



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**



**EFFECTO TERMODEGRADATIVO DE LA PASTEURIZACIÓN EN
EL CONTENIDO DE BETACIANINAS, POLIFENOLES TOTALES
Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN EL NÉCTAR FUNCIONAL DE
*AYRAMPO (Opuntia apurimacensis)***

**TESIS
PARA OPTAR GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

**Autor:
MENESES PERALTA, JUAN ENRIQUE**

**ICA – PERÚ
2021**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas interesadas en la ciencia de los alimentos, a mi familia, mis hijos y a mis mentores de la UNICA.

“Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes”
Issac Newton (1643-1727)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas involucradas en este trabajo, por su apoyo, opiniones, sugerencias y especialmente por la confianza depositada en mí.

- ★ A mis padres por darme la base para continuar estudiando e investigando.
- ★ A los miembros del comité consejero por la paciencia en leer mi trabajo y por las correcciones realizadas.
- ★ A mi asesora, por encaminarme a la investigación en la ciencia de los alimentos.
- ★ A la empresa Agroturismo y Negociaciones WASIPUNKO S.R.L., por facilitar la materia prima e información para el desarrollo de la investigación.
- ★ Al Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Agroindustrial – CITEagroindustrial Ica, por facilitarme sus instalaciones y otorgarme los permisos para asistir a clases.
- ★ A todos los profesores de la Escuela de Posgrado que me enseñaron durante mi paso por la Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ANEXOS	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	19
1.1. ANTECEDENTES	19
a) Antecedentes internacionales	19
b) Antecedentes nacionales	21
1.2. BASES TEÓRICAS.....	24
1.2.1. Ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>)	24
1.2.2. Betalaínas.....	32
1.2.3. Compuestos fenólicos o polifenoles totales	43
1.2.4. Antioxidantes	46
1.2.5. Néctar	48
1.2.6. Pasteurización	53
1.2.7. Metodología de Superficie de Respuesta	55
1.3. MARCO CONCEPTUAL	60
CAPÍTULO II: PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	63
2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	63
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	66
2.2.1. Problema general	66
2.2.2. Problemas específicos.....	66
2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
2.3.1. Justificación	66
2.3.2. Importancia.....	68
2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	69
2.4.1. Objetivo General.....	69

2.4.2. Objetivos Específicos	69
2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	69
2.5.1. Hipótesis general	69
2.5.2. Hipótesis específica.....	70
2.6. VARIABLES	70
2.6.1. Identificación de las variables	70
2.6.2. Operacionalización de variables	71
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	72
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	72
3.1.1. Tipo de investigación	72
3.1.2. Nivel de investigación	72
3.1.3. Diseño de investigación	72
3.2. POBLACIÓN-MUESTRA.....	73
3.2.1. Población	73
3.2.2. Muestra.....	73
CAPÍTULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	74
4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	74
4.1.1. Fase Preliminar.....	74
4.1.2. Análisis Sensorial	80
4.1.3. Análisis fisicoquímicos	84
4.1.4. Análisis Microbiológicos.....	86
4.1.5. Fase de Optimización	86
4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	94
4.2.1. Observación.....	94
4.2.2. Hojas de registro.....	94
4.2.3. Guías de análisis de documentos.....	94
4.2.4. Recolección de información.....	94
4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	95
4.3.1. Fase preliminar	95
4.3.2. Fase de Optimización	95
CAPÍTULO V: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	97
5.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.....	97
5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	98

CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	100
6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	100
6.1.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima.....	100
6.1.2. Formulaciones	101
6.1.3. Balance de Materia	102
6.1.4. Evaluación estadística del Análisis Sensorial	103
6.1.5. Evaluación fisicoquímica y microbiológica del prototipo seleccionado (TB-12608).....	122
6.1.6. Evaluación del efecto de la Pasteurización	123
6.1.7. Optimización mediante función de deseabilidad de la temperatura y tiempo de pasteurización	139
6.1.8. Estimación de la retención de compuestos	141
6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	142
CONCLUSIONES.....	145
RECOMENDACIONES	146
FUENTES DE INFORMACIÓN	147
ANEXOS	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación taxonómica del Opuntia Soehrensii	27
Tabla 2 Composición nutricional y fisicoquímica del Opuntia Soehrensii (Britton y Rose).....	28
Tabla 3 Ubicación taxonómica del Berberis sp.....	29
Tabla 4 Composición nutricional y fisicoquímica del Berberis sp.	30
Tabla 5 Concentraciones de Vit. C, polifenoles totales y capacidad antioxidante en fruto Opuntia apurimacensis	31
Tabla 6. Resumen de grupos de compuestos bioactivos	45
Tabla 7 Requisitos microbiológicos para el néctar	50
Tabla 8 Materias primas e insumos básicos para elaboración de néctar de fruta.....	51
Tabla 9 Análisis de varianza para la significancia de los coeficientes de regresión	58
Tabla 10 Operacionalización de variables.....	71
Tabla 11 Codificación de los prototipos.....	81
Tabla 12 Orden de presentación balanceado para 3 muestras.....	83
Tabla 13 Escala hedónica de 9 puntos	83
Tabla 14 Parámetros del planeamiento del DCCR para la pasteurización del néctar de ayrampo (Opuntia apurimacensis)....	88
Tabla 15 Matriz codificada de las variables de estudio - Pasteurización.....	96
Tabla 16 Análisis y contraste de la hipótesis general.....	97
Tabla 17 Análisis y contraste de la hipótesis específica 1.....	98
Tabla 18 Análisis y contraste de la hipótesis específica 2.....	99
Tabla 19 Análisis fisicoquímicos realizados a la pulpa de Ayrampo (Opuntia apurimacensis)	100
Tabla 20 Formulación de los prototipos experimentales	101
Tabla 21 Resumen general del balance de masa del proceso.....	102
Tabla 22 Resultados de la prueba de ordenamiento de la dilución 1:1.5 (Ayrampo:Agua)	103
Tabla 23 Análisis de datos para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:1.5	104

Tabla 24 Resumen de contrastes de hipótesis para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:1.5.....	104
Tabla 25 Resultados de la prueba de ordenamiento de la dilución 1:2.5 (Ayrampo:Agua)	106
Tabla 26 Análisis de datos para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:2.5	106
Tabla 27 Resumen de contrastes de hipótesis para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:2.5.....	107
Tabla 28 Resultados de la prueba de ordenamiento de la dilución 1:3.5 (Ayrampo:Agua)	108
Tabla 29 Análisis de datos para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:3.5	109
Tabla 30 Resumen de contrastes de hipótesis para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:3.5.....	110
Tabla 31 Prueba de aceptabilidad del prototipo TA-22608 (223) con dilución 1:1.5 @ 14°Brix	112
Tabla 32 Prueba de aceptabilidad del prototipo TB-12608 (543) con dilución 1:2.5 @ 12°Brix	113
Tabla 33 Prueba de aceptabilidad del prototipo TC-21109 (533) con dilución 1:3.5 @ 14°Brix	114
Tabla 34 Resumen de promedios de puntaje del tributo olor	116
Tabla 35 Análisis de varianza del atributo olor	116
Tabla 36 Resumen de promedios de puntaje del tributo color	117
Tabla 37 Análisis de varianza del atributo color	117
Tabla 38 Resumen de promedios de puntaje del tributo sabor	118
Tabla 39 Análisis de varianza del atributo sabor	118
Tabla 40 Resumen de promedios de puntaje del tributo textura	119
Tabla 41 Análisis de varianza del atributo textura	119
Tabla 42 Formulación del prototipo seleccionado (TB-12608)	120
Tabla 43 Resumen general de balance de masa del proceso de desarrollo ..	121
Tabla 44 Análisis físicoquímica y microbiológica del prototipo seleccionado (TB-12608)	122
Tabla 45 Respuestas de la matriz codificada del DCCR	123

Tabla 46 Análisis de los modelos del DCCR para la concentración de betacianinas en el néctar de ayrampo	124
Tabla 47 Análisis de Varianza (ANOVA) del modelo lineal/cuadrático de los efectos principales para la variable contenido de betacianinas en el néctar de Ayrampo.	127
Tabla 48 Análisis de los modelos de análisis del DCCR para la concentración de polifenoles en el néctar de ayrampo	129
Tabla 49. Análisis de Varianza (ANOVA) del modelo lineal/cuadrático de los efectos principales para la variable contenido de polifenoles en el néctar de Ayrampo.	132
Tabla 50 Análisis de los modelos de análisis del DCCR para la capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo	134
Tabla 51 Análisis de Varianza (ANOVA) del modelo lineal/cuadrático de los efectos principales y las interacciones de segundo orden para la variable capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo.....	137
Tabla 52 Porcentaje de retención de betacianinas y polifenoles totales obtenida por optimización de parámetros de pasteurización	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>) con cladodios diferentes y flor amarillo limón.	24
Figura 2. Valle del río Pachachaca - Apurímac	25
Figura 3. Fruto Ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>).....	25
Figura 4. Semillas del fruto de la Tunilla <i>soehrensii</i> proveniente de Sur de Pampa de Arrieros, Arequipa, Perú a 3310 msnm.	26
Figura 5. Ayrampo (<i>Berberis</i> sp.)	29
Figura 6. Estructura del ácido betalámico y grupos estructurales de las betalaínas	33
Figura 7. Fórmula estructural del ácido betalámico (a), y betanina (b).....	36
Figura 8. Cromatograma de HPLC obtenido de un extracto de tuna entera morada (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	37
Figura 9. Fórmula estructural de la betaxantina (a), e indicaxantina (b).....	37
Figura 10. Contribución total de betaxantina y betacianina (a) y proporción de betanina e indicaxantina (b) a betalaínas totales en nopal mexicano y español (<i>Opuntia ficus-indica</i> L. Mill) en fruta entera, cáscara y pulpa por el método de HPLC.....	38
Figura 11. Reacciones metabólicas de degradación de las betanina e isobetina	40
Figura 12. Diagrama de cajas de las concentraciones de polifenoles totales de frutos tuna y ayrampo.....	44
Figura 13. Flujo de operaciones para elaborar pulpa y néctar de frutas	52
Figura 14. Representación esquemática de un DCCR.....	57
Figura 15. Análisis de superficie multirespuesta	59
Figura 16. Gráfica de contornos	59
Figura 17. Ubicación de la procedencia de la materia prima empleada para la investigación.....	73
Figura 18: Fases experimentales de recolección de datos	75
Figura 19. Flujograma del proceso de elaboración de néctar de ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>)	76
Figura 20. Puntos experimentales para el planeamiento de compuesto central	87

Figura 21. Curva de calibración estándar de ácido gálico	91
Figura 22. Curva de calibración estándar de ácido gálico	93
Figura 23. Gráfica de Barras de error de los prototipos 392; 223 y 125 de la dilución 1:1.5	105
Figura 24. Gráfica de Barras de error de los prototipos 453; 776 y 978 de la dilución 1:2.5	108
Figura 25. Gráfica de Barras de error de los prototipos 533; 852 y 901 de la dilución 1:3.5	110
Figura 26. Comparativo del puntaje entre los prototipos TA-22608 (223), TB-12608 (453) TC-21109 (533).....	115
Figura 27. Presentación del prototipo final de néctar de ayrampo	120
Figura 28. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; en el contenido de betacianinas (mg/100 mL) en función a la temperatura y tiempo	125
Figura 29. Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de betacianinas en néctar de Ayrampo.....	126
Figura 30. Diagrama de Pareto para el contenido de betacianinas del néctar de Ayrampo.....	128
Figura 31. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; en el contenido de polifenoles (mg EAG/100 mL) en función a la temperatura y tiempo	130
Figura 32. Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de polifenoles en néctar de Ayrampo.....	131
Figura 33. Diagrama de Pareto para el contenido de polifenoles del néctar de Ayrampo.....	133
Figura 34. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; en la capacidad antioxidante ($\mu\text{mol eq. Trolox/mL}$) en función a la temperatura y tiempo	135
Figura 35. Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de polifenoles en néctar de Ayrampo.....	136
Figura 36. Diagrama de Pareto para la capacidad antioxidante del néctar de Ayrampo.....	138
Figura 37. Perfil de las variables predictivas y deseables	139

