación con un producto comercial POMx incrementó significativamente el crecimiento de *Bifidobacterium breve* y *B. infantis*.

Por tanto, con este trabajo se pretende determinar los parámetros de elaboración de un jugo de granada de variedad wonderful, y así ser una alternativa para evitar la pérdida de frutos cosechados y lograr un mayor precio de un producto con valor agregado.

1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cómo influirá la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un jugo de granada (*Punica granatum*) variedad wonderful de Ite –Tacna?

Problemas específicos

- ¿Cómo influirá la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales del jugo de granada?
- ¿Cómo influirá la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características fisicoquímicas del jugo de granada?

1.3 Delimitación de la investigación

La investigación está enfocada en el área de industrias alimentarias bebidas nutracéuticas a partir del fruto de la granada variedad wonderful procedente de Ite, Tacna campaña 2016-2017; este proceso de investigación se desarrolló en los laboratorios de tecnología y análisis de alimentos de la ESIA – FCAG – UNJBG.

1.4 Justificación

La Universidad Miguel Hernández estableció que el 70 % de los antioxidantes de la granada se encuentra en la corteza y semillas, y tienen una capacidad antioxidante 10 veces mayor que la de la parte comestible de la fruta. Por esta razón, los productos están enriquecidos con extractos de cáscara que tienen un alto contenido de punicalagina y de semillas con un alto contenido de omega 5. Otra investigación realizada en la Universidad de Chapman, en Estados Unidos mostró su eficacia en algunos cánceres de páncreas. Al parecer los polifenoles, el ácido elágico y las punicalaginas impiden la expansión celular. Estudios del National Institute of Health, USA, también muestran su eficacia y constatado que el jugo de granada disminuye la cantidad de radicales libres del organismo, y aumenta la capacidad antioxidante en personas de edad.

Considerando que en el 2015 la Municipalidad Distrital de Ite ha instalado una parcela demostrativa de una hectárea de granada variedad wonderful, con el fin de que sus pobladores que son agricultores, se interesen en cultivar este fruto que está alcanzando altos precios de comercialización a nivel internacional. La tendencia está dirigida a la investigación a darle valor agregado al fruto obteniendo un jugo que tenga valor nutricional y antioxidante.

1.5 Limitaciones

- La estacionalidad en la época de cosecha del fruto de granada para el inicio y desarrollo de investigación.
- Análisis muy especializados de cromatografía líquida (HPLC) de los principales componentes a estudiar.
- Poca información estadística a nivel nacional de producción de la granada y sus derivados.

1.6 Objetivos

Objetivo general

Determinar la influencia de la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un jugo de granada (*Punica granatum*) variedad wonderful de Ite –Tacna.

Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales del jugo de granada.
- Determinar influencia de la inclusión de cáscara y pasteurización sobre las características fisicoquímicas del jugo de granada.

CAPÍTULO II.

HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Hipótesis general y específicas

Hipótesis general

La inclusión de cáscara y la pasteurización influirán sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un jugo de granada (*Punica granatum*) variedad wonderful de Ite –Tacna.

Hipótesis específicas

- La inclusión de cáscara y la pasteurización influirán sobre las características sensoriales del jugo de granada.

- La inclusión de cáscara y la pasteurización influirán sobre las características fisicoquímicas del jugo de granada.

2.2 Diagrama de variables

La Figura 1 muestra la relación de las variables independientes con las variables dependientes en el estudio de la elaboración del jugo de granada y su relación causa - efecto.

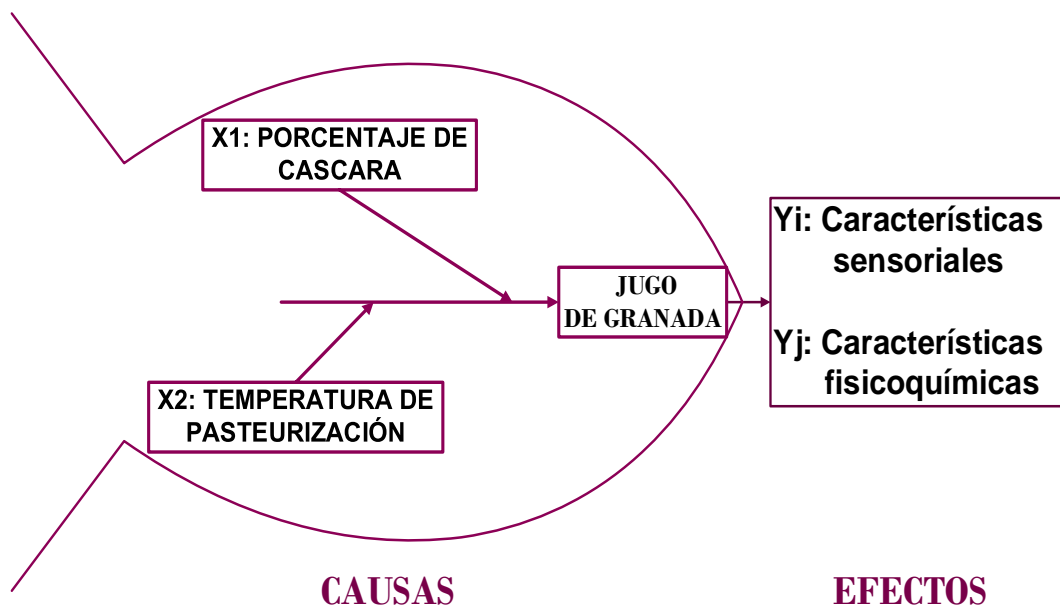


Figura 1. Diagrama de variables en el proceso de elaboración del jugo de granada

Fuente: Elaboración propia (2017)

2.3 Indicadores de las variables

a) Variables independientes

- Inclusión de cáscara = Porcentaje de cáscara.
- Pasteurización = Temperatura.

b) Variables dependientes

- Características sensoriales = Color, olor sabor y apariencia
- Características fisicoquímicas = sólidos solubles, acidez, pH y polifenoles solubles.

2.4 Operacionalización de las variables

La Tabla 1 la operacionalización de las variables en estudio, así como los instrumentos utilizados para la medición de los mismos.

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes y dependientes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
V.I (X)				
Inclusión de cáscara y temperatura	Son las condiciones de elaboración del producto.	Son las características de las partes que formaran el jugo de granada, a través de un proceso de optimización.	Cáscara	X1: Cáscara 0 y 100 %
			Pasteurización	X2: Temperatura 80, 85 y 90 °C
V.D (Y)				
Características sensoriales y fisicoquímicas.	Conjunto de elementos que permiten caracterizarlo y valorarlo respecto a otros productos.	Son las cualidades químicas y sensoriales al momento de elegir las mejores condiciones para elaborar un jugo de granada con un alto contenido de polifenoles	Características sensoriales:	Y1: Color
				Y2: Olor
				Y3: Sabor
				Y4: Apariencia
			Características fisicoquímicas	Y5: Sólidos solubles
				Y6: Acidez
				Y7: pH
				Y8: Polifenoles

Fuente: elaboración propia (2016)

CAPÍTULO III.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Conceptos generales y definiciones

- Cáscara de granada: La cáscara de granada no tiene un aprovechamiento de valor agregado, se emplea solo como remedio tradicional usando la cáscara seca, sin embargo, parte de los beneficios que se le atribuyen, dados por su gran concentración en antioxidantes naturales; siendo los polifenoles uno de los grupos más estudiados en la actualidad (Andreu-Sevilla et al., 2008).

- Jugo de fruta: Líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras. Algunos jugos podrán elaborarse junto con sus pepitas, semillas y pieles, que no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación (Norma Técnica Peruana NTP 203.110 2009. Jugos, néctares y bebidas de fruta).

- Jugo de fruta exprimido: Jugo obtenido directamente por procedimiento de extracción mecánica (Norma Técnica Peruana NTP 203.110 2009. Jugos, néctares y bebidas de fruta).

- Jugo: Jugo de fruta se entiende el líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por tratamientos de superficie aplicados después de la cosecha de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Comisión del Codex Alimentarius. Algunos jugos podrán elaborarse junto con sus pepitas, semillas y pieles, que normalmente no se incorporan al jugo, aunque serán aceptables algunas partes o componentes de pepitas, semillas y pieles que no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación (BPF). Los jugos se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los jugos de la fruta de que proceden. Podrán ser turbios o claros y podrán contener componentes restablecidos de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta (Norma General del Codex para jugos (jugos) y néctares de frutas (Codex Stan 247-2005)).

- Alimentos nutraceuticos: Sustancias químicas o biológicas activas que pueden encontrarse como componentes naturales de los alimentos o adicionarse a los mismos. Se presenta en una matriz no alimenticia (píldoras, cápsulas, polvo, etc.), y que administrada en dosis superior a la existente en esos alimentos, presume un efecto favorable sobre la salud, mayor al que posee el alimento normal. Por ende, los productos nutracéuticos tienen la capacidad de fortalecer las condiciones saludables, sirviendo como auxiliar en el cuidado y mantenimiento de la salud, así como en la prevención de enfermedades y en la mejora de las funciones fisiológicas del organismo (Sloan, 1966).
- Alimentos funcionales: En Estados Unidos, el Dr. Herbert Pierson, Director del Programa de Alimentos Diseñados del Instituto Nacional del Cáncer, utilizó en 1989 el término alimentos diseñados para este tipo de alimentos. Pierson lo describió, como alimentos que contienen naturalmente o que son enriquecidos con componentes químicos, biológicamente activos, pero no nutritivos provenientes de plantas (fitoquímicos) y efectivos en la reducción de los riesgos al cáncer (Perez, 2006).

3.2 Enfoques teóricos técnicos

3.2.1 La granada

El granado es un arbusto caducifolio que puede alcanzar de 5 a 8 m de altura. Las hojas son opuestas o sub-opuestas, brillantes, oblongas estrechas, enteras, de 3 a 7 cm de longitud y 2 cm de anchura. Las flores son de un color rojo brillante, de 3 cm de diámetro, con cinco pétalos (normalmente más en las plantas cultivadas). El fruto (Figura 2), denominado en botánica balausta es una baya globular con una corteza coriácea, tiene un tamaño parecido al de una naranja grande; el interior esta subdividido en varios lóbulos que contienen numerosas semillas prismáticas revestidas con una cubierta, llamada sarcotesta, de pulpa roja anaranjada, carnosa y jugosa, comestible ligeramente dulce, ácida y separados por telillas membranosas. Su fruto se abre espontáneamente al llegar la madurez por fisuras que dejan al descubierto el contenido de cada lóculo. La cáscara astringente se usa en medicina y curtiduría, la corteza de la raíz sirve para eliminar parásitos intestinales, y con el jugo se obtiene un jarabe, la granadina, apreciada por su sabor, e indicada en las afecciones de garganta. Tiene como área de distribución la misma que el naranjo y el olivo, crece muy bien en zonas semiáridas (López, López, y Palou, 2010)

La clasificación taxonomía es la siguiente:

- Nombre Científico: *Punica granatum* L.
- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Myrtales
- Familia: Lythraceae
- Género: Punica
- Especie: *Punica granatum*

Fuente: granada (*Punica granatum*), (2017)



Figura 2. Granada variedad Wonderful
Fuente: www.creatorspalette.com

Según Sánchez (2009) las características de la granada son:

- Origen: Desde los Balcanes hasta el Himalaya.
- Planta: Pequeño árbol caducifolio, a veces con porte arbustivo, de 3 a 6 m de altura, con el tronco retorcido. Madera dura y corteza escamosa de color grisáceo. Algunas ramas a veces espinosas. Ramillas angulosas. Copa extendida y con mucho ramaje.
- Sistema radicular: Raíz nudosa consistente, con corteza rojiza, que lleva un alcaloide, llamado peletierina o punicina, de propiedades vermífugas.
- Hojas: Simples, opuestas, generalmente fasciculadas, cortamente pecioladas, oblongas u oval-lanceoladas, de 3-8 cm de longitud, algo coriáceas y de color verde lustroso.
- Flores: Solitarias o reunidas en grupos de 2-5 al final de las ramas nuevas. Son grandes y de color rojo, lustrosas, acampanadas, subsentadas, con 5-8 pétalos y sépalos, persistiendo el cáliz en el fruto. En algunas variedades las flores son abigarradas e incluso matizadas en blanco. Florece en mayo-julio, aunque algunas variedades lo hacen más tarde.
- Fruto: En baya denominado balausta. Es globoso, de 10-15 cm de diámetro, con la piel correosa de amarillenta a rojiza y con numerosas semillas envueltas en una pulpa comestible rosada.

3.2.2 Variedades de granada

De acuerdo a Sánchez et al. (2011), dada la antigüedad del cultivo el número de variedades reportadas es muy grande, así como los nombres que presentan y la existencia de sinonimia entre ellos. A groso modo, las variedades se clasifican según el contenido de ácido cítrico que poseen en el jugo en:

- Dulces, con contenido de ácido cítrico < a 0,9 % utilizadas principalmente para consumo en fresco, con tonalidades del pericarpio de colores variables desde blancos al rojo purpúreo.
- Agridulces, con contenido de ácido cítrico entre 1 y 2 %, utilizados para la producción de bebidas refrescantes del tipo granadina.
- Ácidas, con contenido de ácido cítrico mayor a 2 %, empleadas en la agroindustria para la extracción de ácido cítrico. En general, los cultivares ácidos son de piel roja, mientras que los cultivares dulces son más rosados o verdosos. El color de los frutos está dado por pigmentos del tipo de los antocianos.

Variedad wonderful: Se trata de una fruta más grande de lo normal, con un sabor más agradable. Roja su carne, jugosa con un sabor agudo. Crece bien en el suelo alcalino que mataría a la mayoría de las plantas. Crece hasta cerca de 6 m de alto. En general, las semillas son duras, los arilos poseen poco color y las láminas son gruesas. Los frutos son sensibles al

golpe de sol, de sabor agridulce y cáscara roja. Los rendimientos se ubican en torno a las 15 a 18 Ton por hectárea (Quiroz, 2009).

3.2.2.1 Composición química

La granada posee numerosos compuestos químicos de alto valor biológico en sus diferentes partes: corteza, membranas carpelares, arilos y semillas (Figura 3). El producto más importante derivado de la granada es el jugo, sin duda el producto más estudiado con multitud de referencias en la literatura científica tanto española como internacional (López et al., 2010).

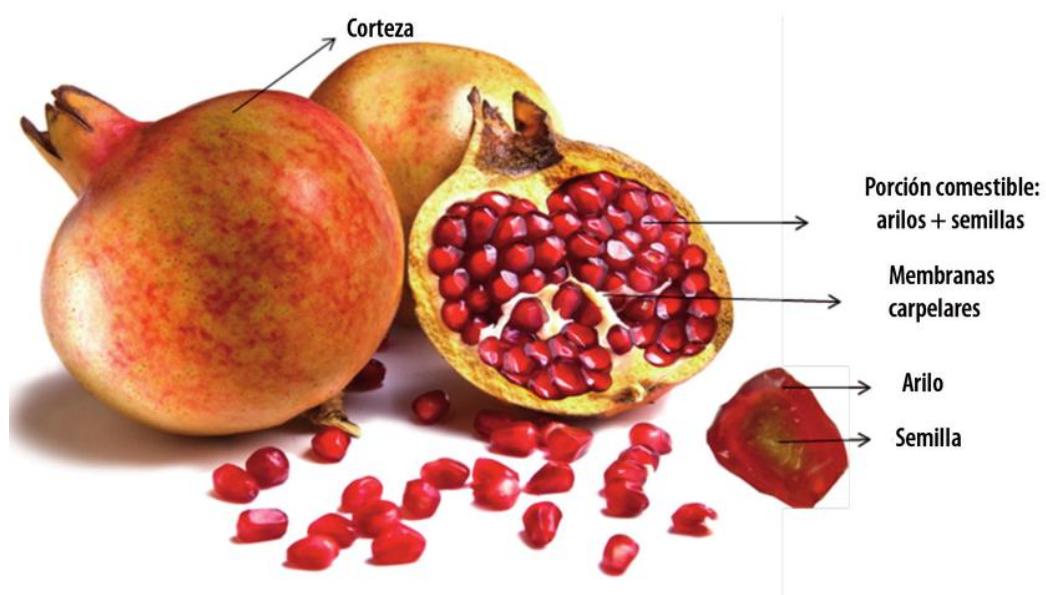


Figura 3. La granada y sus diferentes partes.
Fuente: Calín y Carbonell (2011)

Su composición química varía en función de la variedad, zona de cultivo, el clima, la madurez, el cultivo, la práctica, y las condiciones de almacenamiento. Existen estudios donde se muestran variaciones significativas en el contenido de los ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, azúcares solubles, vitaminas y minerales de granadas dependiendo de las condiciones de cultivo (Tezcan et al., 2009). La granada se divide en cuatro partes: la cáscara, las membranas carpelares, las semillas y los arilos. Generalmente contiene 8 carpelos en los que se encuentran los arilos (porción comestible), representado éstas un porcentaje comprendido entre el 40 % y el 75 %, dependiendo de las variedades; las membranas carpelares y la corteza representan el 25-60 % del peso del fruto, siendo una fuente de compuestos bioactivos tales como los compuestos fenólicos. flavonoides, elagitaninos y proantocianidinas (Li et al., 2006), además de minerales como sodio, potasio, nitrógeno, calcio, fósforo y magnesio. La porción leñosa de los arilos (semillas) varía entre el 5 % y el 15 %. El fruto completo posee aproximadamente un 80 % de agua. Los arilos contienen 85 % de agua, 10 % de azúcares totales, principalmente fructosa y glucosa, y el 1,5 % de pectina, ácidos orgánicos, como ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido málico, y compuestos bioactivos como compuestos fenólicos y flavonoides, principalmente antocianos. Las semillas son fuente de lípidos entre el 12-20 % del peso total de la semilla.