Figura 38. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; del valor deseable de contenido de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo	140
<i>Figura 39.</i> Recepción de jabas de ayrampo	161
<i>Figura 40.</i> Inmersión en agua a fruto ayrampo para lavado	161
<i>Figura 41.</i> Desinfección de ayrampos en una solución de agua + hipoclorito de sodio.....	162
<i>Figura 42.</i> Escaldado en agua de frutos de ayrampo	162
<i>Figura 43.</i> Frutos de ayrampo sumergidos en solución de soda cáustica para facilitar el pelado químico	162
<i>Figura 44.</i> Frutos de ayrampo pelados químicamente	163
<i>Figura 45.</i> Pulpeado mecánico de fruto de ayrampo	163
<i>Figura 46.</i> Cáscara y semilla de ayrampo	163
<i>Figura 47.</i> Pulpa de ayrampo fresco recién extraído	164
<i>Figura 48.</i> Proceso de adición de agentes clarificantes. (a) Pesado de bentonita y Endozym Protectzyme; (b) Dilución de agentes clarificantes en agua y (c) Adición de agentes clarificantes al jugo de ayrampo.....	164
<i>Figura 49.</i> Medición de pH y °Brix de la dilución de agua y pulpa de ayrampo, para calcular cantidad de ácido cítrico y azúcar a adicionar.	165
<i>Figura 50.</i> Control de temperatura realizado al proceso de pasteurización ...	165
<i>Figura 51.</i> Proceso de enfriado de botellas con néctar de ayrampo en agua	165
<i>Figura 52.</i> Proceso de análisis sensorial.....	166
<i>Figura 53.</i> Panel no entrenado participante del análisis sensorial.....	166
<i>Figura 54.</i> Refractómetro digital portátil Mettler Toledo, modelo Refracto 30 PX	168
<i>Figura 55.</i> Termómetro digital Traceable®, modelo único.....	168
<i>Figura 56.</i> Balanza analítica marca SARTORIUS modelo QUINTIX 224	169
<i>Figura 57.</i> pHmetro portable OHAUS®, modelo ST20	169
<i>Figura 58.</i> Espectrofotómetro ThermoScientific, modelo: “Genesys 10S	170
<i>Figura 59.</i> Estufa esterilizadora, Marca: Memmert, Modelo: UN55	170
<i>Figura 60.</i> Muestras de néctar de ayrampo empleadas para el análisis sensorial	171
<i>Figura 61.</i> Muestras de néctar de ayrampo a diferente proporción de dilución	171

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico del proceso de elaboración de néctar a partir de ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>)	161
Anexo 2: Panel fotográfico del Análisis sensorial de néctar de ayrampo	166
Anexo 3: Cartilla de evaluación de la Prueba de Ordenamiento	167
Anexo 4: Cartilla de evaluación de la Prueba de aceptabilidad-preferencia... ..	167
Anexo 5: Instrumentos de recolección de información de la presente investigación.....	168
Anexo 6: Muestras de prototipos en botellas y en bolsa.	171
Anexo 7: Tabla de valores críticos de Chi-cuadrada. Bajo la probabilidad de que $H_0 \geq X^2$	172
Anexo 8: Informe Final del Ensayo N° 384 LAB/19 – Laboratorio de Alimentos y Bebidas	173
Anexo 9: Informe Final del Ensayo N°486 LAB/19 – Laboratorio de Alimentos y Bebidas del CITEagroindustrial-Ica	174
Anexo 10: Informe Final del Ensayo N° 759 LAI/2019 – Laboratorio Agroindustrial	175

RESUMEN

El fruto Ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) aporta 1.5 veces más componentes bioactivos en forma de polifenoles, en comparación con la *Opuntia ficus-índica* (tuna), necesarias para cubrir funciones protectoras contra enfermedades crónicas que afectan a todas las edades en el mundo y como ingrediente natural para coloración de diversos productos alimenticios, sin embargo, debido a la pérdida de estos compuestos importantes como las betacianinas durante su procesado, fue necesario evaluar el efecto termodegradativo y la retención de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante, aplicando el método de superficie de respuesta (MSR), mediante el Diseño Compuesto Centra Rotable (DCCR), en la pasteurización del néctar de ayrampo con dos indicadores: Temperatura del medio y tiempo de exposición, obteniéndose 11 tratamientos: 4 factoriales, 4 axiales y 3 centrales. Los modelos obtenidos para el contenido de Betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante, fueron validados a través del análisis de varianza y diagramas de Pareto, donde las variables con significancia estadística ($p < 0.05$) fueron la temperatura del medio y tiempo de exposición. Los parámetros óptimos fueron T° : 74°C y 12.6 segundos, los cuales permiten obtener contenidos de betacianinas (6.02 mg/100 mL), polifenoles (100.56 mg EAG/100 mL) y capacidad antioxidante (2.72 μ mol eq. Trolox/100mL) y retienen 82.15%; 95.15% y 90% respectivamente.

Palabras clave: Ayrampo, néctar, betacianinas, polifenoles, capacidad antioxidante, pasteurización, termodegradación, optimización.

ABSTRACT

The Ayrampo fruit (*Opuntia apurimacensis*) provides 1.5 times more bioactive components in the form of polyphenols, compared to the *Opuntia ficus-indica* (prickly pear), necessary to cover protective functions against chronic diseases that affect all ages in the world and as an ingredient. However, due to the loss of these important compounds such as betacyanins during processing, it was necessary to evaluate the thermodegradative effect and retention of betacyanins, polyphenols and antioxidant capacity, applying the response surface method (MSR), through the Central Rotable Compound Design (DCCR), in the pasteurization of ayrampo nectar with two indicators: Medium temperature and exposure time, obtaining 11 treatments: 4 factorial, 4 axial and 3 central. The models obtained for the content of Betacyanins, polyphenols and antioxidant capacity were validated through the analysis of variance and Pareto diagrams, where the variables with statistical significance ($p < 0.05$) were the medium temperature and exposure time. The optimal parameters were T : 74°C and 12.6 seconds, which allow obtaining betacyanin contents (6.02 mg / 100 mL), polyphenols (100.56 mg EAG / 100 mL) and antioxidant capacity (2.72 $\mu\text{mol eq. Trolox}$ / 100mL) and retain 82.15%; 95.15% and 90% respectively.

Keywords: Ayrampo, nectar, betacyanins, polyphenols, antioxidant capacity, pasteurization, thermodegradation, optimization.

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS, MENCIÓN EN
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

TÍTULO:

EFECTO TERMODEGRADATIVO DE LA PASTEURIZACIÓN EN EL
CONTENIDO DE BETALAÍNAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE EN EL NÉCTAR FUNCIONAL DE AYRAMPO (*Opuntia
apurimacensis*)

AUTOR:

MENESES PERALTA, JUAN ENRIQUE

ASESOR:

DRA. TENORIO DOMÍNGUEZ, MATILDE

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata acerca de la evaluación del tratamiento térmico y su influencia sobre el contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante, a fin de determinar si se presentan pérdidas significativas durante el procesamiento del néctar de Ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), resultando imperativo conocer qué cantidad de estos componentes bioactivos son los que ingerimos al consumir dicho producto (Xu y Howard, 2012).

El interés de este trabajo viene dado por la existencia de diversos estudios que señalan a las betacianinas como responsables de diversas actividades biológicas, incluyendo funciones protectoras contra enfermedades crónicas como cánceres y trastornos relacionados con el estrés oxidativo, siendo beneficioso para la salud humana (Leong *et al.*, 2018), dado que estos problemas, afectan a todas las edades, constituyendo un problema de salud pública (Lanata 2012). El ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), contiene estos compuestos bioactivos (Jorge y Troncoso, 2016), los cuales pueden ser degradados a niveles de isomerización, hidrólisis, desglicosilación o descarboxilación (Herbach, Stintzing y Carle, 2006) cuando están expuestas durante largos periodos de tiempo a elevadas temperaturas.

En tal sentido, esta investigación es uno de los primeros que buscan evaluar el efecto termodegradativo en un néctar a través de la optimización de los parámetros de temperatura y tiempo en la pasteurización para la máxima retención de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante, aplicando la metodología de Superficie de Respuesta (MSR), con el fin de mejorar las características nutricionales del néctar obtenido con parámetros empíricos.

Asimismo, con los resultados que se presentan, se espera fomentar el desarrollo de este cultivo milenario en las regiones de Apurímac, Andahuaylas y Abancay y sierra de Nazca, dado que, según Ostolaza (2004), son las zonas en el Perú, donde se encuentra distribuida en forma silvestre, y de esta manera, lograr la industrialización de productos derivados tales como el néctar,

convirtiéndose en una de las alternativas más atractivas, debido a sus propiedades nutracéuticas y características comerciales, que, dicho sea de paso, según las tendencias de consumo de alimentos funcionales alrededor del mundo, sigue en ascenso.

Esta tesis, está estructurado por seis capítulos, los cuales se mencionan a continuación.

El Capítulo I: Asienta las bases teóricas con las que el proyecto se apoyará durante la fase de ejecución de la investigación. En ella se mostrarán los antecedentes nacionales e internacionales; las bases teóricas y conceptual.

El Capítulo II: Aborda el problema de investigación, situación problemática, formulación del problema, haciendo énfasis en el problema general y específico, la justificación e importancia de la investigación, los objetivos, hipótesis generales y específicos y por último las variables de estudio así como la operacionalización de esta última.

El Capítulo III: Detalla la estrategia metodológica que se aplicará durante el desarrollo experimental. Asimismo, describe el tipo de nivel y diseño de la investigación, la población y muestra de estudio,

El Capítulo IV: Describe las técnicas e instrumentos de recolección de información y técnicas de análisis e interpretación de resultados empleadas en esta investigación.

El Capítulo V: Esquematiza la contrastación de las hipótesis generales y específicas del estudio.

El Capítulo VI: Presenta la interpretación y discusión de los resultados hallados a lo largo de la experimentación

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

a) Antecedentes internacionales

Villareal, Y.; Mejía, F.; Osorio, O. y Cerón. A. (2013). Efecto de Pasteurización sobre características sensoriales y contenido de Vitamina C en jugos de frutas. Colombia

En esta investigación, evaluaron 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 del procesamiento 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 ($p < 0,05$) entre las características evaluadas antes y después del tratamiento térmico. Las pérdidas de vitamina C.

Reyes, G. (2013). Efecto de Pasteurización y almacenamiento en la estabilidad química y antioxidante de jugo de açai (*Euterpe oleracea* Mart.). Honduras

Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) esta fruta ha sido reconocida por tener alta capacidad antioxidante, debido a su alto contenido de diferentes polifenoles, principalmente antocianinas, los mismos que le dan un color rojo característico. El objetivo de esta investigación fue analizar

los cambios fitoquímicos y de capacidad antioxidante en jugo de açai producidos por efectos de pasteurización y almacenamiento. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron tratamientos de pre y post pasteurización, y se evaluó el efecto de almacenamiento a 30 y 40°C por 30 y 60 días. Se evaluaron características de contenido de polifenoles, concentración de antocianinas, polimerización, capacidad antioxidante y color. Los análisis de color mostraron que la disminución en color tuvo el mismo patrón que presentó la disminución de polifenoles-antocianinas. La pasteurización generó polimerización de antocianinas pero tuvo efecto conservativo en color ($P < 0.0001$) y contenido de polifenoles ($P = 0.002$). Las condiciones de almacenamiento afectaron contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. Las antocianinas mostraron gran sensibilidad (23% de reducción) en condiciones de almacenamiento ($P < 0.0001$), siendo los tratamientos a 60 días y 40°C los más influyentes. Cianidina-3-rutinósido se presentó en mayor cantidad que cianidina-3-glucósido y presentó mayor sensibilidad a temperatura de almacenamiento especialmente a 40°C. Se debe controlar la temperatura de almacenamiento en jugo de açai (menor a 30°C) para evitar pérdidas importantes de los compuestos de interés, deterioro en color y capacidad antioxidante.

**García-Cruz, L.; Salinas-Moreno, Y. y Valle-Guadarrama (2012).
Betalaínas, Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en
Pitaya de mayo (*Stenocereus gricesus* H.). México**

La pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.) es una cactácea columnar que se encuentra en zonas áridas y semiáridas de México. Sus frutos son jugosos y de coloraciones que van desde naranja hasta el púrpura. El color del fruto se debe a las betalaínas, que son compuestos nitrogenados hidrosolubles. En este estudio se analizó el fruto de dos variedades de pitaya: roja (PR) y naranja (PN), en cuanto al contenido de betalaínas totales

(betacianinas + betaxantinas), fenoles solubles totales y ácidos fenólicos, así como el poder antioxidante que se evaluó mediante el ensayo DPPH y cálculo del IC50. En PR se obtuvo un contenido de 347.3 ± 21.0 mg de betalaínas totales (BET)/100 g muestra seca, mientras que en la PN se encontraron 215.0 ± 36.2 mg de BET/100 g de muestra seca. El contenido de fenoles solubles totales fue de 166.5 ± 14.4 y 52.8 ± 3.8 mg de equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g de pulpa seca, para los frutos de PR y PN, respectivamente. De los ácidos fenólicos (AF), los libres se encontraron en mayor proporción que los glucosilados y esterificados. La PN tuvo mayor contenido de AF que la PR. La PR mostró un valor de IC 50, que es la concentración del extracto con la cual se logra una reducción de 50 % del radical DPPH, de 59.8 ± 0.32 μ M, en tanto que en la PN fue de 161.7 ± 4.8 μ M, lo que muestra una mayor capacidad antioxidante en la PR. La actividad antioxidante de los frutos de pitaya se atribuye principalmente a la presencia de betalaínas puesto que los fenoles se encuentran en menor proporción que ellas. Los frutos de *S. griseus* representan una alternativa para incrementar y diversificar la ingesta de antioxidantes entre la población de las zonas áridas y semiáridas de México.

b) Antecedentes nacionales

Jorge, P. y Troncoso, L. (2016). Capacidad antioxidante del fruto de la *Opuntia apurimacensis* (Ayrampo) y de la *Opuntia ficus-indica* (tuna). Perú

En la tuna existen compuestos antioxidantes, pero, se desconoce si hay en el ayrampo. El objetivo de su estudio se centró en determinar la capacidad antioxidante de *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) y de *Opuntia ficus-indica* (tuna). Emplearon un diseño de investigación de Estudio analítico observacional. El lugar de las observaciones fue en el Laboratorio de Bioquímica Clínica y Nutricional, Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. El material biológico fue Fruta fresca (ff) de *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) y *Opuntia ficus-indica* (tuna). En los extractos acuosos, realizaron

determinaciones de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante (FRAP). Analizaron sus resultados mediante la prueba de Mann-Whitney, con 95% de confianza. Las principales medidas de resultados fueron: Concentración de vitamina C y polifenoles totales; capacidad antioxidante. El ayrampo presentó mayor concentración de vitamina C (49,9 y 36,1 mg de ácido ascórbico/100 g ff), mayor concentración de polifenoles totales (107,3 y 68,7 mg de equivalente ácido gálico/100 g ff) y mayor capacidad antioxidante (1,1 y 0,7 mmoles de Fe- II/100 g ff) que la tuna. El ayrampo mostró mayor correlación entre la capacidad antioxidante y la vitamina C (0,91 y 0,56), mientras que, la tuna tuvo mayor correlación entre la capacidad antioxidante y los polifenoles totales (0,98 y 0,82). Conclusiones. El ayrampo presentó mayor capacidad antioxidante que la tuna.

Encina, C.; Bernal, A. y 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. Perú.

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 $\mu\text{mol eq Trolox/g}$.

Apaza, A. (2017). Influencia de parámetros fisicoquímicos en la extracción de pigmentos de ayrampo (*Opuntia Soehrensii* B.), sobre el contenido de fenoles totales, betacianinas totales y capacidad antioxidante. Perú

El Ayrampo (*Opuntia Soehrensii* B.), es una cactácea que se encuentra en zonas áridas, y sus frutos son de color guinda oscuro. El color del fruto se debe a la presencia de betalaínas y fenoles totales. En este estudio se analizó la influencia de parámetros fisicoquímicos en la extracción de pigmentos de ayrampo, sobre el contenido de fenoles totales que se evaluó con el Folin-Ciocalteu, betacianinas totales que se evaluó con el método propuesto por Cai y Corke (2000) y capacidad antioxidante utilizando la solución madre de ABTS. Para dicha extracción las semillas de ayrampo fueron llevadas a secar por 24 horas a 40°C; para después envasarlas en bolsas de polietileno con cierre hermético y cubiertas con papel aluminio. Para analizar la influencia de extracción se pesó 2g de semilla de ayrampo adicionando 20ml del solvente (0:100 y 80:20 de etanol 96° y agua) calibrando a un p de 3 y 5 regulando con una solución al 1% de ácido cítrico. Después las muestras fueron homogenizadas en un agitador Vortex a 750rpm y llevadas a una temperatura de 40°C y 80°C por un tiempo de 10min y 30min. Los resultados indican que a altas concentraciones de etanol (< 50%), promueven la degradación de éstos compuestos; sin embargo el efecto del pH es inversamente proporcional en el contenido de fenoles y capacidad antioxidante. A temperaturas mayores a 50°C reducen el contenido de betacianinas, fenoles y capacidad antioxidante debido al fenómeno de isomerización y descarboxilación de estos compuestos.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. Ayrampo (*Opuntia apurimacensis*)

Es una planta arbustiva, semiprostrada a erecta, 1 m de altura, con cladodios 15 a 20 cm. de largo, 6 a 10 cm. de ancho, 1 a 2 cm. de grosor, con un lado recto y el otro curvo, gloquidios marrón amarillento, 3 mm de largo, espinas 1 a 2, delgadas, blanquecinas, rectas, erectas, 7 mm de largo. Sus flores amarillo limón (Figura 1), 6.5 a 7 cm. de largo, frutos rojo brillante o verde amarillento, 6 cm. de largo (Crook y Mottran, 1995).



Figura 1. Ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) con cladodios diferentes y flor amarillo limón.

Fuente: Ostolaza (2014)

Se distribuye de manera silvestre entre las localidades de Andahuaylas hasta Abancay y por el río Pachachaca (Figura 2), de la Región Apurímac, de allí el nombre *Apurimacensis* debido a la alusión a la Región Apurímac (Ostolaza, 2014).



Figura 2. Valle del río Pachachaca - Apurímac

Fuente: Google maps (2014)

A diferencia del fruto de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), que presenta tres variedades de color (roja, verde y amarilla), el ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) sólo presenta una sola coloración morada (Figura 3).



Figura 3. Fruto Ayrampo (*Opuntia apurimacensis*)

Fuente: Jorge y Troncoso (2014)

1.2.1.1. Similitudes

El Ayrampo, debido a su nombre, es necesario diferenciarlo de otros frutos que también llevan el mismo o similar nombre, en los cuales abundan en estudios realizados en comparación con el *Opuntia apurimacensis*.

a) Ayrampo (*Opuntia soehrensii* Britton y Rose)

Según Arotoma y Godenzi (2012), es un *opuntia* de la familia de las cactáceas que crece sobre las rocas y al madurar, da pequeñas semillas de color rojizo (Figura 4). Rivera (2016), señala que es un arbusto silvestre que se desarrolla en algunas zonas alto andinas entre los 2500 y 4500 m.s.n.m. Sin embargo, Carpio y Portugal (2014), indican que también se desarrolla aproximadamente desde los 800 a 2800 m.s.n.m., pero de manera escasa.



Figura 4. Semillas del fruto de la *Tunilla soehrensii* proveniente de Sur de Pampa de Arrieros, Arequipa, Perú a 3310 msnm.

Fuente: Carpio y Portugal (2014)

Ostolaza (2014), señala que el *Opuntia soehrensii* hoy como *Tunilla soehrensii* Hunt y Liff 2000, fue descrita también por el Dr. Rose en Pampas de Arrieros, Arequipa, Perú en el año 1914, quien también encontró este cactus en Bolivia y zona norte de Argentina, el cual es empleado para colorear postres en dichas regiones a partir de los frutos y semillas que se venden en los mercados, así como para tinción artesanal de fibras de lana (Lock, 1990).

La ubicación taxonómica de la especie, Solano (1998), lo clasifica de acuerdo con Knize (1987) y Ostolaza (2014), según la Tabla 1:

Tabla 1

Ubicación taxonómica del Opuntia Soehrensii

Categoría	Taxón
Reino	Vegetal
División	Angiospermas (flores)
Clase	Dicotiledóneas
Sub-clase	Archiclamideas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Género	Opuntia
Especie	<i>Opuntia Soehrensii</i> (Britton y Rose)

Fuente: Solano (1998)

La composición nutricional y fisicoquímica del fruto *Opuntia soehrensii* (Britton y Rose), de acuerdo a varias investigaciones, tienen algunas divergencias, debido a diferentes factores durante los análisis, ya sean estadio de maduración del fruto, método de análisis empleado, entre otros, sin embargo, se

muestra (Tabla 2) los valores referenciales de varios estudios realizados al fruto.

Tabla 2

Composición nutricional y fisicoquímica del Opuntia Soehrensii (Britton y Rose)

Composición	Cantidad	Referencia
Humedad	21.2 %	Lock (1990)
Grasas cruda	1.7 %	Lock (1990)
Cenizas	10.2 %	Lock (1990)
Proteínas	6.8 %	Lock (1990)
Azúcares	6.7 %	Lock (1990)
Carbohidratos	11.2 g	Reyes, Gómez-Sánchez y Espinoza (2017)
Fibra	6.1 %	Lock (1990)
Kcal	51	Reyes, Gómez-Sánchez y Espinoza (2017)
Vit. B1	0.1 mg	Morales (2007)
Vit. B2	0.32 mg	Morales (2007)
Vit. C	10.34 mg	Morales (2007)

Fuente: Lock (1990), Reyes, Gómez-Sánchez y Espinoza (2017) y, Morales (2007).

b) Ayrampo (*Berberis sp.*)

De acuerdo con Soto (2017), este fruto (Figura 5) proviene de una planta silvestre, arbustiva, que pertenece a la familia de las berberidáceas. Se desarrollan generalmente en la zona alto andina de la región de Huancavelica y en menor cantidad en otras regiones como Ayacucho y Apurímac.

Según Quispe (1985), Soto (2017), Ccatamayo (2011), estos frutos son utilizados para la tinción de fibra animal, prendas de vestir, otorgando una coloración azul verdoso, asimismo, también es empleado en la elaboración de productos alimenticios y curativos.



Figura 5. Ayrampo (*Berberis sp.*)

Fuente: Soto (2017)

La ubicación taxonómica del *Berberis sp.* (Tabla 3), Mostacero (2008) lo clasifica en:

Tabla 3

Ubicación taxonómica del Berberis sp.

Categoría	Taxón
Reino	Vegetal
División	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Ranunculales
Familia	Berberidaceae
Género	Berberis
Especie	<i>Berberis sp.</i>

Fuente: Mostacero (2008)

Respecto a la composición nutricional y fisicoquímica del *Berberis* sp., Ccatamayo (2011), encontró los siguientes resultados, los cuales se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4

Composición nutricional y fisicoquímica del Berberis sp.

Composición	Cantidad
Humedad	79.52%
Grasa cruda	1.35%
Cenizas	2.68%
Proteínas	1.11%
Carbohidratos	12.63%
Densidad (g/cc)	1.089
ph	2.5
S.S.T. (°Brix)	17
Acidez (g/100 ml)	2.3
Actividad antioxidante	45.7%
	98.67±048 mg ác.
Contenido de fenoles totales	Clorogénico/100 mL de extracto
Polifenoles	525.02 mg/mL de ác. Gal
Antocianinas	298.56±0.35 mg/100g muestra
Vitamina C	2.97 mg/mL
Ácido cítrico	0.67/100 g de muestra

Fuente: Ccatamayo (2011)

A la luz de los estudios realizados, pese a ser frutos con los mismos nombres, su naturaleza, propiedades y características difieren una de la otra. Es por ello la importancia de diferenciarlos con el fin de establecer a cuál fruto se está realizando la presente investigación.

1.2.1.2. Composición química y usos

Respecto a la composición química y cantidad de nutrientes almacenados en un fruto, de acuerdo a Gould (1999), dependerán de diversos factores tales como temporada de crecimiento, temperatura, humedad, tipo de suelo, nutrientes presentes en el suelo, así como también la altitud de la zona de donde se cosecha el fruto y composición genética.

En el caso del *Opuntia apurimacensis*, existe escasa evidencia bibliográfica que datan la composición química del fruto. Al respecto, estudios realizados por Jorge y Troncoso (2016), señalan que el extracto acuoso de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), posee 1.5 veces más componentes bioactivos en comparación con la *Opuntia ficus-índica* (tuna).

Tabla 5

Concentraciones de Vit. C, polifenoles totales y capacidad antioxidante en fruto Opuntia apurimacensis

Composición	Tuna	Ayrampo
Vit. C (mg. de ácido ascórbico en 100 g de ff)	36,1 ± 1,7	49,9 ± 6,3
Polifenoles totales (mg equivalentes de ácido gálico en 100 g de ff)	68,7 ± 2,3	107,3 ± 10,6
FRAP (mmoles de Fe-II en 100 g de ff)	0,7 ± 0,0	1,1 ± 0,1
Contribución de vitamina C a la capacidad antioxidante (%)	76.8	68.5

Fuente: Jorge y Troncoso (2016)

El ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) es un fruto con gran potencial en la tecnología alimentaria que se puede consumir en diversas formas de procesamiento, ya sea como jugo, infusión, mermelada, y otros el cual debe ser aprovechada gracias a sus propiedades funcionales que posee.

1.2.2. Betalaínas

Son conocidos como los principales pigmentos de la *Beta vulgaris* sp. (Beterraga o remolacha) y de otras especies (Flores, Rentería, Sánchez y Chávez, 2019) comestibles (frutos y tubérculos), y no comestibles (semillas, raíces, tallos, hojas o flores).