Tabla 2. Composición nutricional de la parte comestible de la granada variedad wonderful

Nombre	Valor	Unidades
Agua	77,93	g
Energía	83,0	kcal
Proteína	1,67	g
Lípidos totales (grasa)	1,17	g
Cenizas	0,53	g
Carbohidratos (por diferencia)	18,7	g
Fibra dietaria total	4,0	g
Azúcares totales	13,67	g
Calcio	10,0	mg
Hierro	0,3	mg
Magnesio	12,0	mg
Fósforo	36,0	mg
Potasio	236,0	mg
Sodio	3,0	mg
Zinc	0,35	mg
Cobre	0,158	mg
Manganeso	0,119	mg
Selenio	0,5	µg
Vitamina C, ácido ascórbico total	10,2	mg
Tiamina	0,067	mg
Riboflavina	0,053	mg
Niacina	0,293	mg
Ácido pantoténico	0,377	mg
Vitamina B-6	0,075	mg
Folato total	38,0	µg
Colina total	7,6	mg
Vitamina E, alfa-tocoferol	0,6	mg
Vitamina K	16,4	µg
Ácidos grasos saturados	0,120	g
Ácidos grasos monoinsaturados	0,093	g
Ácidos grasos polisaturados	0,079	g

Fuente: USDA (2007)

3.2.2.2 Usos de la granada

La granada puede consumirse fresca, o emplearse en la elaboración de jugos (Figura 4), pero teniendo cuidado en no presionar demasiado las semillas, para evitar un sabor desagradable. La granada es un acompañamiento para algunos postres, como el yogur, o como complemento de las ensaladas, aportando color y nutrientes. También se pueden desecar y utilizar como especia en la condimentación de diversos platos. Un derivado de la granada es la denominada granadina, jarabe obtenido a partir de su jugo, muy apreciado en coctelería y repostería, principalmente en el sur de Europa. La granadina diluida en agua se toma como refresco (López et al., 2010).



Figura 4. Extracción mecánica del jugo de granada
Fuente: Sandoval (2015)

3.2.3 El color de los alimentos “rojos”

El color es una cualidad organoléptica de los alimentos (Teixeira, 2007). A parte de ser un fenómeno psíquico o psicológico, es el resultado de la evaluación de la energía radiante (magnitud física) en términos de una correlación visual (psicológica) y está basada en las propiedades del ojo humano (fisiológicas).

Según Bello (2008) el color es la propiedad que se aprecia por el sentido de la vista, cuando le estimula la luz reflejada por el alimento que contiene sustancias con grupos cromóforos, capaces de absorber parte de las radiaciones luminosas dentro de una determinada longitud de onda. En el caso de un jugo natural sin aditivos ni colorantes, el color está dado por la radiación luminosa que refleja, la cual es en función de las moléculas de ciertos grupos funcionales orgánicos que integran sus estructuras químicas. El color es un factor determinante de la calidad en la industria alimentaria. La calidad de un alimento con propiedades curativas se ha convertido en un problema importante de abordar, ya que no sólo debe considerar la inocuidad alimentaria, sino también la perduración de las propiedades benéficas para la salud. Por lo tanto, uno de los parámetros a evaluar es la degradación de los pigmentos (Burdurlu *et al.* 2006) que a la vez se relaciona con la capacidad antioxidante y la variabilidad del color.

3.2.4 Los polifenoles

Los polifenoles son producto del metabolismo secundario de las plantas. Químicamente son compuestos que tienen al menos un anillo aromático al que está unidos uno o más grupos hidroxilo. Los compuestos fenólicos se encuentran en una gran variedad de plantas comestibles, frutos, hortalizas, bebidas como té, café, cerveza y vino tinto, en el aceite de oliva, en cereales y en algunas semillas como las de leguminosas. Los frutos contienen concentraciones relativamente altas de derivados de quercetina, kaempferol, hesperetina, etc. y ácidos fenólicos entre ellos los derivados cinámicos. Hortalizas como el tomate, cebolla, ajos, pimientos, etc. contienen sobre todo altas concentraciones de derivados de quercetina y de miricetina (Collado, 2011).

El aporte de polifenoles en la dieta puede estar entre 50 y 800 mg/día, dependiendo del consumo de productos que lo contienen. Un nivel importante de antioxidantes, se alcanza cuando el consumo es de unos 800 mg/día, que puede lograrse con una dieta rica en frutas y hortalizas. Existe una gran variedad de compuestos fenólicos (Figura 5), que se pueden clasificar en diferentes grupos atendiendo al número de anillos fenólicos que contienen (Collado, 2011).

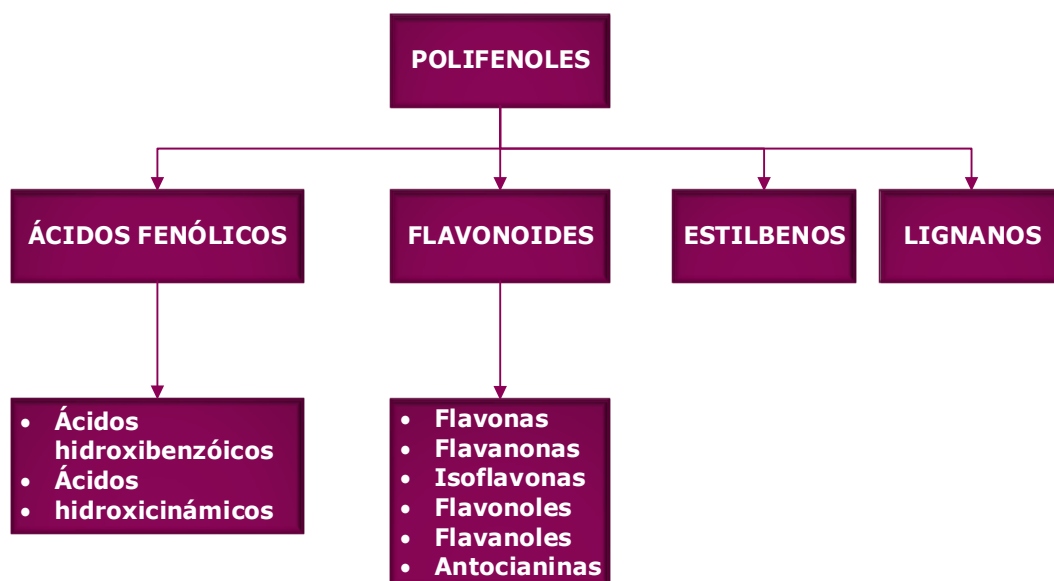


Figura 5. Esquema general de clasificación de los polifenoles
Fuente: Collado (2011)

Tabla 3. Características de los pigmentos naturales comúnmente encontrados

Grupo	#	Color	Fuente	Solubilidad	Estabilidad
Antocianinas	120	Azul, morado	Uvas	Polar	pH/termolabil
Flavonoides	600	Amarillo	Plantas	Polar	Poco en calor
Taninos	20	Amarillo	Vinos	Polar	Estable calor
Betalainas	70	Rojo	Cactus	Polar	Sensible calor
Quinonas	200	Amarillo-negro	Microorganismos	Polar	Estable calor
Santonas	20	Amarillo	Plantas	Polar	Estable calor
Carotenoides	300	Amarillo	Plan, anima	No polar	Estable calor
Clorofilas	25	Verde-café	Plan verde	Ambos	Sensible calor
Heme	6	Rojo-café	Animal	Polar	Sensible calor

Fuente: Fennema (1976).

3.2.5 Las bondades de la punicalagina

Los taninos son el grupo de polifenoles de alto peso molecular más característicos en la granada sobre todo en la piel, rica en taninos hidrolizables, principalmente la punicalagina que es el compuesto más importante de la granada debido a su contenido y a las propiedades funcionales que presenta. Por ello, existen determinados productos nutracéuticos a base de este compuesto como pueden ser cápsulas, ampollas y concentrados, entre otros. Aviram et al (2008) publicaron que los polifenoles de la cáscara de granada como punicalagina, punicalina, ácido gálico y ácido elágico tiene efecto beneficioso sobre los niveles de lípidos en suero y las propiedades aterogénicas de los macrófagos. Por otro lado, Lynn et al (2012) llevaron a cabo un ensayo aleatorio controlado con consumo de placebo o zumo de granada con sujetos sanos durante 6 semanas, resultando en una disminución significativa de la presión arterial en comparación con los grupos de control.

Los datos existentes de estudios en animales y en humanos apoyan la hipótesis de que la granada y especialmente su cáscara pueden tener efectos hipo-lipidémicos y antihipertensivos. Recientemente, Haghghian et al 2016 han investigado los efectos potenciales de las cáscara de granada en el ser humano (Carbonell & Cano, 2017).

El estudio consistió en treinta y ocho mujeres obesas ($30 < \text{índice de masa corporal (IMC)} > 35 \text{ kg/m}^2$) con dislipidemia. Se dividió en dos grupo, uno de ellos recibía 500 mg extracto de piel de granada al día ($n=19$) y el otro eran placebo ($n=19$) durante 8 semanas. Se midieron diferentes parámetros como colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos para conocer el perfil lipídico del suero y la presión arterial, entre otros. Los resultados fueron muy prometedores ya que se observó una disminución de colesterol total, LDL y triglicéridos y un aumento de HDL, respecto al placebo (Carbonell & Cano, 2017).

3.2.6 Cuantificación e identificación de los compuestos fenólicos

Las primeras técnicas desarrolladas para la cuantificación de compuestos fenólicos en materiales vegetales fueron las técnicas espectrofotométricas, que si bien tiene, no aportan la suficiente información para el completo análisis de la estructura absoluta y configuración de un compuesto fenólico, la cual se utiliza ampliamente tanto para la separación, identificación individualizada y cuantificación de compuestos fenólicos y que con la ayuda de la espectrometría de masas hace posible determinar diversos grupos estructurales presentes en los compuestos fenólicos (Martínez, 2005; Tsao y Deng, 2004).

Ensayo de Folin – Ciocalteu

Los métodos tradicionales para la determinación de fenoles totales se han basado en la medición directa de la absorción de la radiación ultravioleta, o más frecuentemente, mediante métodos colorimétricos como el uso del reactivo Folin-ciocalteu (Antolovich et al., 2000). Actualmente, el método de Folin-ciocalteu es el más utilizado para estimar el contenido total de compuestos fenólicos en extractos de plantas, alimentos y bebidas. Se basan en las propiedades óxido – reductoras de los compuestos fenólicos. Los polifenoles actúan como agentes reductores y donadores de hidrógeno o electrones (Stratil et al., 2007) y en esta técnica se utiliza un reactivo compuesto por una mezcla de los ácidos fosfowolfrámico y fosfomolibdico en medio básico (Na_2CO_3) el cual se reduce al oxidar los compuestos fenólicos presentes en la muestra analizada, originando compuestos azules de wolframio y molibdeno que son detectados a 755 nm (Naczki y Shahidi, 2004). El color obtenido en el ensayo dependerá en gran medida del potencial redox de los grupos fenólicos.

3.2.7 Efectos de la pasteurización en zumos

El color rojo característico de la granada así como de su zumo es un criterio de calidad importante, siendo los principales responsables del mismo los antocianos (colores rojo, naranja y azul), pigmentos solubles que

se localizan en vacuolas. El deterioro de los colores primarios en los zumos de frutas que contienen antocianos se produce como consecuencia de la degradación de antocianos monoméricos, la polimerización de antocianos y la subsiguiente formación de color marrón (Somers y Evans, 1986).

Los factores que afectan a la estabilidad de los antocianos incluyen la temperatura de procesado y almacenamiento, la naturaleza química de los antocianos (acilación o glucosilación), pH, ácido ascórbico, el peróxido de hidrógeno, azúcares, la luz y los metales. La magnitud y duración del tratamiento térmico ejercen una gran influencia sobre la estabilidad de los antocianos (Vegara, 2014). El zumo de granada es un producto con una alta concentración de polifenoles. Estos compuestos son altamente reactivos y buenos sustratos de enzimas como la polifenoloxidasas, peroxidasa, glicosidasa y esterasa. Las consecuencias del tratamiento térmico en los polifenoles difieren dependiendo de su concentración, estructura química, estado de oxidación, localización en las células, posibles interacciones con otros compuestos del zumo y el tipo de tratamiento térmico utilizado.

El calentamiento después del prensado de las granadas inhibe la enzima polifenoloxidasas (PPO) que causa la formación de color marrón por

oxidación de los polifenoles (Skrede et al., 2000). La PPO también degrada los antocianos monoméricos indirectamente mediante la formación de O-quinonas de polifenoles durante el pardeamiento enzimático que reacciona y degrada los antocianos monoméricos.

Además, los compuestos que contribuyen a la alta capacidad antioxidante de la granada se atribuyen al grupo de las punicalaginas, seguido de los taninos hidrolizables, antocianos y ácido elágico (Gil et al., 2000). Estos compuestos también pueden verse afectados por el tratamiento de pasteurización y almacenamiento, disminuyendo así la calidad del zumo de granada.

3.2.8 La evaluación sensorial de los alimentos

La valoración sensorial ha demostrado ser un instrumento de gran eficacia para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento. La evaluación sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos de las personas hacia ciertas características intrínsecas de un alimento como son su sabor, olor, color y textura (Stone y Sidel, 2004), que son los indicadores de aceptación o rechazo de un producto, por lo que el resultado de este complejo de sensaciones captadas e interpretadas son

usadas para medir la calidad de los mismos. La valoración sensorial es útil además para el control del proceso, tanto como adaptación del alimento a su perfil final, como para realizar modificaciones o correcciones; permitiendo obtener condiciones para conseguir datos que posteriormente serán tratados estadísticamente (Sancho et al, 2002).

3.2.9 Optimización en el diseño de alimentos

Es muy común que en el área de los alimentos se tenga que optimizar una respuesta global que dependerá de diversas respuestas parciales. Las funciones de decisión multicriterio 'Multicriteria Decisión Making' (Pavan y Todeschini, 2008) son una disciplina que se ocupa de las decisiones relativas a la elección de la mejor alternativa a partir de varios posibles criterios. Son un instrumento matemático que permite tener una estrategia para tomar decisiones a partir de una gran variedad de fuentes, ya que no requiere ninguna restricción fuerte en las estructuras de preferencia. En la industria alimentaria, han venido aplicándose con éxito metodologías experimentales para evaluar de manera consistente y económica la influencia de los factores y/o componentes de la mezcla en el producto final, varios autores presentan investigaciones con diversas metodologías experimentales en el estudio y optimización de productos alimenticios (Álvarez y Salamanca, 2007; Ketelaere *et al.*, 2011).

3.2.10 La metodología de superficie de respuesta (MSR)

La MSR es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en las que una variable de interés es influenciada por otras. El objetivo de utilizar esta herramienta estadística es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable de respuesta y determinar un modelo matemático que mejor se ajusta a los valores obtenidos (Avalos y Zapata, 2013).

La forma de la función f que determina la relación entre los factores y la variable de respuesta es en general, desconocida, por lo que el primer objetivo de la metodología de superficie de respuesta consiste en establecer experimentalmente una aproximación apropiada de la función f . Para ello, se propone un modelo de ecuación, generalmente polinómico, en los k factores X_1, X_2, \dots, X_k y se selecciona un conjunto de tratamientos sobre los que se realizan las observaciones experimentales, que se utilizarán tanto para obtener estimaciones de los coeficientes en el modelo propuesto como para obtener una estimación de la variación del error experimental (es necesario tener al menos 2 observaciones por cada tratamiento). Los polinomios usados más frecuentemente como funciones de aproximación son los órdenes uno y dos.

Modelos de primer orden: Cuando no se tiene suficiente información acerca de la forma que presenta la superficie de respuesta, el primer intento de ajuste se hace, generalmente, aproximando a través de un modelo de primer orden. La forma general de un modelo de primer orden con k factores, X_1, X_2, \dots, X_k , es como se muestra a continuación.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \varepsilon$$

- Y = Variable respuesta
- β_0, β_i = Coeficientes (Parámetros desconocidos)
- X_i = Variable independiente
- ε = Error aleatorio

3.3 Marco referencial

Los antecedentes a este tema investigación son referentes tanto a la materia prima como al producto final.

Encina et al., (2013) en el trabajo titulado “Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica” mencionan que el efecto tipo parábola de la temperatura de pasteurización y de la proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre la capacidad

antioxidante lipofílica fueron estadísticamente significativos (valor p menor de 0,05) para ambos casos. La maximización de la capacidad antioxidante lipofílica aplicando la metodología de Superficie de Respuesta fue para el factor mezclas binarias de mango: carambola de la proporción de 51:49; y para el factor temperatura de pasteurización, el valor de 91 °C, obteniéndose un valor de 0,333 $\mu\text{moleqTrolox/g}$.

Rodríguez et al.,(2013) en el trabajo titulado “Desarrollo de un proceso tecnológico a escala de laboratorio para la extracción de polifenoles totales del fruto de la *Punica granatum* L.” hace mención de que algunos fitocomponentes presentes en la fruta muestran una fuerte actividad antioxidante. Esta fruta por todas las propiedades beneficiosa ha sido punto de investigación con el fin de poder extraer los polifenoles totales de la fruta, para desarrollarlo a nivel de laboratorio.