1.2.2.1. Estructura

Es un pigmento termolábil, natural, hidrosoluble que contiene nitrógeno en su estructura, derivados del ácido betalámico (Badui, 1990, Bonfigli, 2017), en su estructura se sintetizan a partir del aminoácido tirosina (García-Cruz, Salinas-Moreno y Valle Guadarrama, 2012). Se clasifican en dos grupos estructurales: betacianinas y betaxantinas (García-Cayuela *et al.* 2018). Las betacianinas y betaxantinas son responsables del color rojo-púrpura y color amarillo-naranja, con picos máximos de absorción a 540 nm y 480 nm respectivamente (Gandía-Herrero y García-Carmona, 2013; Azeredo, 2009; García-Cayuela *et al.* 2018).

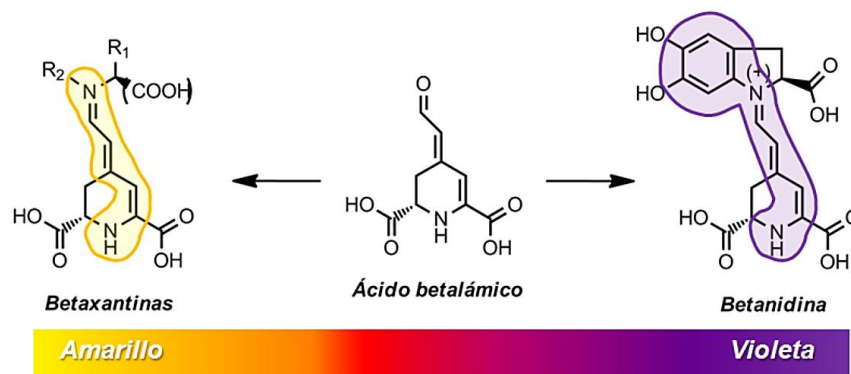


Figura 6. Estructura del ácido betalámico y grupos estructurales de las betalaínas

Fuente: Adaptado de “Betalaínas 2005-2015: Una historia con futuro”

1.2.2.2. Factores que afectan la estabilidad de las betalaínas

a) Temperatura

Según Azeredo, (2009), Flores *et al.* (2019), la temperatura es el factor más importante mientras se procesan y almacenan los alimentos, debido a que la degradación de las betalaínas, sigue una cinética de reacción de primer orden en función del pH (Castellar, Obón, Alacid y Fernández-López, 2003; Azeredo, (2009). Sin embargo, Hernández-Rodríguez y Salazar-Tjerino, (2017), señalan que el aditamento de ácido cítrico es capaz de preservar la estabilidad de las betalaínas ante factores como temperatura, oxígeno y luz.

b) pH

Flores *et al.* (2019), Ramírez (2015), señalan que las soluciones en rango de 3,0 a 6,0 de pH, las betalaínas son estables, mientras que fuera de ese rango, presentan una rápida pérdida de color y

degradación de compuestos betalaínicos (Gandía-Herrero y García-Carmona, 2013).

c) Luz

La absorción de ondas UV es la causa por la que el color se degrada y la inestabilidad de las betalaínas (Manchali, Chidambara, Nagaraju y Neelwarne, 2013), sin embargo, Herbach, Stintzing y Carle (2004), indican que la degradación del color depende de la existencia de oxígeno, dado que ésta no se da si se presentan condiciones anaerobias en el medio. Por otro lado, Manchali *et al.* (2013) sugieren que algunas fuentes de luz no producen el detrimento de las betalaínas y que, por el contrario, pueden provocar un efecto de alta concentración de color, según su longitud de onda, en tal sentido, Shin, Murthy, Heo, y Paek (2003) recomiendan una combinación de luz azul e infrarroja para mayor retención de betacianinas.

d) Oxígeno

La presencia de oxígeno en combinación con exposición a la luz y a temperaturas por encima de los 4°C, son cruciales para la degradación de las betalaínas durante el almacenamiento (Manchali *et al.*, 2013, Azeredo, 2009). Al respecto, Von Elbe, Maing y Amundson (1974), determinaron que la exposición de estos compuestos a niveles bajos o ausentes de oxígeno, incrementa su estabilidad, asimismo, Lock (1997) sugiere el uso de antioxidantes como ácido tartárico (0.15%), ascórbico e isoascórbico, cítrico (0.15%), benzoato de sodio

(0.15%) y galato de propilo (0.01%) para mejorar la estabilidad.

e) Actividad de agua (a_w)

En alimentos con bajo contenido de humedad y a_w ($<0,63$), las betalaínas tienden a una mejor estabilidad, producto de la menor disponibilidad de agua para la generación de reacciones químicas (Nayhua, 2017; Flores *et al.* (2019), tales como la ruptura del enlace aldimina del compuesto (Herbach, Stintzing y Carle, 2006).

f) Actividad enzimática

Herbach, Stintzing y Carle (2006) mencionan que una inactivación inadecuada de las polifenoloxidasas, peroxidasas y glucosidasas, generan inestabilidad en los compuestos betalámicos, debido a la oxidación de compuestos fenólicos sin color (Castillo-Garrido, 2013), formación de agliconas (Von Elbe y Schwartz, 1996) y radicales (Stintzing y Carle, 2008), por consiguiente, la degradación de las betalaínas

g) Metales

De acuerdo a Pasch y Von Elbe (1979) y Badui (1993), la presencia de iones metálicos de hierro, cobre, mercurio, estaño y aluminio en un medio acuoso, aceleran la pérdida de color de los compuestos betalámicos. En tal sentido, Hernández-Rodríguez y Salazar-Tjerino, (2017) y Delgado (2015), recomiendan emplear ácido cítrico o EDTA

como agente secuestrante, debido a que esta sustancia forma complejos fuertes con iones metálicos mencionados anteriormente.

1.2.2.3. Betacianinas

Son compuestos derivados del ácido betalámico, que se encuentran ligados al grupo 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA), siendo la betanina (Figura 7) su principal componente y en menor nivel la isobetanina (Sáenz *et al.*, 2009), que es producto de la isomerización por calentamiento (Nayhua, 2017). Es el componente que otorga la coloración rojo-púrpura.

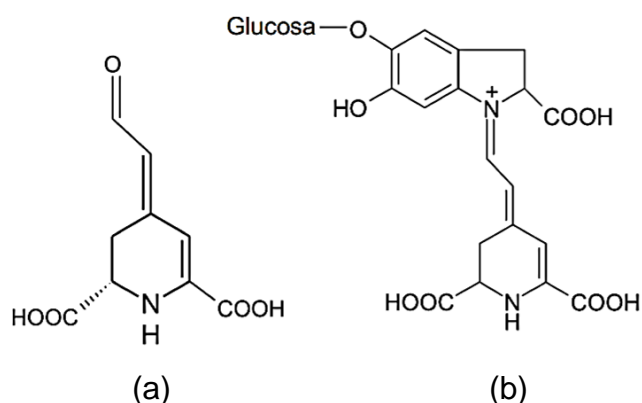


Figura 7. Fórmula estructural del ácido betalámico (a), y betanina (b).

Fuente: Adaptado de Vergara (2013)

Diversos estudios realizados a frutos del género *Opuntia*, aseguran contener betanina en rangos de 14 a 64.4 mg/100g⁻¹ (Sepúlveda, Sáenz y Gómez, 2003; Fernández-López, Castellar y Almela, 2002; Castellar Obón, Alacid y Fernández-López, 2003), los cuales de acuerdo a Gould (1999) y Stintzing *et al.* (2005), están en función a factores tales como índice de madurez, clima, procedencia, variedad, altitud, tipo de suelo, humedad, etc.

Ópticamente son activas debido a la presencia de dos carbonos quirales C₂ y C₁₅ (Delgado, 2015), los cuales se absorben entre 534 y 555 nm de longitud de onda máxima (García-Cayuela *et al.*, 2019; Fennema, 1993, Badui, 1993).

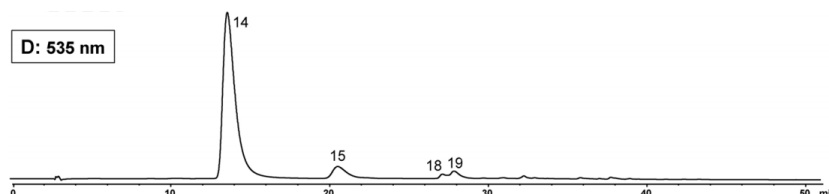


Figura 8. Cromatograma de HPLC obtenido de un extracto de tuna entera morada (*Opuntia ficus-indica*)

Fuente: Adaptado de García-Cayuela *et al.*, 2019

1.2.2.4. Betaxantinas

Es el compuesto responsable de la coloración amarilla. Se han identificado dentro de las betaxantinas, la indicaxantina (Figura 8):

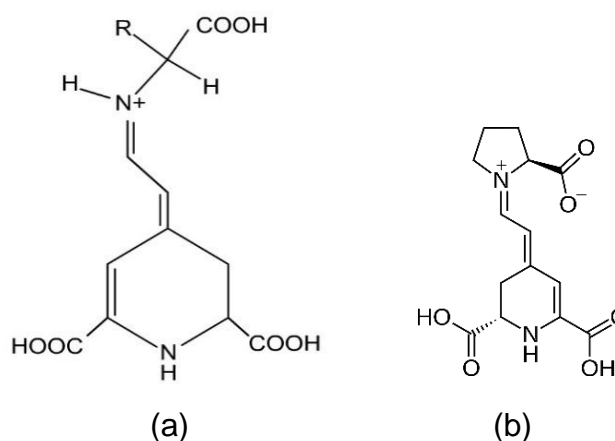


Figura 9. Fórmula estructural de la betaxantina (a), e indicaxantina (b)

Fuente: Adaptado de Nayhua (2017)

Similar al caso de las betacianinas, diversos estudios realizados a frutos del género *Opuntia*, aseguran contener indicaxantina en rangos de 9.96 a 18.65 mg/100g⁻¹ (Sáenz *et al.*, 2009; Stintzing *et al.* 2005), asimismo, de acuerdo con Lock (1997), la termolabilidad de las betaxantinas, es superior al de las betacianinas, por lo que son más complejas de aislar, sin embargo, dependerá de la variabilidad genética del fruto que puede reflejarse en la diversidad de colores tales como rojo, violeta, verde y amarillo (Jiménez *et al.*, 2015), tal como lo muestra la siguiente figura de un estudio realizado por García-Cayuela *et al.*, (2019)

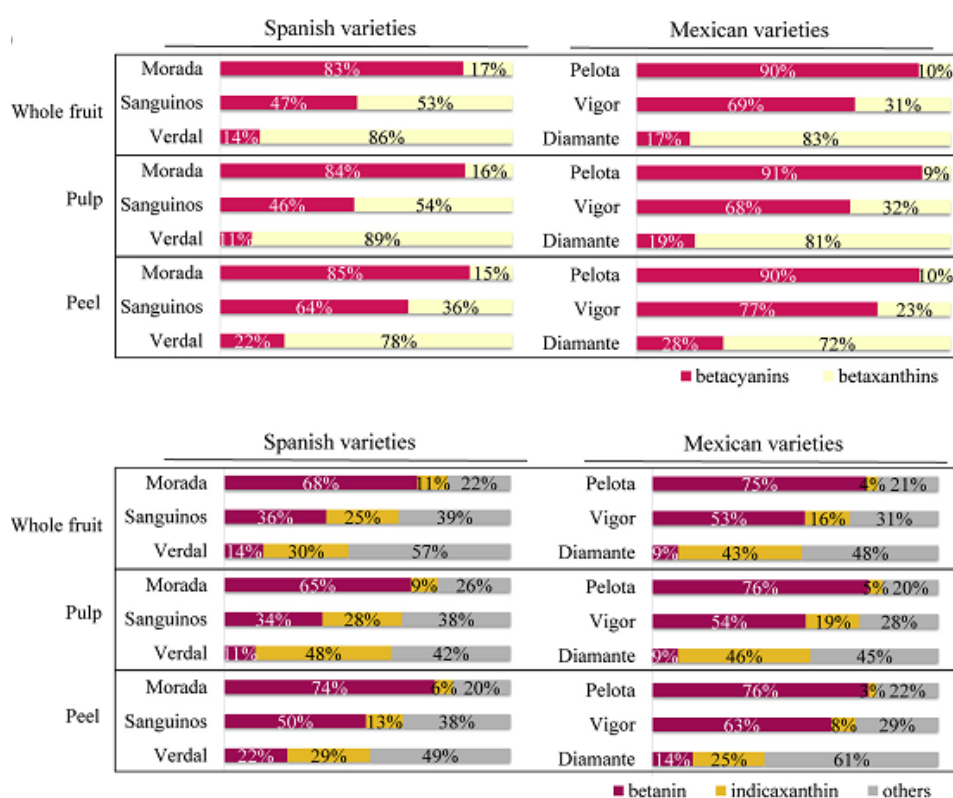


Figura 10. Contribución total de betaxantina y betacianina (a) y proporción de betanina e indicaxantina (b) a betalaínas totales en nopal mexicano y español (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) en fruta entera, cáscara y pulpa por el método de HPLC.

Fuente: Adaptado de García-Cayuela *et al.* (2019)

En la figura 10, García-Cayuela *et al.*, (2019) caracterizó y cuantificó betalaínas y compuestos fenólicos de la pulpa, cáscara y fruta entera de tunas mexicanas y españolas, logrando establecer diversos porcentajes de presencia de betaxantinas y betacianinas en diferentes variedades genéticas de un mismo fruto, corroborando lo descrito por Jiménez *et al.*, (2015).

Por lo tanto, para alcanzar estas lecturas, las betaxantinas, son absorbidas a una longitud de onda máxima entre 460 – 480 nm de rango de luz visible (Delgado, 2015; Castellar *et al.*, 2003; Allegra *et al.*, 2005; García-Cayuela *et al.*, 2019).

1.2.2.5. Métodos de caracterización

De acuerdo con Delgado (2015), la caracterización de betalaínas puede ser ejecutada con diversos métodos que requieren de equipamientos básicos hasta complejos, como el espectrofotómetro UV-vis, espectroscopía de masas y resonancia magnética nuclear (RMN).

Las betacianinas tienen dos máximos de absorción; la primera entre 270 y 280 nm en el rango UV, por su estructura ciclo-dopa, y la segunda a 535-538 nm en un rango visible dependiendo del disolvente empleado para la extracción, no obstante, Stintzing, *et al.*, 2004, señala un tercer máximo en el rango de 300-330 nm, producto de la acilación con ácidos hidroxicinámicos.

En una mezcla compleja, el estudio de las betalaínas se emplea un equipo de cromatografía líquida acoplada a masas (HPLC-MS), método que consiste en separar mediante cromatografía líquida e identificar a través de las masas de los iones moleculares (Stintzing, *et al.*, 2004).

Estudios recientes como el desarrollado por Mulinacci e Innocenti, (2012), datan del uso del método de ionización por electrospray (ESI), en modo positivo, así como la espectrofotometría de masas tándem (MS/MS), para la obtención de una considerable información de la estructura de estos compuestos.

1.2.2.6. Reacciones metabólicas de degradación

De acuerdo con Herbach, Stintzing y Carle (2006), las betalainas se degradan a través de rutas como la descarboxilación, deshidrogenación, isomerización, desglicosilación, ruptura hidrolítica y múltiples descarboxilaciones y deshidrogenaciones.

Las reacciones metabólicas de degradación de estos compuestos, se muestran en la Figura 3, descritas esencialmente para betanina e isobetanina:

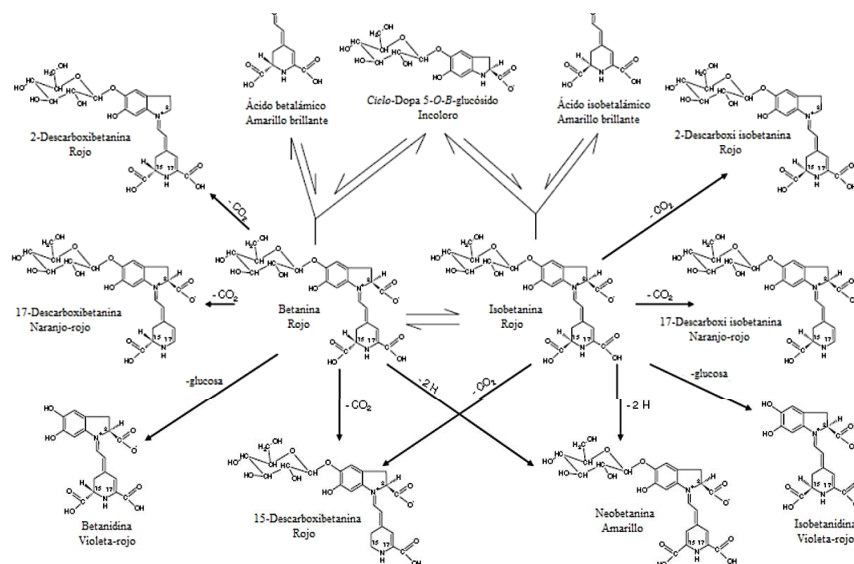


Figura 11. Reacciones metabólicas de degradación de las betanina e isobetanina

Fuente: Adaptado de Herbach, Stintzing y Carle (2006)

a) Descarboxilación

De acuerdo a Herbach, Stintzing y Carle (2006), esta reacción puede ocurrir en betacianinas en los carbonos C₂, C₁₅ y C₁₇ y en las betaxantinas, en los carbonos C₁₁ y C₁₃. El tipo de desplazamiento que produce la descarboxilación es hipsocrómico, debido a un descenso en la deslocalización de los electrones π .

b) Deshidrogenación

Alard *et al.* (1985), señalan en su estudio que el efecto de la deshidrogenación a partir de la isobetanina, genera el compuesto 14,15-dehidroxibetanina (neobetanina), caracterizado por tener una coloración amarilla.

c) Isomerización

La betanina se isomeriza en isobetanina en el carbono C₁₅, cuyo croma es similar al de la betanina (Schwartz y Von Elbe, 1983), el cual, de acuerdo con Azeredo (2009), se produce durante el proceso de calentamiento, y en condiciones ácidas y alcalinas (Herbach, Stintzing y Carle, 2004 y 2006). Según Vergara (2013), la isomerización más que una reacción de degradación, es una modificación estructural.

d) Desglicosilación

De acuerdo con Herbach, Stintzing y Carle (2006), se puede obtener una coloración rojo-violeta intenso, a raíz de la constitución de una aglicona de menor estabilidad susceptible a la oxidación, en condiciones de altas temperaturas, medio altamente ácido y con presencia de β -glucosidasa, provocando así un desplazamiento batocrómico a 4 nm.

e) Hidrólisis

Herbach, Stintzing y Carle (2006), observaron en tratamientos térmicos, a pH superior a 6, la ruptura hidrolítica del enlace aldimina de las betalaínas, se puede obtener una coloración rojo-violeta intenso, a raíz de la constitución de una aglicona de menor estabilidad.

f) Descarboxilaciones y deshidrogenaciones múltiples

Durante el tratamiento térmico de las betaninas, puede producirse más de un mecanismo de reacción, como la neobetanina deshidrogenada bidescarboxilada (Herbach, Stintzing y Carle, 2004).

1.2.3. Compuestos fenólicos o polifenoles totales

Son considerados metabolitos secundarios de las plantas, que constituyen un amplio grupo de sustancias químicas (> 8000 compuestos) con diferentes actividades y estructuras químicas (Ramírez, 2015), relacionadas con la calidad sensorial de alimentos frescos y procesados (Martínez - Valverde, Periago, y Ross, 2000).

Según Wu *et al.* (2006), los productos hortofrutícolas que contienen diferentes tipos de fenoles, también contienen betalaínas, a excepción de las antocianinas, ya que, ambos pigmentos, son correlativamente excluyentes.

García-Cruz *et al.* (2012), señalan que existen algunos estudios en donde el contenido de fenoles totales supera al de las betalaínas, y en otras, lo contrario, como lo reportado por García-Cayuela *et al.* (2019) en la figura 10. Además, estos compuestos fenólicos actúan como antioxidantes naturales, de modo que la producción de alimentos ricos en contenido de fenoles o polifenoles, están asociados como agentes protectores de enfermedades cardiovasculares y el cáncer, así como en procesos de senectud (Ramírez, 2015).

Al respecto, Stintzing *et al.* (2005), Tesoriere *et al.* (2005), indican que la *Opuntia ficus-indica*, del ecotipo púrpura, contiene un elevado contenido de polifenoles (660 mg/L⁻¹ de jugo), que favorece su actividad antioxidante en sistemas biológicos, debido a su capacidad de inactivar radicales y quelar metales (Vergara, 2013), sin embargo, Jorge y Troncoso (2016), han reportado valores inferiores (Figura 11) para tuna roja (*Opuntia ficus-indica* L Miller) y Ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), de Perú, con el método de Singleton, Orthofer y Lamuela-Raventos,

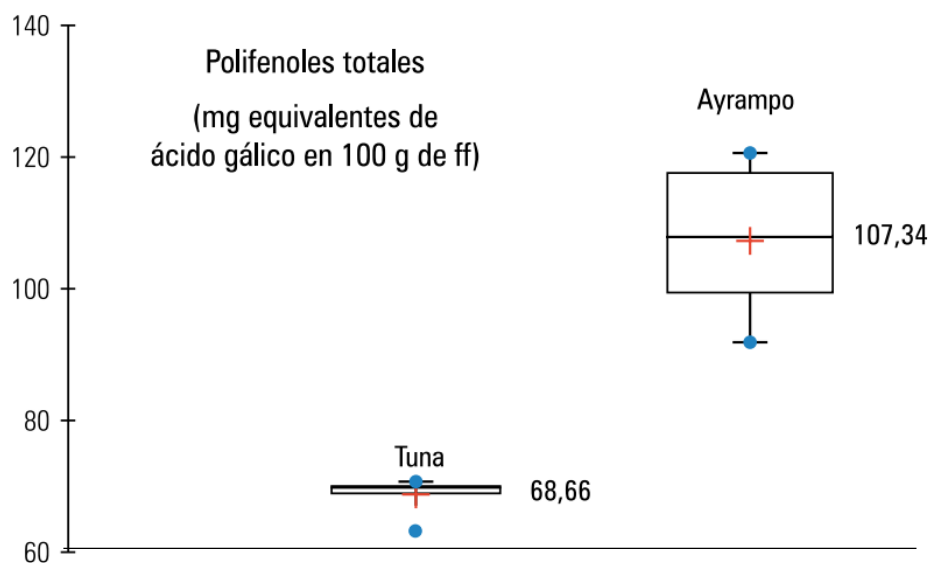


Figura 12. Diagrama de cajas de las concentraciones de polifenoles totales de frutos tuna y ayrampo

Fuente: Adaptado de Jorge y Troncoso (2016)

1.2.3.1. Clases de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos, de acuerdo con Harbome, citado por Martínez-Valverde, Periago y Ross (2000), dependiendo de su estructura química, se pueden agrupar en diferentes clases, siendo los fenoles, ácidos fenólicos, ácidos fenil acéticos, cinámicos, cumarinas, isocumarinas, cromoles, lignanos, neolignanos, flavonoides y taninos, las que presentan un mayor interés nutricional

Al respecto, en la Tabla 6, se muestra un resumen de los principales compuestos fenólicos:

Tabla 6*Resumen de grupos de compuestos bioactivos*

Clases y subclases	Fitoquímicos	Alimentos
	Taninos	
Condensados	Catequina, polímeros de Epicatequina	Lentejas, frijoles de ojo negro, vino tinto y blanco, uva oscura, jugo de manzana
	Flavonoides	
Flavonoles	Queracetina, Kaempferol, Myricetina	Olivas, cebollas, cereza, lechuga, arándanos, tomate, manzana, té verdes.
Flavonas	Apigenina, Luteolina	Apio, olivas
Flavanoles	Catequina, Epicatequina	Pera, vino tinto y blanco, manzana
	Ácidos fenólicos	
Hidroxicinámicos	Ácidos cafeico, clorogénico, ferúlico	Granos de café, arándanos, cerezas dulces, naranja, patata blanca, uva.
Hidroxibenzoicos	Ácidos elágico y gálico	Granada, jugo de uva negra y verde

Fuente: Adaptado de Ramírez (2015)

De acuerdo con Kuti, (2004) y Galati *et al.* (2003), en la *Opuntia ficus-indica*, se han encontrado algunos polifenoles como quercetina, kaempferol, kaempferol-3-rutinosido, isoramnhetina-3-rutinosido, rutina y derivados de isoramnhetina. En la *Opuntia ficus-indica* de ecotipo púrpura, Kuti (2004), señala que los flavonoides totales son los polifenoles mayoritarios presentes en valores ORAC.

a) Flavonoides

Son sustancias de bajo peso molecular, cuya estructura admite variaciones y sustituciones en el anillo pirona, que dan lugar a flavonas, flavonoles, flavanololes, flavanonas, catequinas, isoflavonoides, calconas, dihidrocalconas, leucoantocianidinas, antocianidinas y proantocianidinas o taninos condensados (no hidrolizables) (Zheng *et al.* 2008; Martínez-Valverde, Periago y Ross, 2000).

b) Taninos

Son sustancias fenólicas hidrosolubles de bajo peso molecular. Poseen varios grupos hidroxilos permitiéndoles enlazarse con proteínas y otras macromoléculas. (Ramírez, 2015). Según Gamarra (2003), forman glucosa y ácido gálico a través de hidrólisis con base, ácido o enzimas, debido a la presencia de un núcleo parcial o totalmente esterificado con ácido gálico o hexahidroxidifénico.