Villareal et al. (2013); en el trabajo titulado “Efecto de pasteurización sobre características sensoriales y contenido de vitamina c en jugos de frutas”. evaluó el efecto de distintos tratamientos de pasteurización sobre las características sensoriales y el contenido de vitamina C de cuatro jugos de fruta: mora de castilla (MC), mango costeño (MAC), naranja Valencia (NV) y tomate de árbol tamarillo (TA). Los resultados mostraron que el

proceso de pasteurización adecuado, definido como aquel que mostrara ausencia de actividad de peroxidasa (POD) medida cualitativamente para cada jugo fue 80°C por 120 segundos (MC), 80°C por 90 segundos (MAC), 75°C por 90 segundos (NV) y 80°C por 90 segundos (TA); el efecto sobre el color, olor y sabor de los jugos se evaluó mediante análisis sensorial por un panel entrenado y reveló que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) tanto antes y después del tratamiento. Las pérdidas de vitamina C por pasteurización, se cuantificaron con el método de Mohr encontrándose valores de 84,67 % (MC), 89,82 % (MAC), 99,43 % (NV) y 87,72 % (TA). El tratamiento prolongó la vida útil de los jugos de 10 a 12 días a temperatura de refrigeración, sin cambios apreciables en sus características sensoriales.

Vegara (2014) evaluó la utilización de distintas técnicas para la obtención y estabilidad del zumo de granada de la variedad Mollar de Elche. Extrayendo el zumo de granada mediante la utilización de distinta maquinaria (prensas, licuadoras...), observando la influencia en la composición del zumo obtenido en presencia o no de corteza. Realizó ensayos de laboratorio a distintos tiempos y temperaturas y de esta forma realizar la selección de dos tratamientos (65 °C 30 s y 90 °C 5 s) para llevar a cabo estudios a escala piloto. Se concluyó que temperaturas bajas de

pasteurización producen una menor pérdida y degradación del color y compuestos bioactivos. Destaca que la utilización conjunta de varias técnicas desarrolladas en este trabajo puede permitir la obtención de un zumo de granada atractivo para el consumidor y estable en el tiempo.

Utilizando los modelos cinéticos de orden cero, primer y segundo orden, Sandoval (2015) determinó la degradación de antocianinas en los dos zumos de arándano y granada, evaluados y en las cuatro temperaturas ensayadas siguió una cinética de primer orden con una alta correlación, para el zumo pasteurizado de arándano ($R^2 = 0,990; 0,982; 0,988$ y $0,984$) y para el zumo pasteurizado de granada ($R^2 = 0,993; 0,991; 0,988$ y $0,976$). Concluyo que a la temperatura de almacenamiento más baja (30°C) las constantes de velocidad de degradación de las antocianinas en los dos zumos fue menor, a partir de estas constantes se obtuvo tiempos de vida media ($t_{1/2}$) de 321 y 406 horas para el zumo de arándano y zumo de granada respectivamente; de esta manera se observó que las antocianinas presentes en el zumo de granada son mucho más estables respecto a las antocianinas presentes en el zumo de arándano. Se determinó la cinética de degradación de antocianinas en zumos pasteurizados de granada y arándano a las temperaturas de 30, 40, 50 y 60°C .

CAPÍTULO IV.
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental.

El diseño empleado fue la factorial 2 x 3 con una combinación de 6 tratamientos y 2 repeticiones contabilizando 12 unidades experimentales (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de diseño para investigar el efecto de la cáscara y pasteurización en la elaboración de jugo de granada

Tratamientos	X1: Porcentaje de cáscara (%)	X2: Temperatura de pasteurización (°C)
1	100	80
2	100	85
3	100	90
4	0	80
5	0	85
6	0	90
7 (r)	100	80
8 (r)	100	85
9 (r)	100	90
10 (r)	0	80
11 (r)	0	85
12 (r)	0	90

Fuente: elaboración propia (2017)

4.2 Población y muestra

- Población: Las unidades de estudio de las cuales se obtendrán los datos fueron los jugos de granada, estos jugos no existen sino hasta después de aplicar el diseño de investigación. Condiciones de extracción que fueron diseñadas para el propósito de la investigación, por tanto no existe la población de jugos de granada, sino simplemente los frutos de granada cosechadas de la parcela experimental del distrito de Ite, pero que no son el objeto de estudio.
- Muestras: Consisten en los tratamientos (jugos de granada) previamente establecidos según el diseño factorial 2x3, que en un número de 6 tratamientos o muestras a 2 réplicas hacen un total de 12 experimentos ejecutados.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1 Materiales y equipos para análisis

- • Para determinar porcentaje de humedad.
 - Estufa Memmert
 - Modelo: UN 55, Alemania.
 - Rango de temperatura: min. 5 ° C por encima del ambiente hasta +300 °C.
 - Capacidad: 55 Litros.

- Para determinar los sólidos totales.
 - Refractómetro Portátil
 - Modelo: HI 96801, USA.
 - Rango de 0-85 % Brix.
 - Espectrofotómetro UV/VIS.
- Para determinar la absorbancia de UV.
 - Modelo: 6405 marca JENWAY, UK.
 - Rango: 760 nm.
- Para determinar la temperatura adecuada de pasteurizado.
 - Termómetro digital
 - Marca: ATM, Hong Kong.
 - Modelo: Tipo T de bolsillo.
 - Rango: 50-300°C.
- Para determinar la acidez.
 - Matraz aforado de 100 ml made in Germany.
 - Bureta volumétrica de 20 ml made in Germany.

4.3.2 Método procedimental

Se tuvo en cuenta el flujograma indicado en la Figura 6.

a. Recepción Se recibieron las granadas variedad wonderful.

- b. Pesado:** Se cuantificó la materia prima que entra al proceso para determinar el rendimiento que puede obtenerse de la fruta.
- c. Selección:** Se eliminaron frutos dañados o con descomposición. Se seleccionaron las sana y maduras.
- d. Lavado:** Las granadas se sometieron a una ducha de agua a presión, para la eliminación la suciedad que el material trae consigo.
- e. Desinfección:** Para que la desinfección sea mejor se sumergieron en un tanque con agua clorada al 50 ppm por 5 minutos.
- f. Cortado:** Se cortó la parte del cáliz para poder partirla en 4 partes de esa forma facilitar el prensado.
- g. Prensado:** Se utilizó una prensa manual para obtener el jugo de las granadas ya sea que estén sin o con corteza (cáscara).
- h. Filtrado:** mediante la ayuda de un colador se filtró los restos de cáscara y tejido vegetal.
- i. Pasteurizado:** Se aplicó el tratamiento térmico a temperaturas establecidas en el diseño experimental con tiempo fijo de 3 minutos.
- j. Envasado:** Se realizó en caliente, para poder mantener las buenas prácticas de manufactura.
- k. Análisis:** corresponden a los análisis tanto fisicoquímicos como sensoriales, datos que finalmente se procesaron estadísticamente para su evaluación respectiva

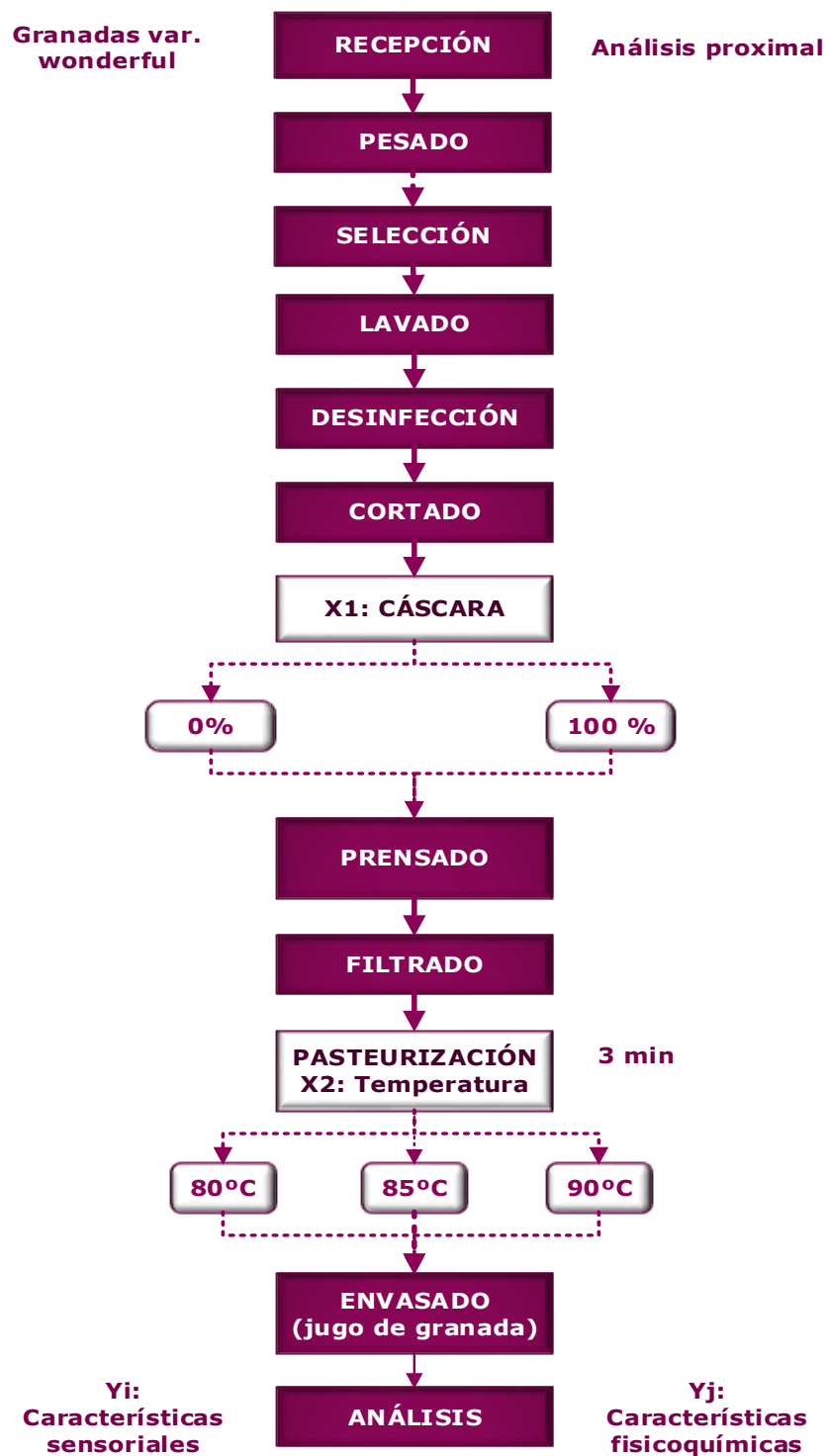


Figura 6. Diseño de investigación experimental
Fuente: Elaboración propia (2017)

CAPÍTULO V. TRATAMIENTO DE RESULTADOS

5.1 Técnicas aplicadas en la recolección de la información

Los datos fueron directamente recopilados de los análisis que se realizaron a las unidades de estudio y que a continuación se detallan:

- Determinación de humedad: método desecación por estufa AOAC.
- Análisis de contenido de sólidos solubles AOAC, 1990 (Figura 7).



Figura 7. Medición de los sólidos solubles
Fuente: elaboración propia (2017)

- Acidez: NTP 203.070.1977. (Revisada el 2012). Productos elaborados a partir de frutas y otros vegetales. Determinación de la acidez.
- pH: AOAC 981.12. c42. 18 th Ed. 2005. pH of acidified foods (Figura 8).



Figura 8. Medición de pH
Fuente: elaboración propia (2017)

- Evaluación sensorial: prueba hedónica estructurada con panelistas semientrenados como son los egresados de la ESIA (Figura 9).



Figura 9. Medición de la aceptabilidad sensorial
Fuente: elaboración propia (2017)

- Determinación de fenoles totales método de espectrofotométrico desarrollado por Folin y Ciocalteu (Figura 10).



Figura 10. Medición de los polifenoles
Fuente: elaboración propia (2017)

- Recuento de levaduras: ICMSF 2000). Método de recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.
- Para el análisis de los factores en estudio se aplicó la metodología de superficie de respuesta que mediante el análisis de varianza a un nivel de significación de 0,05 se evaluó la significancia de los modelos de primer orden, para finalmente aplicar la optimización multivariantes ajustando a una función de respuesta (Función deseada) para hallar el óptimo.

5.2 Instrumentos de medición

Para la medición de las variables, se usará instrumentos de medición físicos y lógicos, e instrumental de precisión convenientemente calibrados y se describen a continuación:

- **Estufa Memmert** Para determinar la humedad.
 - Modelo: UN 55
 - Rango de temperatura: min. 5 ° C hasta + 300 ° C.
 - Capacidad: 55 Litros.
- **Refractómetro Portátil** Para determinar los sólidos totales.
 - Modelo: HI 96801
 - Rango de 0-85 % Brix.
- **Espectrofotómetro UV/VIS** Para determinar la absorbancia de UV.
 - Modelo: 6405 marca JENWAY.
 - Rango: 760 nm.
- **Termómetro digital** Para establecer las temperaturas de pasteurizado.
 - Marca: ATM.
 - Modelo: Tipo T de bolsillo.
 - Rango: 50-300°C.

5.3 Resultados

5.3.1 Análisis químico del jugo de granada

La tabla 5 muestra el análisis del jugo de granada fresco previo al proceso de pasteurización obtenido sin la presencia de la corteza durante el prensado en frío.

Tabla 5. Análisis fisicoquímico del jugo de granada de la variedad wonderful

Ensayo	Resultado	Unidad
Humedad	74,32	g/100 g
Proteína	0,48	g/100 g
Grasa	0,11	g/100 g
Ceniza	0,72	g/100 g
Fibra cruda	0,53	g/100 g
Carbohidratos	24,37	g/100 g

Fuente: elaboración propia (2017)

Destaca el importante contenido de carbohidratos y dentro de ellos los sólidos solubles, dejando un margen que se puede atribuir a gomas y/o dextrinas presentes en el jugo que le dan esa particular viscosidad al jugo de granada.

5.3.2 Características sensoriales del jugo

Se desarrollaron 12 tratamientos y se evaluaron sensorialmente, aplicando la prueba hedónica estructurada de 9 puntos con panelistas semi-entrenados y los resultados promedio del análisis sensorial efectuado se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados del análisis de las características sensoriales del jugo de granada a través de las pruebas de aceptabilidad hedónica

Tratamientos	X1:	X2:	Y1:	Y2:	Y3:	Y4:
	Cáscara (%)	Temperatura (°C)	Color	Olor	Sabor	Apariencia
1	100	80	7,0	7,4	8,33	7,53
2	100	85	6,2	6,67	5,93	7,2
3	100	90	7,87	5,33	5,33	7,93
4	0	80	6,93	6,6	7,6	7,2
5	0	85	6,29	5,93	6,67	6,07
6	0	90	5,33	5,47	6,93	5,2
7	100	80	7,33	7,53	6,73	7,27
8	100	85	6,8	6,4	6,6	7,33
9	100	90	7,47	6,73	5,4	7,27
10	0	80	6,6	6,8	7,27	6,47
11	0	85	6,33	6,67	6,8	5,47
12	0	90	5,2	5,33	6,93	5,8

Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.2.1 Aceptabilidad del color

Según la gráfica de Pareto (Figura 11) se identificaron los coeficientes del modelo de primer orden para la aceptabilidad del color. Donde aquellos coeficientes del modelo de regresión que resultaron con p-valor $< 0,05$ demuestran su influencia en la variabilidad de la respuesta de la medida hedónica del color que son, efecto lineal de la cáscara, la interacción cáscara-temperatura y en menor medida pero significativo el efecto de la temperatura.

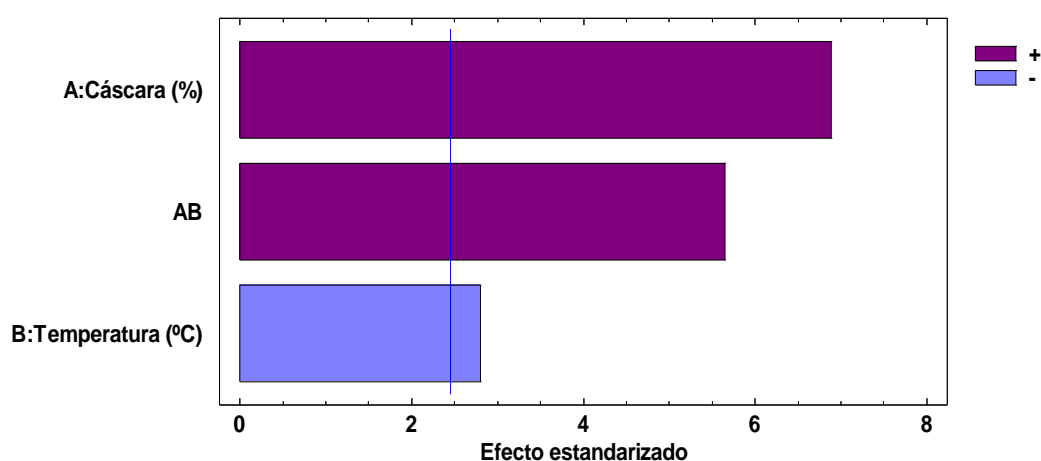


Figura 11. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad del color
Fuente: elaboración propia (2017)

Del análisis de varianza del modelo lineal completo aplicado a la aceptabilidad del color (Anexo 2) según la prueba F (p valor = $0,006 < 0,05$) resultó que dicho modelo propuesto es significativo, aunque con una falta de ajuste del modelo (p valor = $0,013 < 0,05$) resultó significativo, es decir

que bien podría excluirse a algún efecto no significativo si es que lo hubiera pero no se presentó dicha situación, además que por principio jerárquico una exclusión de algún efecto principal provoca la disminución del valor R^2 y no fue necesario ajustar el modelo hallado. Considerando al valor de coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 0,7727 (77,27 %) valor muy cercano a 1; estos resultados obtenidos permiten afirmar que el modelo lineal obtenido es estadísticamente significativo para evidenciar la importancia de las variables de proceso (cáscara y temperatura de pasteurización). Por tanto, la ecuación de primer grado hallada, sirve para estimar la aceptabilidad del color promedio esperada para cualquier porcentaje de cáscara y temperatura, indicando que esa estimación será más precisa en la medida que X esté dentro del intervalo de los valores con los que se hizo la estimación.