1.2.4. Antioxidantes

Según Cheftel *et al.* (1988), son sustancias que pueden interrumpir la cadena de radicales cediendo a un radical libre, un radical de hidrógeno.

1.2.4.1. Capacidad o actividad antioxidante de compuestos fenólicos

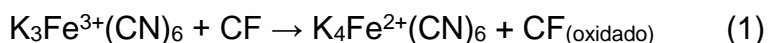
De acuerdo con Pedrós (2011), los compuestos fenólicos emplean dos mecanismos para actuar como antioxidantes:

a) Antirradicalarios

Cediendo átomos de electrones o hidrógeno, bloqueando el ciclo de generación de nuevos radicales libres.

b) Agente quelante

Secuestrando efectivamente los iones metálicos e inhibiendo la generación de radicales libres a través de la reacción de Fenton (Ec. 1):

**1.2.4.2. Métodos de evaluación de capacidad antioxidante**

Coavoy (2015), señala la existencia de 3 métodos ampliamente utilizados para evaluar la capacidad antioxidante en productos vegetales:

a) Método DPPH

Consiste en neutralizar el radical libre 2,2-difenildipicrilhidracil, sustrayendo un átomo de hidrógeno proveniente de un donador por el radical libre DPPH, ocasionando un cambio de color de violeta a amarillo. Según la intensidad de decoloramiento, denota la habilidad del antioxidante de secuestrar al radical libre, a los veinte o treinta minutos de reacción, en un espectrofotómetro, a un máximo de 515 nm (Cunha, 2011; Brand-Williams *et al.* 1995).

b) Método ABTS

Consiste en neutralizar el radical sintético ABTS* (ácido 2,2'azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)), compuesto cromóforo verde-azulado que al reaccionar se vuelve incoloro a 340 nm de absorción de longitud de onda. (De Oliveira, 2011)

c) Método DMPD

Similar al método ABTS, con la diferencia que este método emplea la 4-amino-N,N-dimetil-p-fenilendiamina (DMPD), de coloración rosa, con el cual, se logra la cuantificación de la actividad antioxidante de compuestos hidrofílicos y liposolubles. Durante la reacción, este compuesto se decolora, siendo visible a una longitud de onda de 505 nm después de dieciocho a veintiuno horas, almacenando en refrigeración y sin exposición a luz. Los resultados son expresados en equivalentes de Trolox (Fogliano, Verde, Randazzo y Ritieni, 1999).

1.2.5. Néctar

De acuerdo al CODEX STAN 247-2005, es un producto sin fermentar, pero fermentable, el cual se obtiene adicionando agua con o sin adición de azúcares de miel y/o jarabes y/o edulcorantes a productos como zumos de frutas, zumos concentrados, zumos extraídos con agua, purés de frutas, purés concentrados de frutas o mezclas de estos productos. También puede contener sustancias aromáticas, componentes aromatizantes volátiles, pulpa y células, todos los cuales deberán proceder del mismo tipo de fruta y obtenerse por procedimientos físicos.

Coronado e Hilario (2001) señalan que el néctar no es un producto estable por sí mismo, es decir, requiere de tratamientos térmicos adecuados para asegurar su conservación en anaquel.

1.2.5.1. Requisitos técnicos

Según la NTP 203.110 2009 y la FAO (1998), el néctar puede tener las siguientes características fisicoquímicas:

- ✓ Coloración turbia, clara o clarificada.
- ✓ Atributos propios de la fruta del cual a partir de elabora.
- ✓ Exento de aromas o sabores extraños u objetables.
- ✓ pH de > 3.3 y < 4.5 .
- ✓ Acidez titulable (ácido anhidro g/100 mL) máximo 0.6 y mínimo 0.4.
- ✓ Sólidos solubles mínimo 12% a 20°C
- ✓ Sólidos en suspensión en % (v/v) de 18
- ✓ $C_7H_5NaO_2$ y $C_6H_7KO_2$ (solos o en conjunto) en g/100 mL: 0.05%.
- ✓ Sin antisépticos

1.2.5.2. Requisitos microbiológicos

La composición química de las frutas incluye un elevado contenido de humedad que superan el 90%, propiciando un medio de cultivo para microorganismos tales como mohos y levaduras (Guevara, 2015). En la Tabla 7, conforme a la NTP 203.110 2009, se recomienda los siguientes índices máximos permisibles en los néctares.

Tabla 7*Requisitos microbiológicos para el néctar*

Parámetros	Valores				Método de ensayo
	n	m	M	c	
Coliformes NMP/cm ³	5	<3	--	0	FDA BAM on line ICMSF
Recuento estándar en placa REP UFC/cm ³	5	10	100	2	ICMSF
Recuento de mohos UFC/cm ³	5	1	10	2	ICMSF
Recuento de levaduras UFC/cm ³	5	1	10	2	ICMSF

Fuente: NTP 203.110 2009

En donde:

- n = número de muestras por examinar
- m = índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad
- M = índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad
- c = número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M.
- < = léase menor a.

1.2.5.3. Materias primas e insumos

Las materias primas e insumos básicos necesarios para la elaboración de una bebida tipo néctar, de acuerdo con lo sugerido por Coronado e Hilario, (2001); Guevara (2015), son las siguientes:

Tabla 8

Materias primas e insumos básicos para elaboración de néctar de fruta.

Materia prima e insumo	Características
Frutas	Maduras, sanas y frescas
Agua	Potable, blanda y microbiológicamente aceptable.
Azúcar	Además del azúcar natural de la fruta, la azúcar blanca.
Ácido cítrico	Natural o sintético, para regular acidez con ayuda de un pHmetro (valores de 3.5 – 3.8)
Estabilizador	CMC o Keltrol (0.07% frutas pulposas, 0.10-0.15% frutas menos pulposas)
Conservante químico	$C_7H_5NaO_2$ y $C_6H_7KO_2$ solos o mezclados, con valores promedio de 0.03%

Fuente: Coronado e Hilario, (2001); Guevara (2015)

1.2.5.4. Proceso tecnológico

Durante el proceso tecnológico de elaboración de néctar de fruta, se debe considerar algunos elementos como la intensidad del tratamiento térmico, la estabilidad o consistencia que debe poseer, los conservantes, envases y el almacenamiento. Generalmente, las operaciones para producir néctares (Figura 13), Guevara (2015), lo plantea según el siguiente esquema:

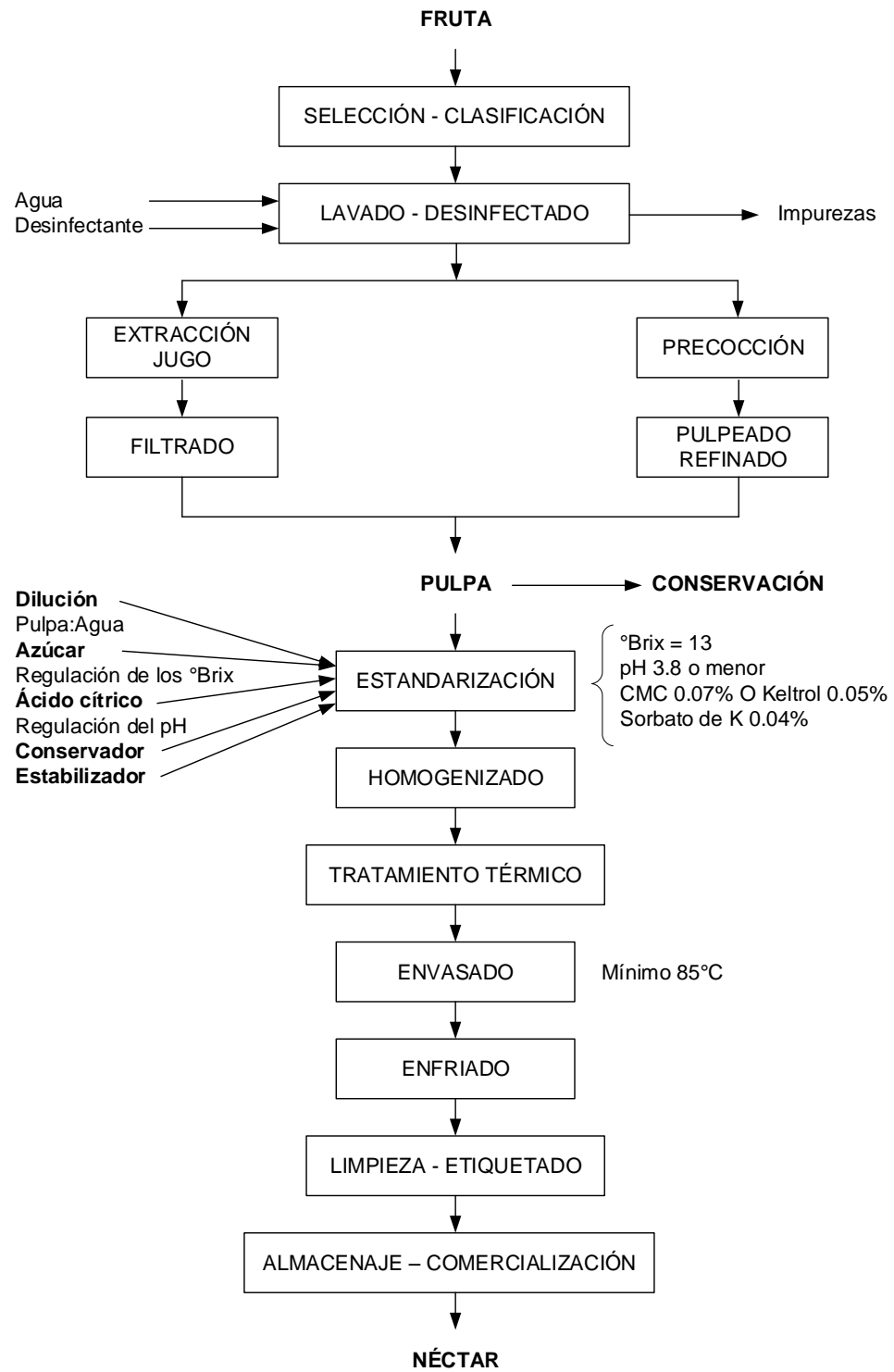


Figura 13. Flujo de operaciones para elaborar pulpa y néctar de frutas

Fuente: Guevara (2015)

1.2.6. Pasteurización

Según Casp y Abril (2003), es un tratamiento de conservación a baja intensidad (< a 100°C) que tiene objetivos distintos de acuerdo con los alimentos a los que se aplique. Comúnmente, es empleado para productos a base de fruta, sin embargo, produce un detrimento considerable en la calidad nutritiva y sensorial que podrían ser no aceptables para los consumidores (Rattanathanalerk, Chiewchan y Srichumpoung, 2005).

1.2.6.1. Elección de las condiciones de la pasteurización

La combinación de temperatura y tiempo del tratamiento, está condicionada a la retención de los componentes iniciales del alimento (vitaminas, proteínas, etc.) y a la aparición de aromas y sabores a cocido que perjudican irreversiblemente el producto (Casp y Abril (2003), sin embargo, se puede elegir entre dos sistemas:

a) Baja temperatura durante un largo tiempo (LTLT: Low temperature - long time)

En caso de la leche, consistiría en someter al producto a 63°C por 30 minutos, a fin de destruir el bacilo tuberculoso sin afectar las proteínas.

b) Alta temperatura durante un corto tiempo (HTST: High temperature - short time)

Para la leche sería mantener en un calentamiento a 72-75°C durante 15 a 20 segundos y en el caso de los zumos, hasta 77 a 92°C, entre 15 a 60 segundos. En este caso, a pesar de las elevadas

temperaturas, las propiedades de los alimentos se ven menos afectadas debido al corto tiempo del tratamiento.

El período de duración del proceso debe ser óptimo, a fin de lograr el principal objetivo de la pasteurización, el cual es reducir la carga microbiana presente en el producto a cantidades seguras para el consumo humano, de lo contrario, existe la probabilidad del resurgimiento de la flora bacteriana a niveles que amenacen la salud de los consumidores (Martínez y Rosenberg, 2013)

1.2.6.2. Pasteurización abierta de néctares

De acuerdo con Camacho (1994), se puede realizar de dos maneras:

a) Pasteurización antes del envasado

Se realiza cuando el néctar preparado y calentado de manera rápida a 90°C, es llenado en caliente en envases y cerrado inmediatamente a una temperatura no menor a 85°C.

b) Pasteurización después del envasado

Se realiza cuando el néctar preparado y calentado alrededor de los 60°C en un tanque de mezcla, es llenado en botellas de vidrio o envases metálicos, para posteriormente ser colocados dentro de un equipo autoclave o marmita y son sometidos a un proceso de calentamiento hasta alcanzar temperaturas de 85-88°C la masa del néctar.

1.2.7. Metodología de Superficie de Respuesta

En los últimos años, la MSR ha sido utilizado de manera exitosa por varios investigadores, con el fin de optimizar procesos de desarrollo de productos basados en frutas (Acosta, Viquez y Cubero, 2008).

Básicamente, es una colección de técnicas estadísticas que consta de varias etapas, como la determinación de las variables independientes y sus niveles efectivos, la selección del diseño experimental, predicción y verificación de los modelos de ecuaciones, generación de gráficos de superficie de respuesta y de contorno y la determinación de los puntos óptimos (Montgomery, 1991; Rai *et al.*, 2012; Cornell, 1990).

1.2.7.1. Función de respuesta

La función de respuesta puede expresarse o ser representada mediante una función o ecuación polinomial (Montgomery, 1991). En tal sentido, el valor de respuesta “Y” se encuentra en función de X_1, X_2, \dots, X_n niveles de “K” factores (Cornell, 1990), cuyo enunciado para una combinación dada en niveles de los factores corresponde a:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (2)$$

Montgomery (1991) sugiere que la respuesta se ajuste a una ecuación polinómica de primer o segundo orden, a fin de asegurar el éxito del estudio de la variable en cuestión en términos de “mejor ajuste de datos”. De esta forma, la función de respuesta para niveles de dos factores, puede ser

expresado mediante un polinomio de primer grado según la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (3)$$

Donde:

β_0, β_1 y β_2 = Coeficientes de regresión a estimar

$X_1 X_2$ = Niveles de ξ_1, ξ_2 respectivamente

Y = Valor de respuesta

1.2.7.2. Diseños experimentales

De acuerdo con Cornell (1990), los diseños experimentales son grupos de una serie de combinaciones por nivel de la variable “k”, que se ejecutarán por medio de una corrida (run), facilitando el análisis y ajuste de la superficie de respuesta.

a) Diseños para ajuste de modelos de primer orden.

Algunos de ellos son los diseños factoriales, simples, fracciones de serie y de Plackett-Burman (Montgomery, 1991). Al respecto, Cornell (1990) sugiere utilizar el ortogonal de primer orden a fin de reducir la varianza de los coeficientes de regresión (β), dado que los elementos fuera de la diagonal de la matriz $(X^T X)$ son igual a cero, conllevando a que los productos cruzados de las columnas de la matriz X también sean igual a cero. Montgomery (1991) añade que en esta clase de diseños ortogonales se incluyen fracciones de serie 2^k , diseños factoriales 2^k y diseños simplex, en las que los efectos principales no son alias entre sí.

b) Diseños para ajuste de modelos de segundo orden.

En este tipo de modelos, Cornell (1990) señala que cada factor deberá tener tres niveles (-1, 0, +1), a fin de lograr un mejor ajuste, además de la ortogonalidad, debe ser rotable, a fin de ubicar el óptimo en todas las direcciones (Montgomery, 1991). Para ello, se cuenta con los diseños Central Compuesto Rotable, Equirradial y Box-Behnken

1.2.7.3. Diseño compuesto central rotacional (DCCR)

Según Montgomery (1991), es el diseño más aplicado en investigaciones. Básicamente consiste en un factorial o factorial fraccionado 2^k , cuyos factores se codifican de tal modo que el centro sea $(0, 0, \dots, 0)$, incrementado por 2^k puntos axiales $(\pm a, 0, \dots, 0)$, $(0, \pm a, 0, \dots, 0)$, $(0, 0, \dots, \pm a)$, y "n" puntos centrales $(0, 0, \dots, 0)$.

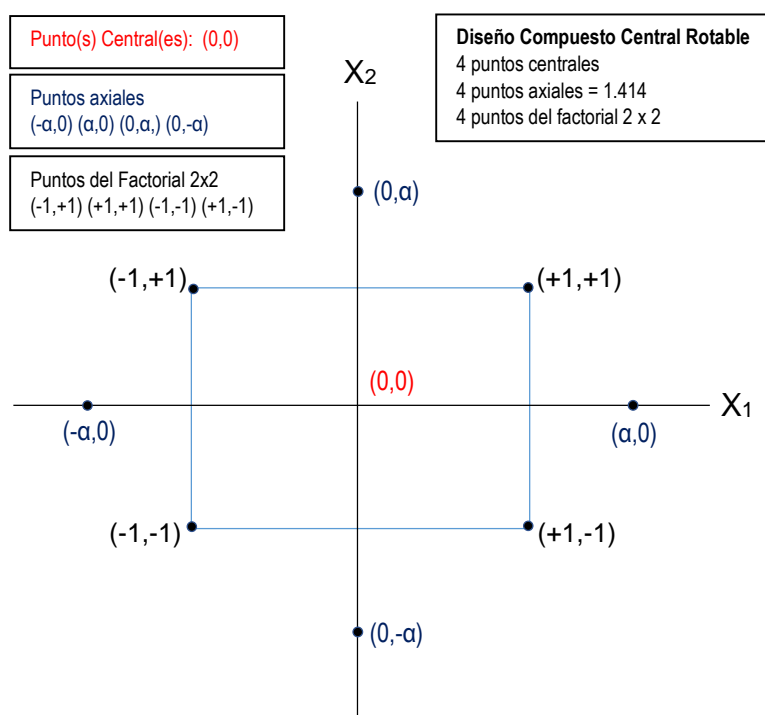


Figura 14. Representación esquemática de un DCCR
Fuente: Manual Statistica (2008)

a) Modelado matemático

Se puede estructurar un modelo de segundo orden, gracias a que el diseño compuesto central posee tres niveles por factor, el cual viene dado según la siguiente función:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (4)$$

El cual, al resolver, los coeficientes pueden ser estimados:

$$\bar{Y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (5)$$

b) Análisis de los coeficientes de regresión

Montgomery (1991), sugiere el ANOVA (análisis de varianza) para analizar si los coeficientes de regresión del modelo matemático son estadísticamente significativos

Tabla 9

Análisis de varianza para la significancia de los coeficientes de regresión

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Distribución (F)
F1	(F ₁) _{yy}	1	F ₁	F ₁ /E
F2	(F ₂) _{yy}	1	F ₂	F ₂ /E
F3	(F ₃) _{yy}	1	F ₃	F ₃ /E
F1*F2	(F ₁₂) _{yy}	1	F ₁₂	F ₁₂ /E
F1*F3	(F ₁₃) _{yy}	1	F ₁₃	F ₁₃ /E
F2*F3	(F ₂₃) _{yy}	1	F ₂₃	F ₂₃ /E
F1 ²	(F ₁₁) _{yy}	1	F ₁₁	F ₁₁ /E
F2 ²	(F ₂₂) _{yy}	1	F ₂₂	F ₂₂ /E
F3 ²	(F ₃₃) _{yy}	1	F ₃₃	F ₃₃ /E
E.E.	E _{yy}	n _c +2	E	E
Total	W _{yy}	N-1 = 12+n _c +2		

Fuente: Montgomery (1991)

c) Localización del punto óptimo

Kuehl (2000) señala que también se le conoce como punto estacionario, el cual indica la respuesta máxima, mínima, punto silla o predicha de los niveles x_1, x_2, \dots, x_k , a fin de igualar a cero las derivadas parciales.

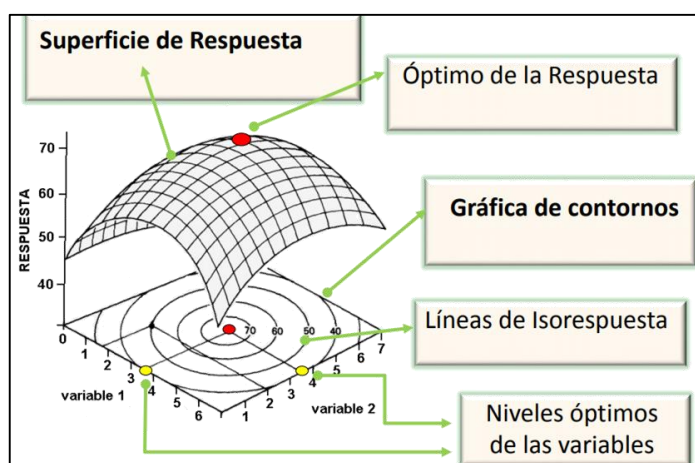


Figura 15. Análisis de superficie multirespuesta
Fuente: Montgomery (1991)

Asimismo, se emplea la gráfica de contornos tridimensional, para observar de manera más ágil los mismos valores de respuesta sobre un plano.

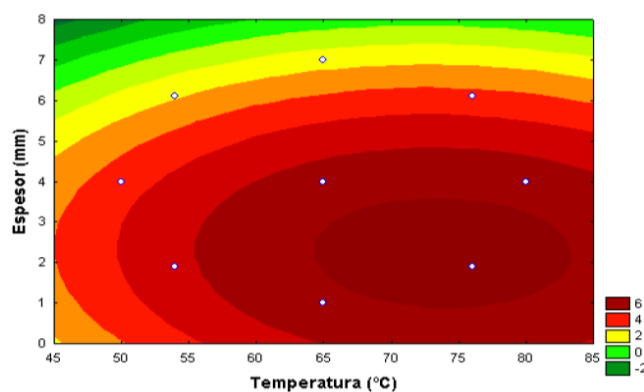


Figura 16. Gráfica de contornos
Fuente: Torres et al., 2013

1.3. MARCO CONCEPTUAL

Absorbancia:

Es también conocida como densidad óptica (DO), el cual es la cantidad de luz absorbida por una solución. En espectrofotometría de absorbancia, se emplean regiones ultravioletas a una longitud de onda de 195-500 nm y visible de 400 a 780 nm (Abril *et al.* s/f)

Actividad del agua (a_w):

Es la relación entre la presión de vapor del alimento en sí, cuando está en un equilibrio completamente inalterado con los medios circundantes y la presión de vapor del agua destilada en condiciones idénticas (FDA, 1984)

Betalainas:

Son un grupo de aproximadamente 70 pigmentos glicosidados hidrosolubles derivados de la 1,7-diazoheptametina. Las betalainas se dividen en dos clases: betacianinas (longitud de onda máxima de absorción: 540 nm), y betaxantinas (longitud de onda máxima de absorción: 480 nm) (Lock, 1997).

Capacidad antioxidante:

Es la capacidad para inhibir la degradación oxidativa por parte de una sustancia por ejemplo la peroxidación lipídica, gracias a su capacidad de reaccionar con radicales libres, recibiendo por tanto el nombre de antioxidante (Londoño, s/f)

Componentes bioactivos:

Sustancias químicas (licopeno, resveratrol, lignanos, taninos) en mínimas cantidades localizadas en alimentos y plantas, los cuales cumplen funciones beneficiosas para el cuerpo humano (Instituto Nacional del Cáncer, 2019)

Concentración:

La concentración de una solución nos señala la cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de solución. (Cedrón, Landa y Robles, 2011)

Curva patrón:

Es un marco referencial que se elabora a partir de cantidades conocidas de una sustancia que se utilizará para cuantificar la concentración de dicha sustancia presente en una determinada muestra (Métodos espectroscópicos y Curva Patrón, s/f)

Espectro:

Series de longitudes de onda de la radiación, pertenecientes a una porción específica del electromagnético continuo, Ej. El espectro visible, donde los "colores" son examinados aumentando la longitud de onda. Para la porción visible del continuo, los colores son rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. (Amezquita y Guerrero, 2010)

Espectrofotometría:

Son métodos cuantitativos de análisis químico que utilizan la luz para medir la concentración de las sustancias químicas. Además, se conocen como métodos espectrofotométricos y según sea la radiación utilizada

como espectrofotometría de absorción visible (colorimetría), ultravioleta, infrarroja. (Amezquita y Guerrero, 2010)

Factores:

Son las condiciones del proceso que influyen la variable de respuesta. Estas pueden ser cuantitativas o cualitativas. (Cornell, 1990)

Longitud de Onda:

Es la distancia pico a pico, medida en nanómetros. (Amezquita y Guerrero, 2010)

Optimización:

Es un procedimiento empleado para maximizar o minimizar un factor a partir de una colección de alternativas, sin necesidad de ejecutar o probar todas las alternativas posibles.

Pasteurización:

Tratamiento térmico realizado con el fin de reducir la carga microbiana como bacterias, mohos, protozoos, levaduras, etc. que puedan contener un alimento líquido (Fellows, 2000)

Respuesta:

Es una cantidad medible cuyo valor se ve afectado al cambiar los niveles de los factores. El interés principal es optimizar dicho valor (Cornell, 1990).