En la Figura 12, se muestra el diagrama de superficie de respuesta del modelo lineal completo que muestra la variación de la aceptabilidad del color en función de las variables cáscara (%) temperatura de pasteurización ($^{\circ}\text{C}$), donde la región de máxima respuesta (rojo) es un valor estimado de 7,5 que se obtiene a medida que se incremente la cáscara y disminuya la temperatura de pasteurización, resultando un jugo con aceptabilidad del color entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”, y resulta con

menor aceptabilidad de 5,5 a nivel mínimo de cáscara y máximo de temperatura que categoriza a la aceptabilidad entre “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta algo”.

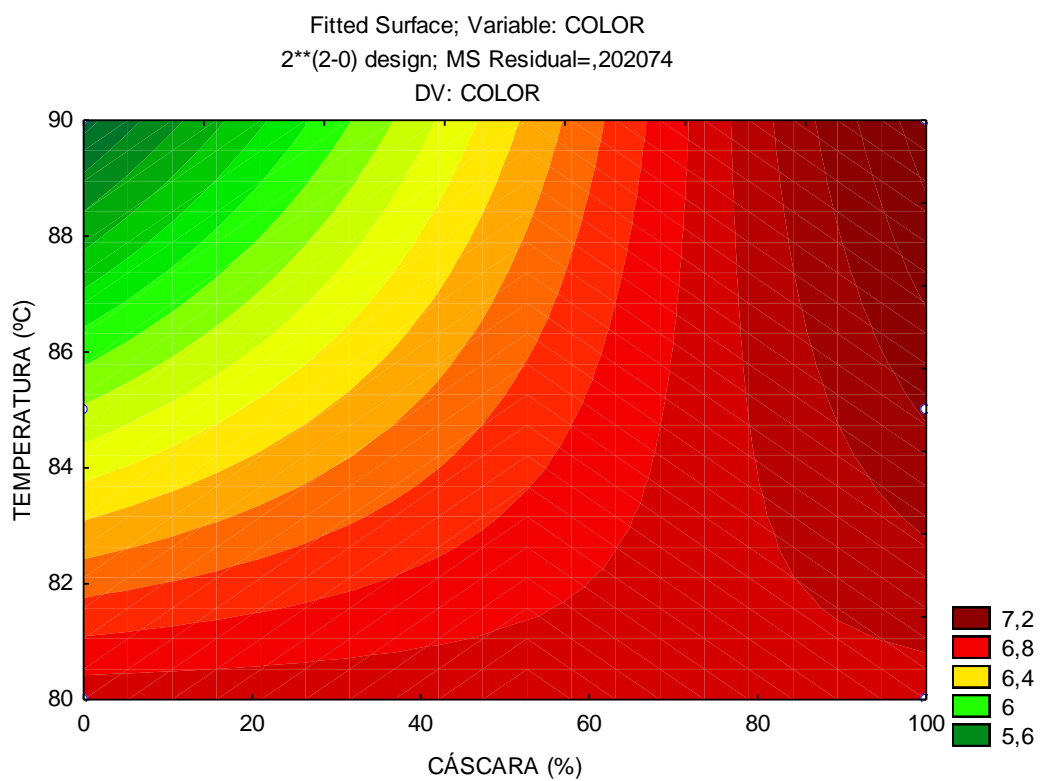


Figura 12. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre la aceptabilidad del color
Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.2.2 Aceptabilidad del olor

De acuerdo a la gráfica de Pareto (Figura 13) puede identificarse a los coeficientes del modelo de primer orden para la aceptabilidad del olor. Donde el coeficiente del modelo de regresión con p - valor <0,05 resultó ser

el efecto lineal de la temperatura, demostrando su influencia en la variabilidad de la respuesta medida de la aceptabilidad del olor característico del jugo de granada.

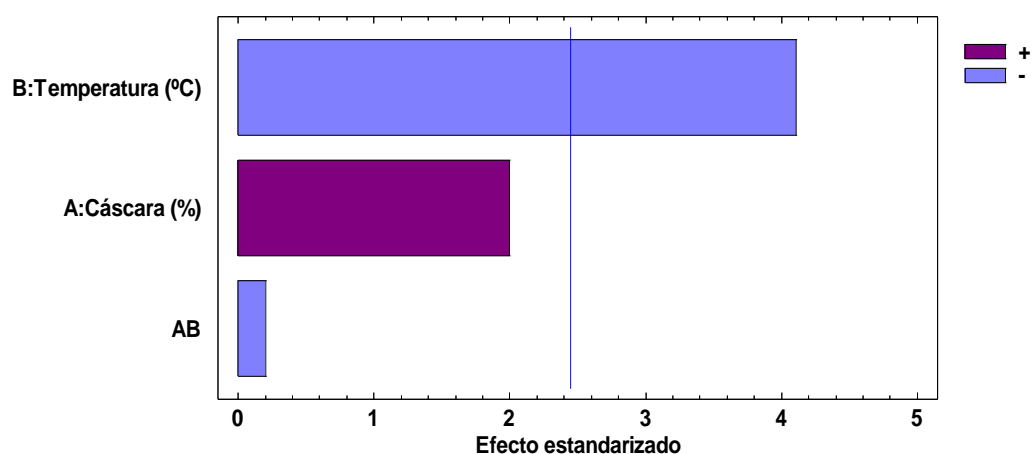


Figura 13. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad del olor
Fuente: elaboración propia (2017)

Del análisis de varianza aplicado a la variabilidad de la aceptabilidad del olor (Anexo 3) según la prueba F (p valor = $0,007 < 0,05$) resultó que el modelo lineal es significativa, con una falta de ajuste del modelo (p valor = $0,735 > 0,05$) no significativo lo que indica la utilidad del modelo lineal completo sin exclusiones de ningún efecto. Además se obtuvo un valor de coeficiente de determinación múltiple (R^2) de $0,759$ (75,9 %) valor relativamente cercano a 1; estos resultados permiten afirmar que el modelo lineal obtenido es estadísticamente significativo para evidenciar la influencia de la temperatura de pasteurización sobre la variabilidad en la

aceptación del olor del jugo de granada. Para verificar el efecto de cada factor individualmente, en la Figura 14 de efectos principales se puede apreciar que las variaciones de la temperatura que es el factor significativo, causan una variación de la aceptabilidad del olor que ante la disminución de la temperatura de pasteurización a un valor estacionario de 80°C, se incrementa la aceptabilidad del olor del jugo de granada hasta aproximadamente 7 unidades en la escala hedónica, categorizando al olor como “me gusta moderadamente”.

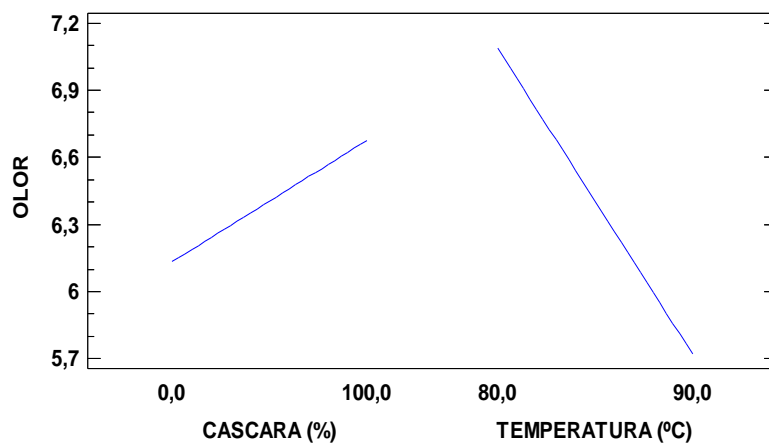


Figura 14. Efecto de los factores principales en la aceptabilidad del olor
Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.2.3 Aceptabilidad del sabor

Según la gráfica de Pareto (Figura 15) se identificaron los coeficientes del modelo de primer orden para la aceptabilidad del sabor. Donde el coeficiente del modelo de regresión que resulto con p- valor < 0,05 demuestran su influencia en la variabilidad de la respuesta de la medida

hedónica del sabor del jugo de granada, que es el efecto lineal de la temperatura de pasteurización.

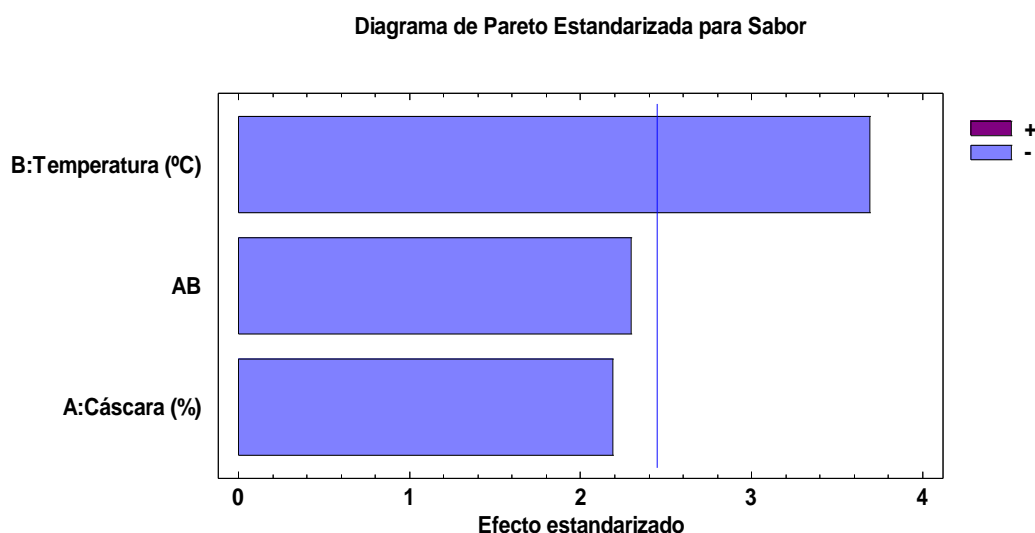


Figura 15. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad del sabor
Fuente: elaboración propia (2017)

Del análisis de varianza, aplicado a la variabilidad del sabor (Anexo 4) según la prueba F (p valor = 0,007 < 0,05) dicho modelo lineal resultó significativo, y con una falta de ajuste (p valor = 0,581) no significativo, es decir que no requiere de la exclusión de los efectos del modelo que no sean significativos. Además, se obtuvo un coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 0,7671 (76,71 %) valor cercano a 1; estos resultados permiten afirmar que dicho modelo lineal completo es estadísticamente útil para evidenciar la influencia de la variable de proceso temperatura de pasteurización. Además es posible estimar la aceptabilidad del sabor promedio para cualquier valor de porcentaje de cáscara y temperatura,

indicando que esa estimación será más precisa en la medida que X esté dentro del intervalo de los valores con los que se hizo la estimación.

Y para verificar el efecto de cada factor individualmente, en la Figura 16 de efectos principales se aprecia que las variaciones de aceptabilidad por efecto de la temperatura es mayor que por efecto de la cáscara.

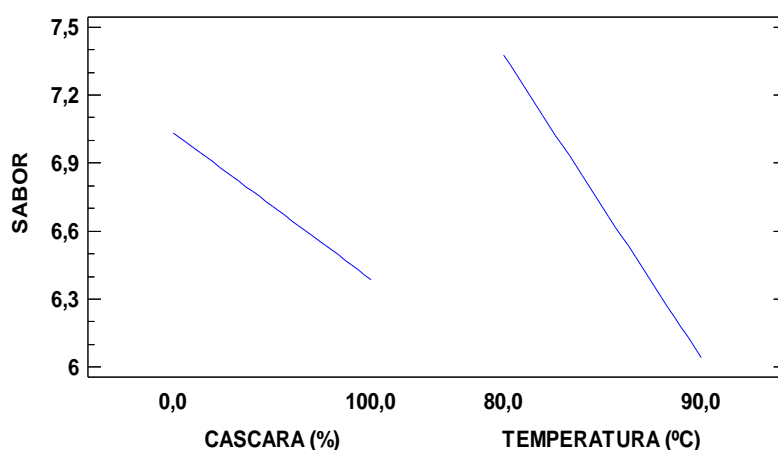


Figura 16. Efecto de los factores principales en la aceptabilidad del sabor
Fuente: elaboración propia (2017)

Se puede afirmar que la aceptabilidad del sabor del jugo aumenta, por la disminución de la temperatura de pasteurización, alcanzando un promedio de 7,4 unidades en la escala hedónica que categoriza al sabor como “me gusta moderadamente”, pero un aumento de la temperatura de pasteurización provoca la disminución de la aceptabilidad hasta un promedio de 5,2 categorizando al sabor entre “ni me gusta ni me disgusta”.

5.3.2.4 Aceptabilidad de la apariencia

Según la gráfica de Pareto (Figura 17) identificó los coeficientes del modelo de regresión que resultaron con p-valor <0,05; que demuestran su influencia en la variabilidad de la apariencia, que son el efecto lineal de la cáscara e interacción cáscara-temperatura.

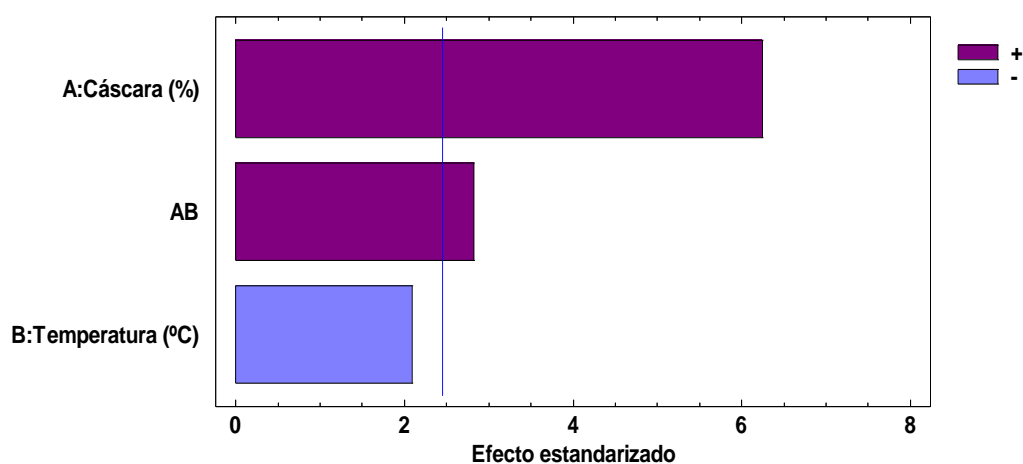


Figura 17. Análisis del diagrama de Pareto para la aceptabilidad de la apariencia

Fuente: elaboración propia (2017)

El análisis de varianza del modelo lineal para la aceptabilidad de la apariencia (Anexo 5) determinó que dicho modelo resultó significativo (p valor =0,001 <0,05) con falta de ajuste (p valor = 0,434) no significativo, por tanto se mantiene al modelo sin excluir ningún efecto; el coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 0,8664 valor muy cercano a 1 permite afirmar que el modelo obtenido permite explicar el 86,64 % de la variabilidad de la aceptabilidad de la apariencia. La Figura 18 de curvas de nivel del modelo; muestra la variación de la apariencia en función de las

variables independientes porcentaje de cáscara y temperatura de pasteurización (°C), y se observa que se alcanza valores de aceptabilidad de 7,5 en regiones de máxima temperatura de pasteurización y mínima concentración de la cáscara, es decir entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”. Una menor aceptabilidad del jugo con 5,5 se obtiene a una menor temperatura y menor concentración de cáscara que categoriza la apariencia del jugo entre “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta algo”.

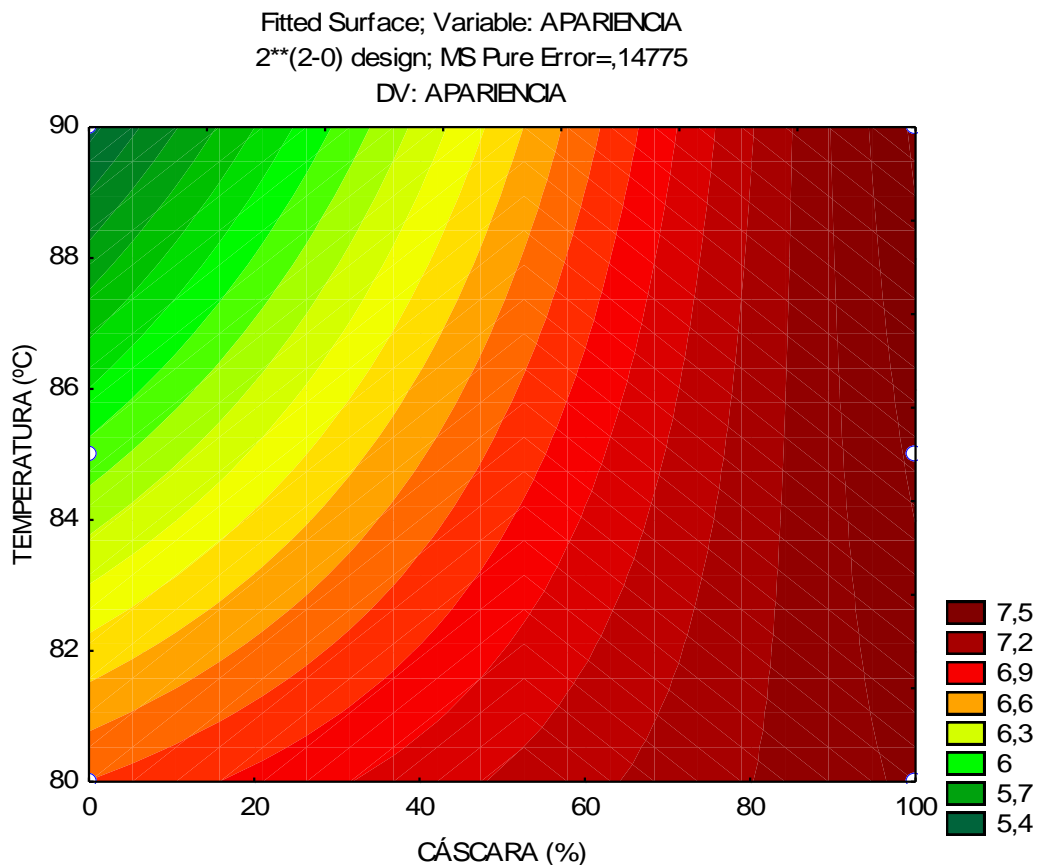


Figura 18. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre la aceptabilidad de la apariencia
 Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.3 Características fisicoquímicas del jugo

La Tabla 7 presentan los resultados obtenidos de las determinaciones del análisis físico-químico para los 12 tratamientos o muestras de jugo de granada:

Tabla 7. Resultados del análisis de las características fisicoquímicas a través de la determinación gravimétrica de sus componentes

Tratamientos	X1: Cáscara (%)	X2: Temperatura (°C)	Y5: Sólidos solubles (°Bx)	Y6: Acidez (%)	Y7: pH	Y8: Polifenoles (ug ac. tánico /ml)
1	100	80	14,6	0,074	3,22	2004,68
2	100	85	14,8	0,069	3,23	2005,16
3	100	90	15,0	0,068	3,23	1442,12
4	0	80	14,4	0,068	3,25	1667,05
5	0	85	15,0	0,061	3,25	1520,82
6	0	90	15,4	0,066	3,25	1277,92
7	100	80	14,7	0,073	3,23	1816,19
8	100	85	14,8	0,068	3,23	1386,26
9	100	90	15,0	0,068	3,24	1005,39
10	0	80	14,6	0,068	3,25	1268,21
11	0	85	15,0	0,06	3,24	1181,25
12	0	90	15,4	0,067	3,24	1105,95

Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.3.1 Sólidos solubles

De acuerdo a la gráfica de Pareto (Figura 19) puede observarse que los coeficientes del modelo de primer orden para los sólidos solubles presentaron efecto significativo porque estos coeficientes del modelo de regresión resultaron con p-valor $< 0,05$, demostrando su influencia en la variabilidad de la respuesta medida (Brix).

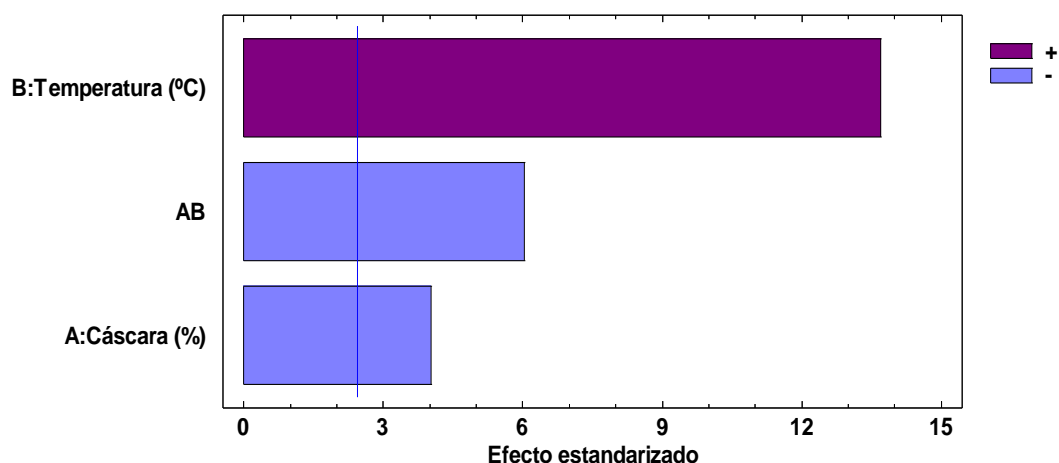


Figura 19. Análisis del diagrama de Pareto para los sólidos solubles
Fuente: elaboración propia (2017)

Del análisis de varianza del modelo aplicado a la variabilidad de los sólidos solubles (Anexo 6) según la prueba F (p valor $< 0,05$) indica que es significativa mientras el grado de falta de ajuste alcanzado por el modelo (p valor = 0,63) no resultó significativo, es decir que el modelo completo lineal es significativo y no requiere de la exclusión de ningún coeficiente o efecto.

Además, se obtuvo un valor de coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 0,9717 (97,17 %) valor muy cercano a 1; estos resultados obtenidos permiten afirmar que el modelo lineal obtenido es estadísticamente significativo para evidenciar la importancia de las variables de proceso (cáscara y temperatura de pasteurización). Por tanto, la ecuación de primer grado hallada, sirve para estimar los sólidos solubles promedio esperada para cualquier porcentaje de cáscara y temperatura, claro que esa estimación será más precisa en la medida que X esté dentro del intervalo de los valores con los que se hizo la estimación. En la Figura 20 del diagrama de superficie de respuesta del modelo lineal completo; se muestra la variación de los sólidos solubles en función al efecto de interacción cáscara (%) y temperatura de pasteurización ($^{\circ}\text{C}$), donde se observa que se tiene una región de máxima respuesta mayor de 15,4 $^{\circ}\text{Bx}$ al aumentar la temperatura y disminuir la presencia de la cáscara, mientras que un menor dulzor en el jugo (14,6 $^{\circ}\text{brix}$) resultara al disminuir tanto la presencia de cáscara como una mínima temperatura de pasteurización. Una vez conseguido el modelo de primer orden más adecuado y razonable para el estudio de la variabilidad de los sólidos solubles, bajo los rangos de las variables independientes, es posible obtener regiones de confianza para la estimación de nuevos valores de la respuesta de los sólidos solubles, pero dentro del rango de estudio.

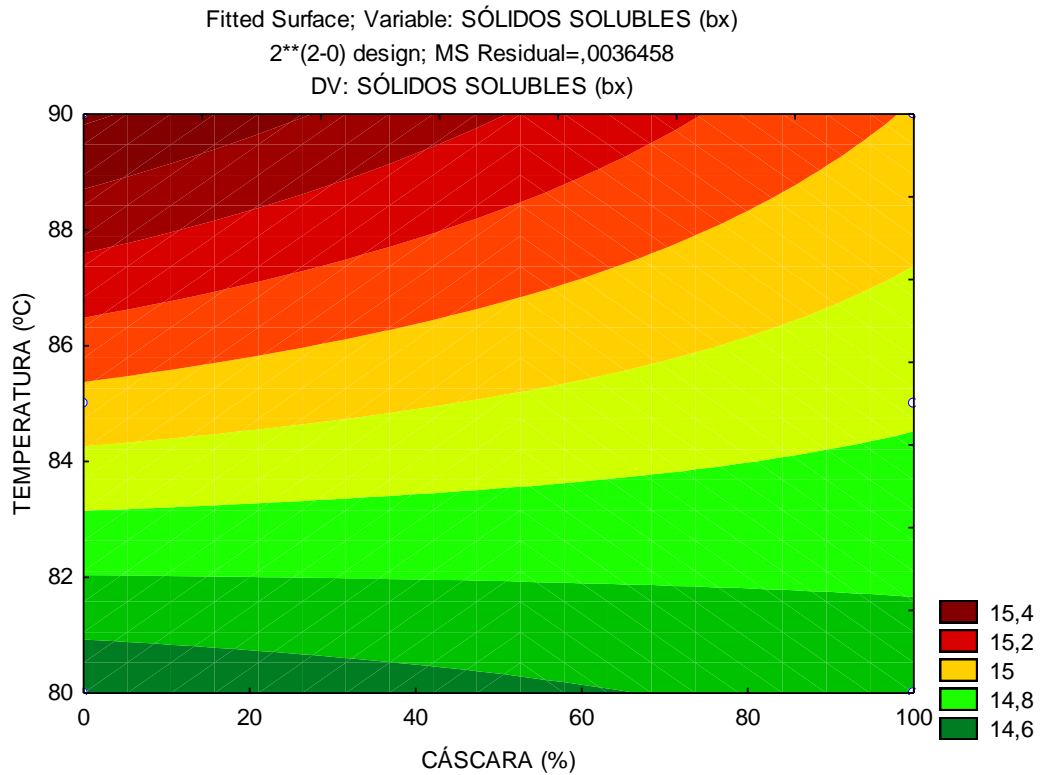


Figura 20. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre los sólidos solubles.

Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.3.2 Acidez

De acuerdo a la gráfica de Pareto (Figura 21) puede observarse que todos los coeficientes del modelo de primer orden para la acidez presentaron efecto significativo porque estos coeficientes del modelo de regresión resultaron con p- valor < 0,05, demostrando su influencia en la variabilidad de la respuesta medida de la acidez del jugo de granada.

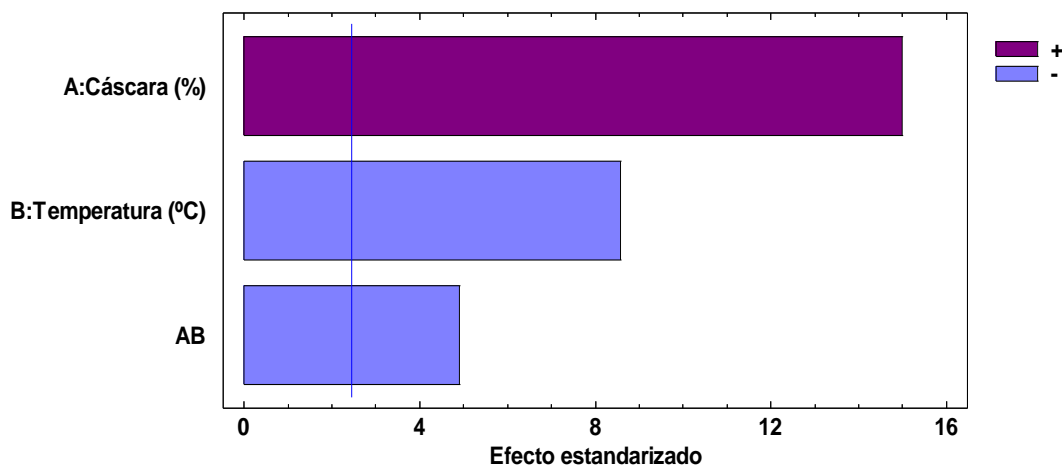


Figura 21. Análisis del diagrama de Pareto para la acidez
Fuente: elaboración propia (2017)

Del análisis de varianza del modelo propuesto para explicar variación de la acidez (Anexo 7). La prueba F (p valor=0,048 < 0,05) resultó significativa y con falta de ajuste (p valor = 0,00) significativo, es decir se debería excluir los coeficientes si alguno fuera no significativo. Además, se obtuvo un valor de coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 0,6073 valor relativamente cercano a 1; estos resultados obtenidos permiten afirmar que el modelo lineal obtenido explica el 60,73 % de los cambios de la acidez del jugo por efecto de todas las variables de proceso (cáscara y temperatura de pasteurización).

En la Figura 22, se muestra el diagrama de superficie de respuesta del modelo lineal completo; muestra la variación de la acidez en función de

la cáscara (%) y temperatura de pasteurización (°C), observándose que se tiene una región de máxima acidez de 0,0725 % cuando se incremente la presencia de cáscara pero a menor temperatura de pasteurización, la menor acidez de 0,066 % ocurrirá con ausencia de cáscara y aumento de temperatura (90°C). se destaca el aparente escaso margen de variabilidad de la acidez, considerando que bajo las condiciones de proceso desarrolladas tanto la cáscara como la temperatura la acidez del jugo presento efecto muy significativo.

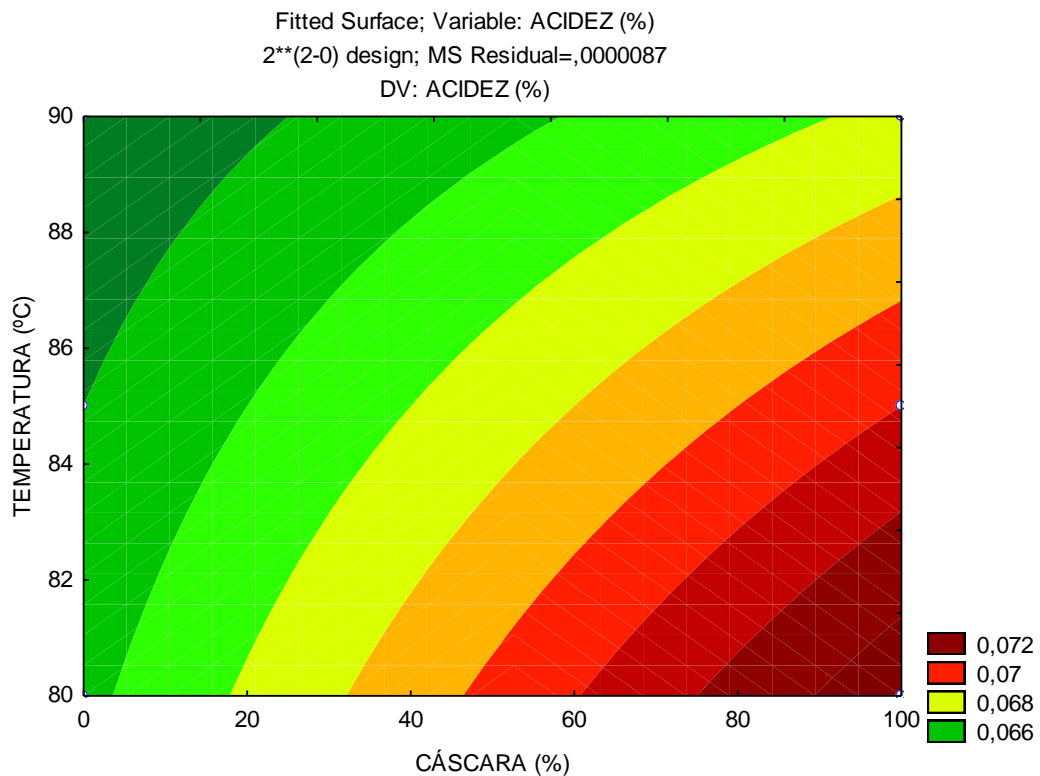


Figura 22. Curvas de superficie de respuesta para el efecto de la interacción cáscara-temperatura sobre la acidez

Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.3.3 pH

De acuerdo a la gráfica de Pareto (Figura 23) puede identificarse a los coeficientes del modelo de primer orden para el pH del jugo que resultaron con efecto significativo. Es decir que aquel coeficiente del modelo de regresión que resultó con el p- valor $<0,05$, como en el caso de la cáscara de granada, demostró su influencia en la variabilidad de la respuesta medida del pH.

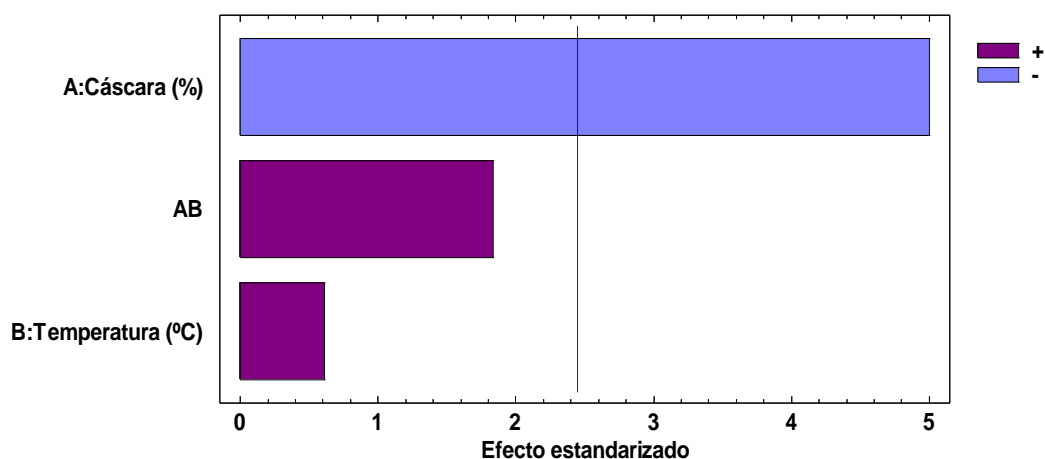


Figura 23. Análisis del diagrama de Pareto para el pH
Fuente: elaboración propia (2017)

Del análisis de varianza del modelo que explica la variabilidad del pH (Anexo 8), la prueba F (p valor = $0,002 < 0,05$) resultó significativa pero con la falta de ajuste (p valor = $0,885$) no significativo que complementado con un valor de coeficiente de determinación múltiple (R^2) de $0,8214$ ($82,14\%$) valor muy cercano a 1; estos resultados permiten afirmar que el modelo lineal obtenido es estadísticamente significativo para evidenciar la

importancia de las variables de proceso (cáscara y temperatura de pasteurización). Por tanto del modelo lineal propuesto, se destaca la importancia de la cáscara como factor más importante para explicar los cambios en el pH del jugo de granada. La Figura 24, se muestra el diagrama de efectos principales, donde se observa los valores de pH mayores a 3,247 resultaran a menor concentración de cáscara, mientras un incremento de la presencia de cáscara en la extracción resultara con un jugo con valores menores de pH inferiores a 3,23 bajo los rangos de las variables independientes, se puede afirmar que el rango de variación de pH es una barrera satisfactoria para condicionar el proceso térmico de pasteurización.

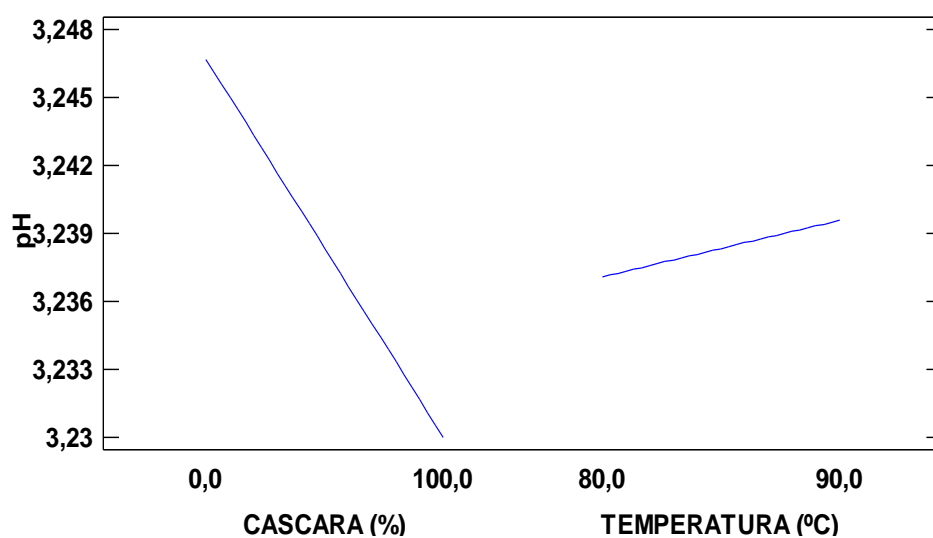


Figura 24. Efecto de los factores principales en la aceptabilidad del sabor
Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.3.4 Polifenoles totales

De acuerdo a la gráfica de Pareto (Figura 25) puede identificarse a los coeficientes del modelo de primer orden para la concentración de polifenoles del jugo que resultaron con efecto significativo. Es decir el coeficiente lineal de la temperatura del modelo de regresión resultaron con p-valor $<0,05$, demostrando su influencia sobre la variabilidad de los polifenoles medida en μg de ácido tánico/ml.

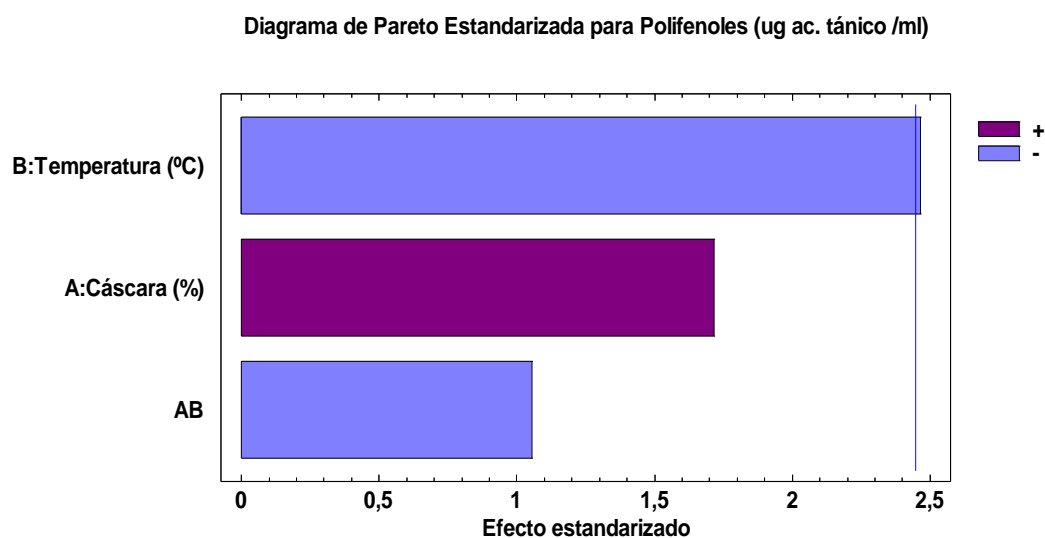


Figura 25. Análisis del diagrama de Pareto para los polifenoles
Fuente: elaboración propia (2017)

Del análisis de varianza del modelo lineal propuesto para explicar la variabilidad de los polifenoles (Anexo 9), según la prueba F (p valor = $0,044 < 0,05$) resultó significativa, y falta de ajuste (p valor = $0,865 > 0,05$) no significativo es decir que si se puede utilizar el modelo para explicar el comportamiento de los polifenoles, comportamiento que el coeficiente de determinación

múltiple con un valor (R^2) de 0,6167 indica que el 61,67 % de la variación de los polifenoles son explicados por efecto del modelo propuesto; estos resultados obtenidos permiten afirmar que del modelo lineal obtenido, se destaca la importancia del efecto de la temperatura de pasteurización sobre la variación de los polifenoles del jugo de granada.

En la Figura 26, se muestra el efecto de los factores principales donde se destaca que la variación por acción de la temperatura de pasteurización. Y es que la mayor respuesta estimada de polifenoles de 1700 ug/ml ocurrirá cuando se pasteurice a la menor temperatura (80°C) y asimismo el menor contenido estimado de polifenoles de 1250 ug/ml resultara cuando se aumente la temperatura de pasteurización al máximo establecido de 90°C.

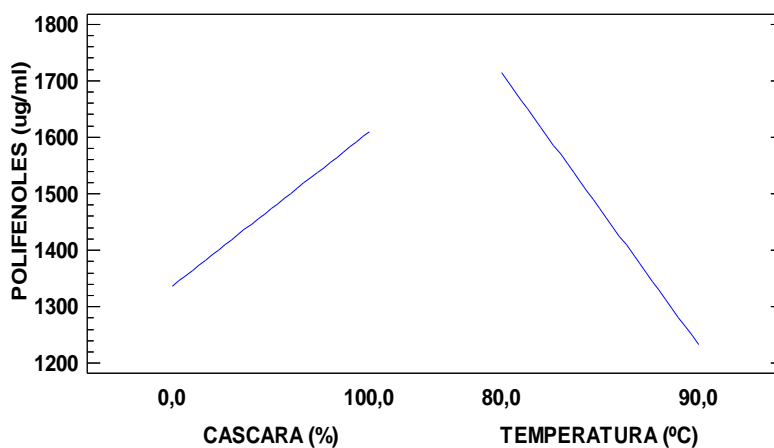


Figura 26. Efecto de los factores principales sobre los polifenoles
Fuente: elaboración propia (2017)

5.3.3.5 Determinación de las mejores condiciones de proceso

Después del análisis individual de cada variable respuesta se aplicó la metodología de la función deseada mediante el paquete estadístico Minitab 17, de donde se obtuvo las condiciones de proceso que satisface los criterios establecidos. Para la determinación de los parámetros de elaboración del jugo de granada se tomaron las siguientes condiciones:

- Variables independientes: mantener en el rango de estudio a la concentración de cáscara y temperatura de pasteurización.
- Variables dependientes: maximizar la aceptabilidad de las características sensoriales color, olor, sabor y apariencia; así como también los polifenoles; para luego estimar las otras características fisicoquímicas.

De acuerdo a lo mostrado en la Tabla 8 que corresponden a la solución que se considerará óptima que es de 100 % de cáscara (presencia) y 85°C de temperatura de pasteurización, dicha combinación presentan un valor de función deseada de 0,789 que para efectos de reproducibilidad de la solución indica una buena probabilidad de que cuando se repita el ensayo bajo las condiciones halladas, se puedan obtener resultados experimentales muy similares a los optimizados sensoriales y estimados fisicoquímicos.

Tabla 8. Parámetros de elaboración del jugo de granada

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Cáscara (%)	0	100	100
Temperatura (°C)	80	90	80
Respuesta	Condición	Óptimo	
Color	Maximizado	6,859	
Olor	Maximizado	7,394	
Sabor	Maximizado	7,469	
Apariencia	Maximizado	7,321	
Polifenoles	Maximizado	1953,3	
Sólidos solubles	Estimado	14,641	
Acidez	Estimado	0,0727	
pH	Estimado	3,225	
Función deseada (FD)	---	0,789	

Fuente: elaboración propia (2017)

Y Considerando lo señalado por Granato y Ares (2014) que recomienda considerar como óptima a aquella combinación con valor de deseabilidad mayor a 0,7, se siguió lo indicado por Gutiérrez y De la Vara (2008) quienes estableciendo que la solución con valor de FD más cercano a 1 es el mejor, por tanto el valor de 0,789 se considera satisfactorio tomando en cuenta que resulta de modelos lineales significativos. Las condiciones de proceso de la tabla 8 que corresponden a la solución que se considera óptima, presenta un alto valor de la función deseada de 0,789 tal como se muestran en la Figura 27 de resultados de las curvas tendencia en la que se obtiene el tratamiento óptimo según las condiciones

establecidas, que para este estudio fue el de maximizar la aceptabilidad sensorial del jugo de granada maximizando conjuntamente con el contenido de polifenoles, donde se destaca que las condiciones deseadas es una máxima concentración de cáscara con una baja temperatura de pasteurización.

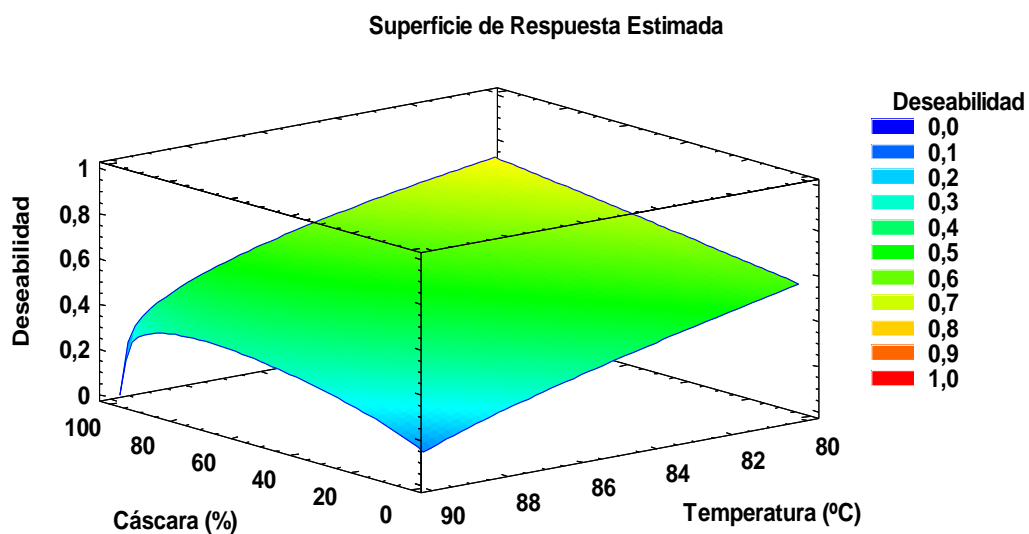


Figura 27. Superficie de respuesta para las mejores condiciones de proceso de elaboración de jugo de granada
Fuente: elaboración propia (2017)

Producto final: Una vez estimada las condiciones óptimas para cada factor en estudio para la elaboración del jugo de granada; se da como resultado final, el definir el flujo definitivo de su elaboración según los parámetros de cáscara y temperatura hallados, tal como se muestra en la Figura 28.

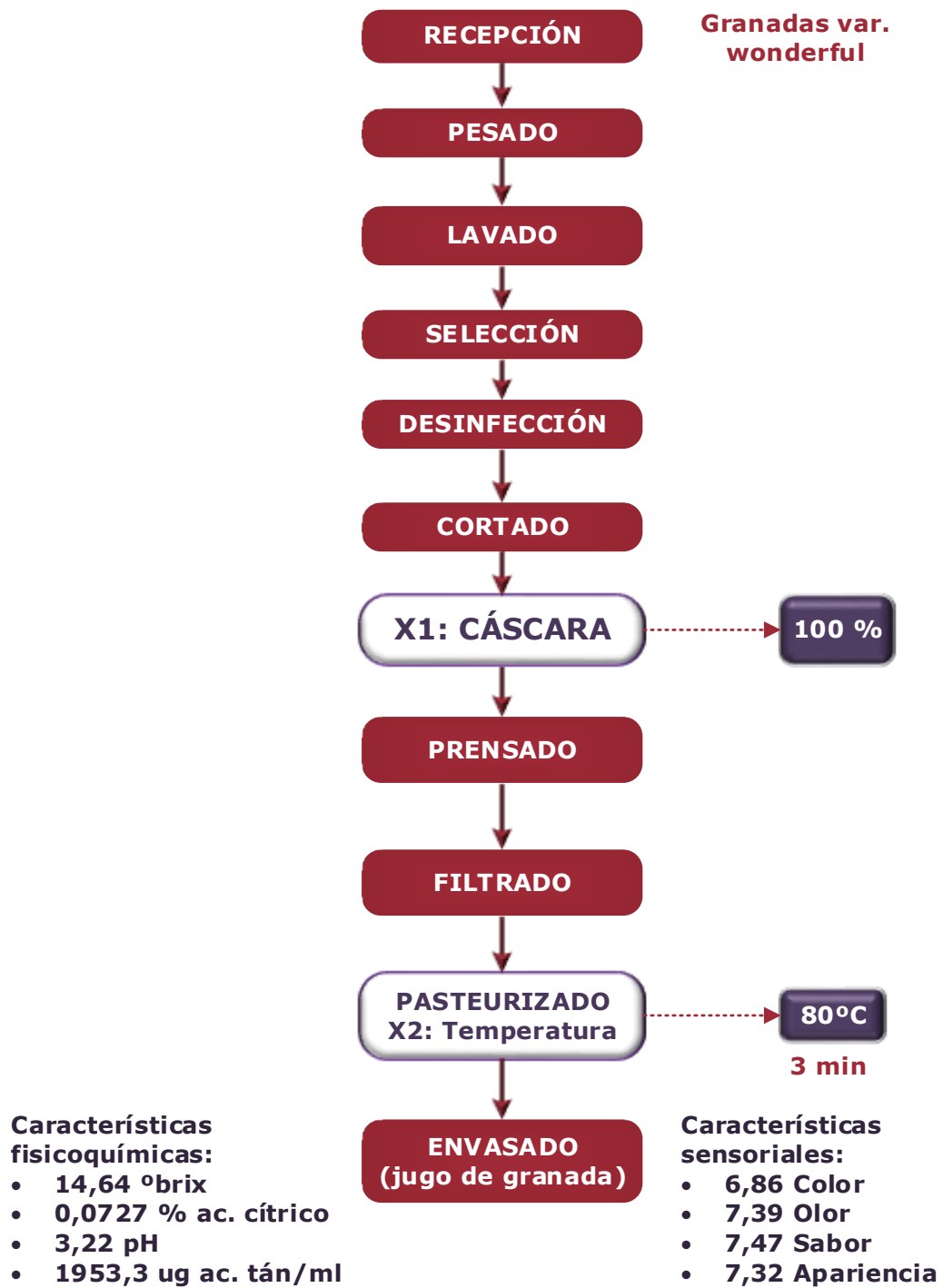


Figura 28. Flujo de elaboración definitivo para la elaboración del jugo de granada

Fuente: Elaboración propia (2017)

Finalmente, el rendimiento en jugo de mejores condiciones (Tabla 9) fue de 36 % (v/p) valor inferior al reportado por Barra (2011) quien determino en la variedad Wonderful de la localidad de Vicuña-Chile un rendimiento de 52,53 %, asimismo Sepúlveda en genotipos de granadas provenientes de la IV Región de Chile, presentó rendimientos de jugos entre 58,94 % y 76,0 %, igualmente elevados a lo obtenido en este estudio.

Tabla 9. Rendimiento de jugo de granada exprimido con inclusión de cáscara (condiciones óptimas)

Operaciones	Entra	Sale	Continua
- Recepción (kg)	100	0	100
- Pesado (kg)	100	0	100
- Lavado (kg)	100	0,2	99,8
- Selección (kg)	99,8	0	99,8
- Desinfección (kg)	99,8	0	99,8
- Cortado (kg)	99,8	0,3	99,5
- Prensado (kg)	99,5	63	36,5
- Filtrado (ℓ)	36,5	0,5	36
- Envasado (ℓ)	36	0	36
- Rendimiento			36 %

Fuente: elaboración propia (2017)

5.4 Discusiones

5.4.1 Características sensoriales

Las características sensoriales, el color y la apariencia fueron favorecidos por el mayor porcentaje de cáscara, en el olor y sabor fue favorecido por la menor temperatura, es decir los aspectos visuales fueron afectados probablemente por los contenidos de polifenoles extraídos de la cáscara, además el sabor también se vio influencia por el tratamiento térmico, donde a mayor intensidad de temperatura la aceptabilidad disminuye pues evidentemente afectaría la frescura natural del jugo de granada y/o una posible concentración de los sólidos no sea muy tolerada por los panelistas. Villareal et al. (2013); evaluó el efecto de distintos tratamientos de pasteurización sobre las características sensoriales y el contenido de vitamina C de cuatro jugos de fruta. Los resultados mostraron que el análisis sensorial por un panel entrenado, no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) tanto antes y después del tratamiento. Dichos resultados contrastan con las significancias halladas en el jugo de granada especialmente en la apariencia. Los antocianos son los responsables del color característico de la granada. Por otro lado, se encuentra otro subgrupo de elevada importancia en el caso que nos ocupa, los ácidos fenólicos, destacando dentro de este el ácido gálico y el ácido elágico.

Vegara, (2014) determinó que extrayendo el zumo de granada variedad Mollar-Elche mediante la utilización de distinta maquinaria (prensas, licuadoras...), observando la influencia en la composición del zumo obtenido en presencia o no de corteza pero a bajas temperaturas de pasteurización producen una menor pérdida y degradación del color y compuestos bioactivos. Dichos resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación experimental ya que la aceptabilidad del color fue favorecido por la presencia de la cáscara y logro enmascarar el efecto de la temperatura sin perjudicar su efecto sobre el color que es la manifestación más evidente de los compuestos fenólicos, pero sin evitar su acción sobre los recuentos los cuales fueron satisfactorios.

5.4.2 Características fisicoquímicas

Se muestra una ligera tendencia que a mayor temperatura de pasteurización, disminuye el contenido polifenólico, comportamiento que coincide con lo reportado por Sandoval (2015) quien determinó la cinética de degradación de antocianinas en zumos pasteurizados de granada y arándano a las temperaturas de 30, 40, 50 y 60°C. Además la acidez y los polifenoles se vieron favorecidos por la presencia de las cortezas de la cáscara, demostrando su aporte de acidez en el jugo en niveles que según Sanchez (2011) categorizan al producto final como dulce.

Asimismo, Rodríguez et al., (2013) mencionan que algunos fitocomponentes presentes en la fruta muestran una fuerte actividad antioxidante. Los sólidos solubles tuvieron influencia básicamente por efecto de la temperatura pues por obvias razones, confirmando que a mayor temperatura de pasteurización se produce una concentración de los sólidos solubles, mientras que el pH por ser consecuencia de la acidez, su significancia se puede explicar por la fuerte capacidad ácida de los ácidos orgánicos presentes, principalmente el ácido tricarbóxico (ac. cítrico) se han manifestado. Esta fruta por sus propiedades beneficiosas, en la propuesta de investigar los polifenoles totales de la fruta y desarrollar esta bebida aceptable a nivel de laboratorio, demostró su factibilidad pero bajo condición de extracción del jugo de granada pero con presencia de su cáscara que es la principal fuente de polifenoles y a 80°C por 3 minutos de proceso de pasteurización se da un jugo con buena aceptabilidad sensorial. Se ha demostrado la relación existente entre el presencia del antioxidante en los jugos de granada, desarrollando una evaluación del efecto de la extracción del zumo y tratamiento térmico analizando la relación con la variación de la aceptabilidad del color, olor, sabor donde estadísticamente en todos los casos la relación fue significativa (p valor $< 0,05$) es decir que las condiciones de elaboración del zumo de grada si afectó a diferentes intensidades su aceptabilidad sensorial.

CONCLUSIONES

1. Los modelos que explican la influencia de la concentración de la cáscara y temperatura de pasteurizado sobre la aceptabilidad de las características sensoriales color, olor, sabor y apariencia resultó significativas (p valor $< 0,05$). El método de optimización multivariable determinó que las condiciones óptimas de la extracción del jugo son con el 100 % de cáscara (presencia) y la temperatura de pasteurización de 80°C por 3 min. La aceptabilidad de dicho tratamiento óptimo resultó con 6,8 en color; 7,39 en olor; 7,47 en sabor y 7,32 en apariencia, es decir que se categoriza al jugo de granada óptimo como “me gusta moderadamente” y me “gusta muchos”.
2. Los modelos que explica la influencia de la concentración de la cáscara y temperatura de pasteurizado resultaron significativos (p valor $< 0,05$) para los sólidos solubles, la acidez, pH y contenido de polifenoles. Las características fisicoquímicas del producto final resultaron con un estimado de 14,64 °Brix, 0,07 % de acidez, 3,2 de pH y contenido máximo estimado de 1953,3 ug/ml de polifenoles. Finalmente el rendimiento del jugo fue de 36 % v/p.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda difundir el cultivo de granada de diferentes variedades en la región Tacna para aumentar su productividad para su posterior transformación.
2. Debe realizarse más trabajos de investigación utilizando la granada con la finalidad de aumentar su consumo a nivel local y nacional.
3. Se recomienda usar una mezcla de dos frutas: una ácida como la granada variedad wonderful y un producto final menos ácido, como el papaya o sandía para obtener la acidez más tolerable.
4. Se debe realizar estudios que complementen las cualidades del jugo de granada como el análisis de fibra para enriquecerlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (1990). *Official methods of Analysis*. 15 th Edition. ed. S. Williams
Published by the Association of Official Analytical Chemists.
Washington, D.C., E.U.A.
- Álvarez, H.; Salamanca, G. (2007). *Valoración metodológica para el estudio de mezclas ternarias en sistemas alimentarios*. *Alimentos Ciencia e Ingeniería* 16 (1): 92-96.
- Andreu-Sevilla A.J; Signes-Pastor, A.J; Carbonell-Barrachina, A.A. (2008). *La granada: Producción, Composición y Propiedades Beneficiosas para la Salud*. Grupo de Calidad y Seguridad Alimentaria. Universidad Miguel Hernández. Orihuela, Alicante. España.
- Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K., Y Ryan, D. (2000). *Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits*. *The Analyst Critical Review*, 125, 989-1009.
- Aviram M., Volkova N., Coleman R., Dreher M. (2008). *Pomegranate phenolics from the peéis, arils, and flowers are anti atherogenic: studies in vivo in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient (E) mice and in vitro in cultured macrophages and lipoproteins, J. Agric. Food Chem.* 56: 1148-1157.

- Avalos I. (2013) *Química hoy, tópicos selectos de investigación*. Universidad Autónoma de Coahuila. México.
- Barra D. (2011). *Caracterización física, química y sensorial de frutos de granado de dos regiones de Chile de los clones Uch-Cha, Uch-Cod y Uch-Ng*. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Bello J. (2008). *Ciencia Bromatológica; Principios Generales de Los Alimentos*. Ed. Díaz de Santos, España, 596 p
- Calín Á. y Carbonell A. (2011). *La fruta granada cultivada en España Punicalagina antioxidante del jugo de granada y el extracto de granada, en la alimentación funcional del futuro*. Universidad Miguel Hernández. Elche, España.
- Carbonell A. & Cano (2017). *Punicalagina - antioxidante natural de la granada - propiedades y beneficios para la salud*. Universidad Miguel Hernández. Elche, España.
- Collado J. (2011). *Identificación de los polifenoles en jugos de frutas rojas*. Tesis (Magister). Universidad Politécnica de Cartagena-Colombia.
- Encina Ch., Sánchez A., Rojas D., (2013). *Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica*. Revista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú

- Escobar M. (2010). *Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México*. Tesis. Instituto Politécnico Nacional México D.F.
- Fennema. O.R. (1976). *Principales of Food Science. Part. 1. Food Chemistry*. Maree D., Inc. New York y base. P.P. 231-232.
- Fiuza, S. M (2011). *Phenolic acid derivatives with potential anticancer properties a structure activity relationship study. Part 1: Methyl, propyl and octyl esters of caffeic and gallic acids*. Elsevier.
- García C., Pérez A. (2004). *La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías*. Alimentación, nutrición y salud Instituto Danone Vol. 11, N.º 4, pp. 113-120. Murcia-España.
- Gil, M.I., Tomas-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M., Kader, A.A., (2000). *Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48(10), 4581-4589.
- Granato D. y Ares G. (2014). *Mathematical and statistical methods in food science and technology*. edited by WILEY Blackwell. West Sussex, UK.
- ICMSF (1983). 2da. Ed. Volumen 1 Parte II Pag. 166-167 (Traducción de la versión original 1978). Reimpresión 2000 Editorial Acribia. España.

- Ketelaere, B.; Goos, P. and Brijs, K. (2011). *Prespecified factor level combinations in the optimal design of mixture-process variable experiments*. Food Quality and Preference 22: 661-670.
- Li, Y., Guo, C, Yang, J., Wei, J., Xu, J., Cheng, S., (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. Food Chemistry 96(2), 254-260.
- López O., López A. y Palou, E. (2010). *Granada (Punica granatum L.) una fuente de antioxidantes de interés actual. Departamento de Ingeniería Química de los Alimentos y Ambiental*. Universidad de las Américas, Puebla- México.
- Lynn A, Hamadeh H, Leung WC, Rusell JM & Barker ME (2012). *Effects of pomegranate juice supplementation on pulse wave velocity and blood pressure in healthy young and middle-aged men and women*. Plants Foods Hum Nutr 67(3): 309-314
- Martínez M., A. (2005). *Flavonoides*. Tesis (Doctorado). Universidad de Antioquia- Facultad de Química Farmacéutica.
- Naczki, M. y Shahidi, F. (2009). *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. CRC Press. Boca Raton. Florida. EUA.
- Norma General del Codex para jugos (jugos) y néctares de frutas (codexstan 247-2005).

Norma Técnica Peruana NTP 203.110 2009. *Jugos, néctares y bebidas de fruta.*

NTP 203.070.1977. (Revisada el 2012). *Productos elaborados a partir de frutas y otros vegetales.*

Pavan, M.; Todeschini, R. (2008). Total-Order Ranking Methods. In: Scientific Data Ranking Methods: Theory and Applications. Edited by Pavan, M.; Todeschini, R. Elsevier. The Netherlands.

Quiroz, I. (2009). *Granados, perspectivas y oportunidades de un negocio emergente: Antecedentes de mercado.* Fundación Chile.

Rodríguez J. (2013). *Desarrollo de un proceso tecnológico a escala de laboratorio para la extracción de polifenoles totales del fruto de la Punica granatum L.* Revista Cubana de Plantas Medicinales. Centro de Investigaciones y Desarrollo de Medicamentos. La Habana, Cuba.

Sánchez, F. (2009). *Granado: Perspectivas y Oportunidades de un Negocio Emergente: Alternativas agroindustriales del granado.* Fundación Chile. Santiago de Chile.

Sandoval A. (2015). *Cinética de la degradación térmica de antocianinas en zumos pasteurizados de Granada (Púnica granatum) y Arándano (Vaccinium myrtillus).* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Trujillo-Perú.

- Sepúlveda, E., C. Sáenz, A. Peña, P. Robert, B. Bartolomé and C. Gómez-Cordovés. (2010). *Influence of the genotype on the anthocyanin composition, antioxidant capacity and color of Chilean pomegranate (Púnica granatum L.) juice*. Chilean Journal of Agricultural Research 70(1):50-57.
- Sloan, E. (1966). The top 10 trends to watch and work on. Food Technol. 50(7): p. 55-71.
- Skrede, G., Wrolstad, R.E., Durst, R.W., (2000). *Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (Vaccinium corymbosum L.)*. Journal of Food Science 65(2), 357-364.
- Somers, T.C., Evans, M.E., (1986). *Evolution of red wines I. Ambient influences on colour composition during early maturation*. Vitis 25, 31-39.
- Stratil, P., Klejdus, B., Y Kubán, V. (2007). *Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals*. Talanta, 71, 1741 -1751.
- Teixeira Arthur A. (2007). *Food Physics: Physical Properties, Measurement and Applications*. Berlín Heidelberg New York, Springer-Verlag, 550 p.

- Tezcan, F., Gültekin-Ózgüven, M., Diken, T., Ózelik, B., Erim, F.B., (2009). *Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices*. Food Chemistry.
- Tsao, R. y Deng, Z. (2004). *Review: Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals*. Journal of Chromatography B, 812, 85-99. 80.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2007). *Nutrient data laboratory*. <http://www.nal.usda.gov>.
- Vegara S. (2014). *Estrategias tecnológicas para optimizar la producción y la vida útil de zumo de granada (Púnica granatum cv. Mollar)* Tesis Doctoral Elche (Alicante). Universidad Miguel Hernández De Elche. Alicante. España.
- Villareal, Y., Mejía, D., Osorio, O., Cerón, A. (2013). *Efecto de pasteurización sobre características sensoriales y contenido de vitamina c en jugos de frutas*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Colombia.
- Yapuchura R. (2010). *Estudio de los Componentes antioxidantes de las hojas de Muña (Minthostachys mollis (kunth) griseb.) e Inca Muña (Clinopodium bolivianum (Benth)) Kuntze*. Tesis (Magister). Universidad Nacional Agraria la Molina. Escuela de post grado -Maestría en tecnología de alimentos.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Diseño y variables
¿Cómo influirá la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un jugo de granada (<i>Punica granatum</i>) variedad wonderful de Ite –Tacna?	Determinar la influencia de la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un jugo de granada (<i>Punica granatum</i>) variedad wonderful de Ite –Tacna.	La inclusión de cáscara y la pasteurización influirán sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un jugo de granada (<i>Punica granatum</i>) variedad wonderful de Ite –Tacna.	DISEÑO: experimental factorial 2x3; INDEPENDIENTES X1. Porcentaje de contenido de Cáscara (0 %, 100 %) X2. Temperatura (80°C, 85°C, 90°C)
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	DEPENDIENTE
¿Cómo influirá la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales del jugo de granada?	Determinar la influencia de la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características sensoriales del jugo de granada.	La inclusión de cáscara y la pasteurización influirán sobre las características sensoriales del jugo de granada.	Yi. Características Sensorial Aspecto, Color, Olor, Sabor. Yj. Características Fisicoquímicas Acidez, pH, sólidos solubles.
¿Cómo influirá la inclusión de cáscara y la pasteurización sobre las características fisicoquímicas del jugo de granada?	Determinar influencia de la inclusión de cáscara y pasteurización sobre las características fisicoquímicas del jugo de granada	La inclusión de cáscara y la pasteurización influirán sobre las características fisicoquímicas del jugo de granada.	

Fuente: Elaboración propia (2017)

Anexo 2. Análisis estadístico del color

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	5,495	1,83168	9,06	0,006
Cáscara (%)	1	2,99	2,99001	14,8	0,005
Temperatura (°C)	1	0,495	0,49501	2,45	0,156
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	2,01	2,01001	9,95	0,014
Error	8	1,6166	0,20207		
Falta de ajuste	2	1,2384	0,61922	9,83	0,013
Error puro	6	0,3781	0,06302		
Total	11	7,1116			

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,449526	77,27 %	68,74 %

	Effect	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	6,612500	0,072471	91,24307	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	0,998333	0,144943	6,88779	0,000462
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,497500	0,177518	-2,80254	0,031060
1 by 2	1,002500	0,177518	5,64733	0,001322

	Regressn	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	18,86333	2,136366	8,82963	0,000117
(1) CÁSCARA (%)	-0,16044	0,030213	-5,31039	0,001812
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,15000	0,025105	-5,97496	0,000986
1 by 2	0,00200	0,000355	5,64733	0,001322

$$\text{Color} = 18,86 - 0,1604 \text{ Cáscara (\%)} - 0,1500 \text{ Temperatura (°C)} \\ + 0,002005 \text{ Cáscara (\%)*Temperatura (°C)}$$

Anexo 3. Análisis estadístico del olor

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	4,63486	1,54495	8,4	0,007
Cáscara (%)	1	0,88563	0,88563	4,81	0,06
Temperatura (°C)	1	3,74011	3,74011	20,33	0,002
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	0,00911	0,00911	0,05	0,829
Error	8	1,47204	0,18401		
Falta de ajuste	2	0,14354	0,07177	0,32	0,735
Error puro	6	1,3285	0,22142		
Total	11	6,1069			

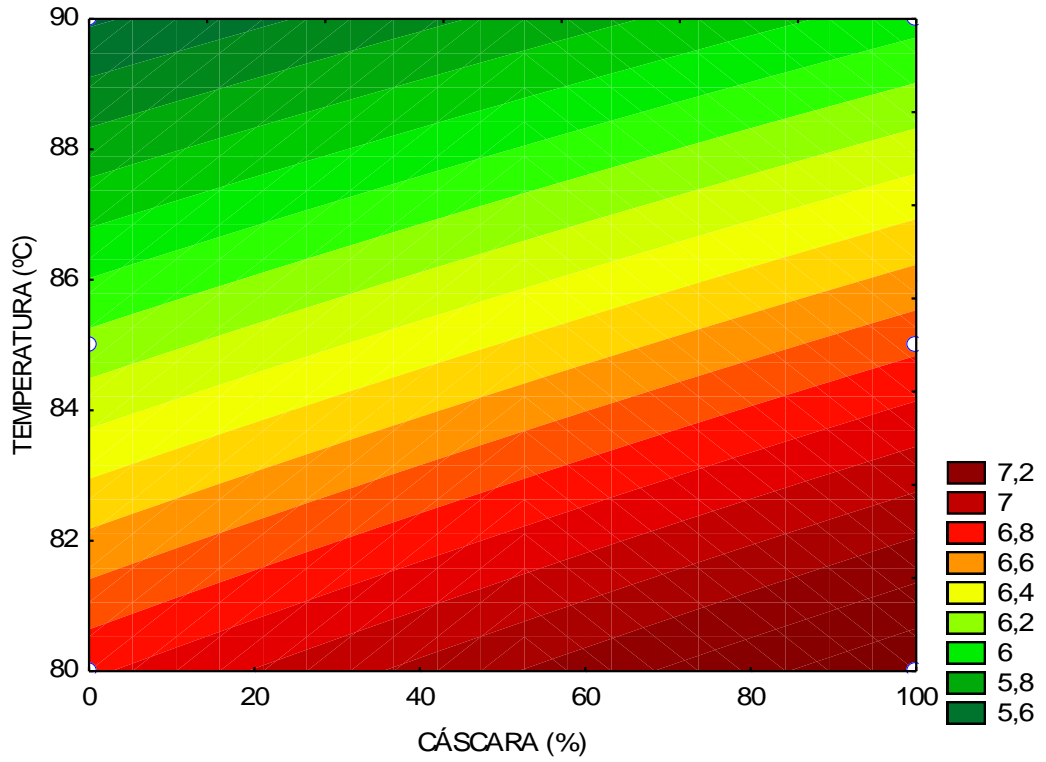
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,428958	75,90 %	66,86 %

	Effect	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	6,40500	0,135836	47,15249	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	0,54333	0,271672	1,99996	0,092431
(2) TEMPERATURA (°C)	-1,36750	0,332729	-4,10996	0,006287
1 by 2	-0,06750	0,332729	-0,20287	0,845943

	Regressn	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	17,18333	4,004280	4,29124	0,005142
(1) CÁSCARA (%)	0,01691	0,056629	0,29858	0,775331
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,13000	0,047055	-2,76273	0,032736
1 by 2	-0,00013	0,000665	-0,20287	0,845943

Olor = 17,18 + 0,0169 Cáscara (%) - 0,1300 Temperatura (°C)
 - 0,000135 Cáscara (%)*Temperatura (°C)

Fitted Surface; Variable: OLOR
2**(2-0) design; MS Pure Error=,2214167
DV: OLOR



Curvas de superficie de respuesta para la aceptabilidad del olor
Fuente: elaboración propia (2017)

Anexo 4. Análisis estadístico del sabor

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	6,1968	2,0656	8,78	0,007
Cáscara (%)	1	1,2545	1,2545	5,33	0,05
Temperatura (°C)	1	3,5645	3,5645	15,16	0,005
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	1,3778	1,3778	5,86	0,042
Error	8	1,8812	0,2352		
Falta de ajuste	2	0,3114	0,1557	0,6	0,581
Error puro	6	1,5698	0,2616		
Total	11	8,078			

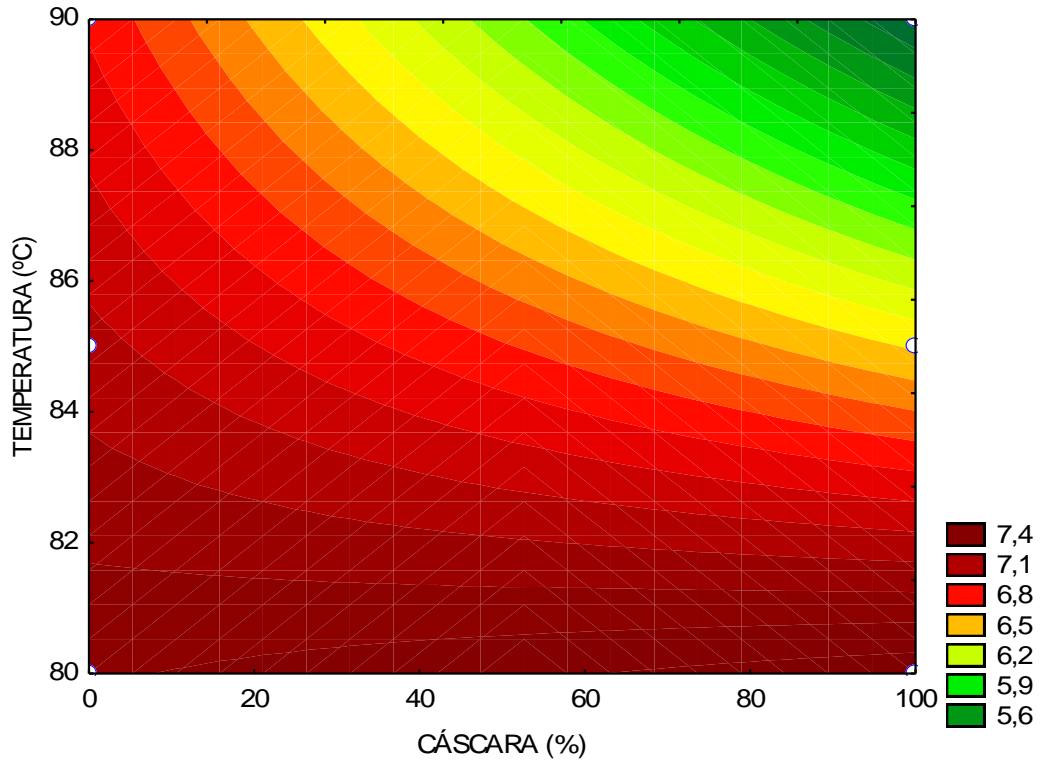
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,484925	76,71 %	67,98 %

	Effect	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	6,71000	0,147658	45,44296	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	-0,64667	0,295315	-2,18975	0,071099
(2) TEMPERATURA (°C)	-1,33500	0,361686	-3,69105	0,010196
1 by 2	-0,83000	0,361686	-2,29481	0,061537

	Regressn	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	11,32583	4,352771	2,60198	0,040554
(1) CÁSCARA (%)	0,13463	0,061557	2,18712	0,071358
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,05050	0,051150	-0,98729	0,361626
1 by 2	-0,00166	0,000723	-2,29481	0,061537

$$\text{Sabor} = 11,33 + 0,1346 \text{ Cáscara (\%)} - 0,0505 \text{ Temperatura(°C)} \\ - 0,001660 \text{ Cáscara (\%)*Temperatura (°C)}$$

Fitted Surface; Variable: SABOR
2**(2-0) design; MS Pure Error=,2616333
DV: SABOR



Curvas de superficie de respuesta para la aceptabilidad del sabor
Fuente: elaboración propia (2017)

Anexo 5. Análisis estadístico de la apariencia

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	7,5908	2,5303	17,29	0,0010
Cáscara (%)	1	5,7685	5,7685	39,42	0,0000
Temperatura (°C)	1	0,6441	0,6441	4,4	0,0690
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	1,1781	1,1781	8,05	0,0220
Error	8	1,1708	0,1464		
Falta de ajuste	2	0,2843	0,1422	0,96	0,434
Error puro	6	0,8865	0,1478		
Total	11	8,7616			

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,382559	86,64 %	81,63 %

	Effect	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	6,728333	0,110962	60,63654	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	1,386667	0,221923	6,24840	0,000779
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,567500	0,271800	-2,08794	0,081832
1 by 2	0,767500	0,271800	2,82377	0,030204

	Regressn	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	17,38250	3,271019	5,31409	0,001805
(1) CÁSCARA (%)	-0,11661	0,046259	-2,52076	0,045241
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,13350	0,038438	-3,47310	0,013254
1 by 2	0,00153	0,000544	2,82377	0,030204

$$\text{Apariencia} = 17,38 - 0,1166 \text{ Cáscara (\%)} - 0,1335 \text{ Temperatura (°C)} \\ + 0,001535 \text{ Cáscara (\%)*Temperatura (°C)}$$

Anexo 6. Análisis estadístico de los sólidos solubles

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	1	0,333333	91,43	0,000
Cáscara (%)	1	0,0675	0,0675	18,51	0,003
Temperatura (°C)	1	0,78125	0,78125	214,29	0,000
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	0,15125	0,15125	41,49	0,000
Error	8	0,02917	0,003646		
Falta de ajuste	2	0,00417	0,002083	0,5	0,63
Error puro	6	0,025	0,004167		
Total	11	1,02917			

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,0603807	97,17 %	96,10 %

	Effect	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	14,89167	0,018634	799,1707	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	-0,15000	0,037268	-4,0249	0,006920
(2) TEMPERATURA (°C)	0,62500	0,045644	13,6931	0,000009
1 by 2	-0,27500	0,045644	-6,0249	0,000944

	Regressn	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	7,316667	0,549305	13,31986	0,000011
(1) CÁSCARA (%)	0,045250	0,007768	5,82492	0,001126
(2) TEMPERATURA (°C)	0,090000	0,006455	13,94274	0,000008
1 by 2	-0,000550	0,000091	-6,02495	0,000944

$$\text{Sólidos solubles (°Bx)} = 7,317 + 0,04525 \text{ Cáscara (\%)} + 0,09000 \text{ Temperatura (°C)} - 0,000550 \text{ Cáscara (\%)*Temperatura (°C)}$$

Anexo 7. Análisis estadístico de la acidez

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0,000107	0,000036	4,12	0,048
Cáscara (%)	1	0,000075	0,000075	8,63	0,019
Temperatura (°C)	1	0,000024	0,000024	2,82	0,132
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	0,000008	0,000008	0,92	0,365
Error	8	0,00007	0,000009		
Falta de ajuste	2	0,000068	0,000034	101,25	0
Error puro	6	0,000002	0		
Total	11	0,000177			

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,0029475	60,73 %	46,01 %

	Effect	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	0,067500	0,000167	405,0000	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	0,005000	0,000333	15,0000	0,000006
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,003500	0,000408	-8,5732	0,000138
1 by 2	-0,002000	0,000408	-4,8990	0,002714

	Regressn	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	0,077750	0,004913	15,82493	0,000004
(1) CÁSCARA (%)	0,000390	0,000069	5,61295	0,001365
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,000150	0,000058	-2,59808	0,040767
1 by 2	-0,000004	0,000001	-4,89898	0,002714

$$\text{Acidez (\%)} = 0,0778 + 0,000390 \text{ Cáscara (\%)} - 0,000150 \text{ Temperatura (°C)} \\ - 0,000004 \text{ Cáscara (\%)*Temperatura (°C)}$$

Anexo 8. Análisis estadístico del pH

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0,000958	0,000319	12,27	0,002
Cáscara (%)	1	0,000833	0,000833	32	0,00
Temperatura (°C)	1	0,000013	0,000013	0,48	0,508
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	0,000112	0,000112	4,32	0,071
Error	8	0,000208	0,000026		
Falta de ajuste	2	0,000008	0,000004	0,12	0,885
Error puro	6	0,0002	0,000033		
Total	11	0,001167			

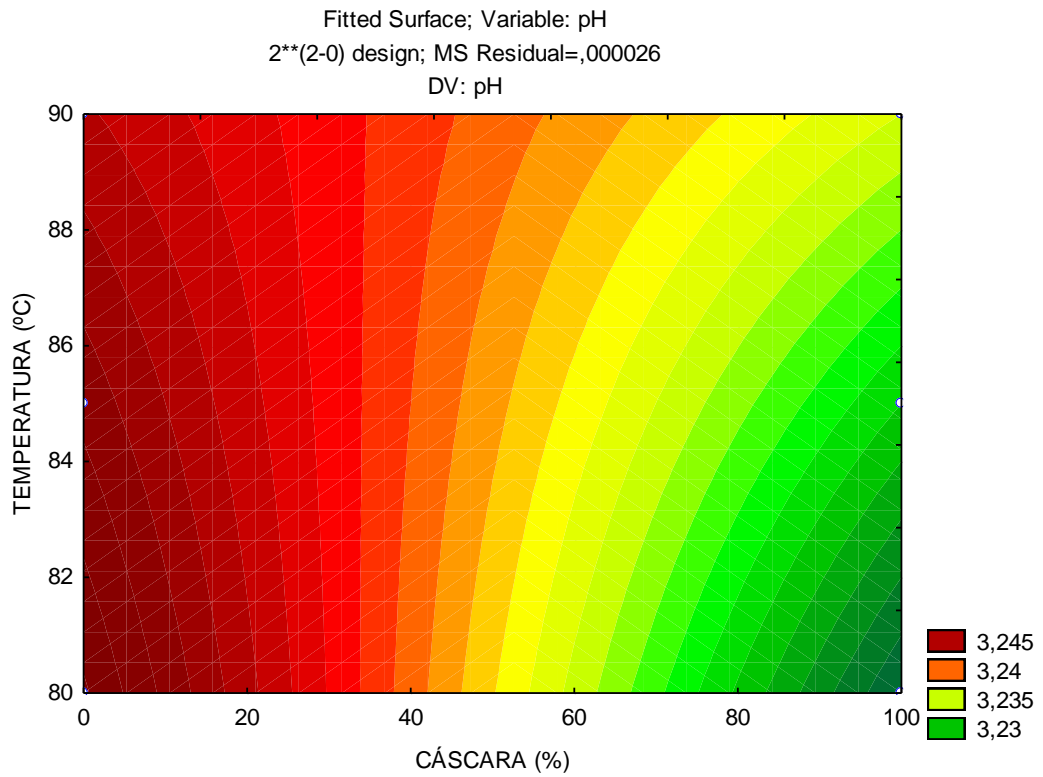
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,0051031	82,14 %	75,45 %

	Effect	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	3,238333	0,001667	1943,000	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	-0,016667	0,003333	-5,000	0,002452
(2) TEMPERATURA (°C)	0,002500	0,004082	0,612	0,562764
1 by 2	0,007500	0,004082	1,837	0,115840

	Regressn	Std.Err.	t(6)	p
Mean/Interc.	3,289167	0,049131	66,94640	0,000000
(1) CÁSCARA (%)	-0,001442	0,000695	-2,07487	0,083324
(2) TEMPERATURA (°C)	-0,000500	0,000577	-0,86603	0,419753
1 by 2	0,000015	0,000008	1,83712	0,115840

pH = 3,2892 - 0,001442 Cáscara (%) - 0,000500 Temperatura (°C)

+ 0,000015 Cáscara (%)*Temperatura (°C)



Curvas de superficie de respuesta para el pH
 Fuente: elaboración propia (2017)

Anexo 9. Análisis estadístico del contenido de polifenoles

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	771288	257096	4,29	0,044
Cáscara (%)	1	223751	223751	3,73	0,089
Temperatura (°C)	1	463083	463083	7,73	0,024
Cáscara (%)*Temperatura (°C)	1	84454	84454	1,41	0,269
Error	8	479285	59911		
Falta de ajuste	2	22658	11329	0,15	0,865
Error puro	6	456627	76104		
Total	11	1250573			

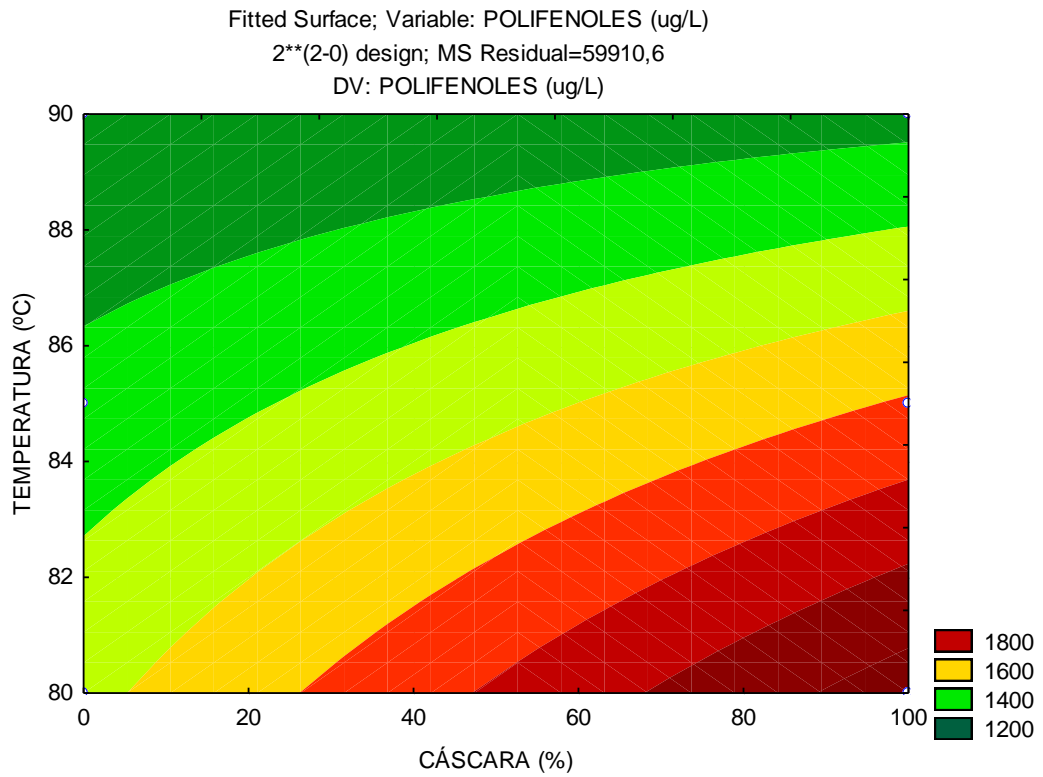
Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
244,766	61,67 %	47,30 %

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(6)	p
Mean/Interc.	1473,417	79,6369	18,50168	0,000002
(1)CÁSCARA (%)	273,100	159,2738	1,71466	0,137234
(2)TEMPERATURA (°C)	-481,188	195,0698	-2,46675	0,048672
1 by 2	-205,493	195,0698	-1,05343	0,332706

	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(6)	p
Mean/Interc.	3818,122	2485,386	1,53623	0,175391
(1)CÁSCARA (%)	39,720	35,149	1,13005	0,301598
(2)TEMPERATURA (°C)	-27,569	27,587	-0,99936	0,356201
1 by 2	-0,411	0,390	-1,05343	0,332706

$$\text{Polifenoles (ug/ml)} = 3680,27 + 37,6647 * \text{cáscara (\%)} - 27,5695 * \text{Temperatura (°C)} - 0,410985 * \text{cáscara (\%)} * \text{Temperatura (°C)}$$



Curvas de superficie de respuesta para los polifenoles
 Fuente: elaboración propia (2017)

Anexo 10. Ficha de cata hedónica estructurada

FICHA DE CATA HEDÓNICA ESTRUCTURADA

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Frente a usted hay muestras codificadas las cuales debe probar una a la vez, luego marque con una X en el casillero correspondiente a la escala de cada muestra según su percepción.

ATRIBUTO: _____

ESCALA	MUESTRAS											
	410	351	314	497	442	363	426	656	396	448	456	686
Me gusta muchísimo												
Me gusta mucho												
Me gusta moderadamente												
Me gusta un poco												
Me es indiferente												
Me disgusta un poco												
Me disgusta moderadamente												
Me disgusta mucho												
Me disgusta muchísimo												

Comentarios:

Anexo 11. Recuento microbiológico para el jugo de granada

Análisis	Recuento (m)
Numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables	<10 ufc/ml
Numeración de coliformes	< 3ufc/ ml
Hongos y levaduras	Ausencia

Fuente: Municipalidad Distrital de ITE.