CAPÍTULO II: PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Recientemente, la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha reportado en una nota descriptiva que, las enfermedades no transmisibles (ENT) privan de la vida a más de 41 millones de personas en todo el mundo cada año, lo cual, equivale estadísticamente a un 71% del total de muertes en el mundo (OMS, 2018), 8 puntos porcentuales por encima de lo reportado en el año 2013, lo cual es corroborado por el Ministerio de Salud (MINSa), indicando que las ENT son una de las principales problemas de salud en el Perú (MINSa, 2016). Al respecto, el Gobierno del Perú, tomó algunas iniciativas tales como la promulgación de la Ley N° 30021 y el D.S. N° 007-2015-SA, sin embargo, en el 2017, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), reportaron que, en el Perú, el 58.2% de adultos y el 7% de niños menores de 5 años inciden en problemas de obesidad y sobrepeso, todas estas vinculadas a la deficiencia de consumo de alimentos antioxidantes y otros factores (FAO y OPS, 2017).

Estas cifras representan una amenaza a la salud mundial, teniendo en cuenta que, pese a los esfuerzos que se realizan en todos los países por frenar el incremento de muertes por ENT tales como sobrepeso, diabetes, enfermedades cardiovasculares y otros factores de riesgo, a través de programas de alimentación saludable, productos con bajo contenido de calorías, grasas, entre otros, al parecer no son suficientes, preocupando a la población a nivel mundial y comprometiendo a líderes políticos e industrias, por lo que, todo esto, sumado a la baja ingesta de frutas y verduras, contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes u obesidad (INS, 2018; Gorena, Sepúlveda y Sáenz, 2010).

El consumo insuficiente de estos productos es considerado entre los principales factores de riesgos comportamentales (OMS, 2010), en

personas de 15 a más años de edad, quienes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), sólo consumen una fruta entera o en trozos en promedio durante 4,4 días (INEI, 2018).

Entre las frutas que están ganando popularidad en los últimos años encontramos al ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), debido a su elevado valor nutricional y terapéutico, el cual, según Jorge y Troncoso (2016), posee un elevado contenido de vitamina C (49.9 mg ác. ascórbico/100 g de fruta fresca) y polifenoles totales (107.3 mg EAG/100 g), cuyos efectos benéficos a la salud son atribuidos en parte a la presencia de antioxidantes que actúan como receptores de radicales libres (Glowacz, Colgan y Rees, 2015).

Al respecto, diversos estudios, entre ellos el realizado por Jorge y Troncoso (2016), señalan que los componentes bioactivos como la vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante del Ayrampo es aproximadamente 1,5 veces superiores al de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), convirtiéndolo en un alimento funcional de alto contenido de compuestos bioactivos aprovechables para enfrentar a las ENT, gracias a sus propiedades nutraceuticas (Instituto Nacional de Salud, 2010).

Por otro lado, la tendencia de consumo de alimentos funcionales en el mundo, alcanzó un crecimiento proyectado anual (2014-2019) de un 9%, llegándose a facturar hasta US\$ 275 mm, de las cuales, Latinoamérica acumula el 13% de las ventas a nivel global, en donde el bienestar general, control de peso y salud digestiva, son las áreas más importantes dentro de la demanda de innovación de los productos (Euromonitor Internacional, 2014; Jiménez, 2017), siendo el segmento de bebidas funcionales y energéticas el que representa mayores niveles de ingresos (Prochile, 2014).

En tal sentido, las perspectivas indican que el mercado de alimentos y bebidas se moverán hacia el desarrollo de productos funcionales, por lo que las estrategias de salud y bienestar son claves para el posicionamiento

(MINTEL, 2017), siendo el ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), una alternativa a tomar en cuenta, debido a las características nutracéuticas que presenta como fruto fresco.

Sin embargo, los tratamientos que por lo general utiliza la industria de bebidas, como la pasteurización y la clarificación, tiene la desventaja de perder el valor nutricional de los productos (Ayala *et al.* 2014), degradando pigmentos, generando pardeamientos enzimáticos, no enzimáticos (Maillard), oxidación del ácido ascórbico y ciertos cambios químicos y fisicoquímicos indeseables en el producto (Chen *et al.* 2013), dependiendo del tratamiento aplicado (Walstra, Wouters y Geurts, 2006).

Consecuentemente, diversos estudios validan lo señalado anteriormente como lo reportado por Patras, Brunton, Da Pieve y Butler (2009), quienes aseguran que la pasteurización causó la termodegradación de componentes nutricionales y cambios de color en el jugo de fresa, asimismo, Dede, Alpas y Bayindirli (2007), corroboraron que el tratamiento térmico a 60°C y 80°C reduce significativamente el contenido de ácido ascórbico en jugo de zanahoria.

Por lo tanto, existe una importante necesidad de minimizar la degradación de compuestos bioactivos con propiedades funcionales durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos, con la finalidad de garantizar su calidad nutricional y sensorial (Cheng *et al.* 2013; Ibarz, Pagan y Garza, 1999), a fin de conservar las propiedades nutracéuticas y extender la vida útil de la bebida funcional, en tal sentido, se ha sugerido la optimización de los parámetros de temperatura y tiempo en el proceso de pasteurización del néctar de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*).

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema general

P.G.: ¿Cuál es el efecto termodegradativo de la pasteurización en el contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en el néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*)?

2.2.2. Problemas específicos

P.E. 1: ¿De qué manera el tiempo de pasteurización afectará en el contenido de contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante?

P.E. 2: ¿De qué manera la temperatura de pasteurización afectará en el contenido de contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante?

2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. Justificación

Según el estudio "Tendencias en la industria de bebidas 2017" realizado por las empresas Evergreen Packaging y EcoFocus señala que el 60% de los consumidores se siente atraído por las bebidas que contengan antioxidantes, y es allí donde el ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) entra en acción.

El ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), contiene betalaínas constituidas por betacianinas y betaxantinas (Acosta, 2000), las cuales poseen actividad antioxidante (Moreno, García y Gil *et al.*, 2008; Glowacz *et al.*, 2015) y otros compuestos polifenólicos

beneficiosos para la salud humana (Sarmiento, 2003), sin embargo tiene una temporada de cosecha breve y su jugo fresco es susceptible de deterioro, por lo tanto, es conveniente un procesamiento adicional para prolongar la vida útil (Chen *et al.* 2013) y conservar sus propiedades nutraceuticas, a través de un tratamiento térmico de alta intensidad.

El pasteurizado es una de las operaciones que requiere elevadas cantidades en cuanto a consumo de agua y energía, generando volúmenes significativos de efluentes e impacto ambiental (Vidaurre, 2015), y si se realiza sin un adecuado control, puede generar un detrimento de las propiedades sensoriales y nutricionales de un alimento (Saravacos y Kostaropoulos, 2002).

Es por ello, que las industrias procesadoras de alimentos, demandan de muchos recursos tales como tiempo y dinero, desarrollando ensayos experimentales, con el objetivo de determinar los parámetros óptimos de procesamiento, suscitándose en grandes pérdidas económicas (Vidaurre, 2015). No obstante, esto puede ser solucionado aplicando el método de superficie de respuesta (MSR), permitiendo al tecnólogo en alimentos minimizar costos y maximizar ganancias (Zhou y Regenstein, 2004) a través de la reducción considerable de dinero, tiempo y esfuerzo (Palazoğlu y Erdoğdu, 2009).

La aplicación de la MSR en los procesos alimentarios, como instrumento para analizar el efecto de las variables del proceso respecto a las características relacionados con la calidad nutricional y comercial de un producto, es rentable, dado que permite desarrollar productos funcionales con relación a las tendencias y necesidades de los consumidores.

2.3.2. Importancia

Se considera de vital importancia el desarrollo del estudio titulado “Evaluación del efecto termodegradativo de la pasteurización en el contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en el néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*)”, como respuesta a la necesidad de generar una data con base científica y tecnológica respecto a la amplia gama de las actividades biológicas de un producto derivado de este fruto nativo, el cual debe ser valorado por las comunidades altoandinas donde prevalece su cultivo, a fin de convertirse en una estrategia más para combatir la pobreza en dichas zonas a través de la producción, transformación y comercialización de derivados del ayrampo (*Opuntia apurimacensis*).

Asimismo, con los resultados que se obtendrán en este estudio, nos permitirá concebir un producto funcional más para enfrentar a las ENT que azota a nuestro país, principalmente a niños, adultos y ancianos susceptibles a los factores de riesgo tales como la inactividad física, consumo nocivo de alcohol, desórdenes alimenticios, exposición al humo del tabaco, considerando que este tipo de producto (funcional-nutracéutico), viene gozando de mayor presencia en los mercados internacionales de países desarrollados gracias al aumento de su consumo en los últimos años.

Por último, debido a la escasa información en la literatura científica de este fruto y sus derivados, hace que esta investigación sea necesaria y ejecutable.

2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la pasteurización a diferentes tiempos y temperaturas, en el contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en un néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*).

2.4.2. Objetivos Específicos

Determinar la temperatura óptima en la operación de pasteurización del néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) para la máxima retención de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante.

Determinar el tiempo óptimo en la operación de pasteurización del néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), para la máxima retención de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante.

2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1. Hipótesis general

Los efectos de la pasteurización a tiempo de exposición y temperatura del medio, en los valores de entre 15 a 180 segundos y 77 a 92°C respectivamente, permiten la máxima retención de la concentración de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante.

2.5.2. Hipótesis específica

Si los parámetros de temperatura propuestos de la pasteurización son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la concentración de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.

Si los parámetros de tiempo propuestos de la pasteurización son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la concentración de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.

2.6. VARIABLES

2.6.1. Identificación de las variables

Las variables dependientes e independientes consideradas en esta investigación, son las siguientes:

- **Variable Independiente (V_I):** Efecto termodegradativo de la Pasteurización.
 - **Indicadores:** Temperatura del medio y tiempo de exposición.

- **Variables Dependientes (V_D):** Contenido de Betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante en el néctar funcional del ayrampo.
 - **Indicadores:** Retención de betacianinas, retención de polifenoles totales y capacidad antioxidante.

2.6.2. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables de estudio de la presente investigación, vienen dadas según se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 10

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V _i : Efecto termodegradativo de la Pasteurización	Es un tratamiento térmico cuyo objetivo es la destrucción de la flora patógena, reducción de la flora banal y estabilización del producto	La pasteurización a alta temperatura en corto tiempo (HTST) se evaluará mediante el control de temperaturas y tiempos de exposición del néctar al calor.	Temperatura del medio (°C)	77-92°C	Intervalos
			Tiempo de exposición (min)	15-60 seg	
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V _{D1} : Betacianinas	Compuesto fenólico responsable de la pigmentación rojo-violeta característicos de muchas frutas y hortalizas como la remolacha.	La cuantificación se realizará según lo descrito por Castellanos-Santiago y Yahia (2008), absorbancias a 538 nm. La retención se evaluará de acuerdo a una ecuación propuesta por Murphy <i>et al.</i> (1975)	mg/100g de muestra	% retención	Cuantitativa continua
V _{D2} : Polifenoles totales	Compuestos bioactivos con anillos aromáticos y enlaces dobles conjugados con el que ejercen su acción antioxidante.	La cuantificación se evaluará mediante el método de Folin Ciocalteau (Singleton y Rossi, 1965) y espectrofotométrico. La retención se evaluará de acuerdo a una ecuación propuesta por Murphy <i>et al.</i> (1975)	mg EAG/100g de muestra	% retención	Cuantitativa continua
V _{D3} : Capacidad antioxidante	Medición analítica de la cantidad de radicales libres de diversa naturaleza dentro de una prueba química que evalúe la oxidación por diversos métodos.	La capacidad antioxidante se determinará aplicando el método de Arnao (2001) modificado	μmol eq trolox/100g	% de captación de ABTS	Cuantitativa continua

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación por su finalidad fue del tipo básica, porque se logró obtener parámetros óptimos de la pasteurización del néctar de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) a fin de alcanzar la mayor retención de betacianinas, fenoles y capacidad antioxidante empleando la M.S.R.

Asimismo, por su carácter de medida, fue cuantitativo, porque se obtuvieron valores continuos del contenido de betacianinas, compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante a diferentes tiempos y temperaturas en la pasteurización.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue Explicativo, porque se realizó una manipulación de diferentes variables para verificar la validez de las hipótesis planteadas en el punto 2.5.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño que permitió la manipulación de las variables independientes y evaluación de los resultados alcanzados por las variables dependientes fue del tipo experimental, dentro de la categoría cuasiexperimental.

En la pasteurización, las variables dependientes cuantificadas fueron el porcentaje (%) de retención de betacianinas, % de retención de polifenoles y la capacidad antioxidante.

3.2. POBLACIÓN-MUESTRA

3.2.1. Población

Durante la ejecución de la investigación, se utilizó fruto ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), procedente de la localidad de Nazca, Ica, cuyas coordenadas de recolección son 14°54'53.1"S y 74°59'21.2"W.

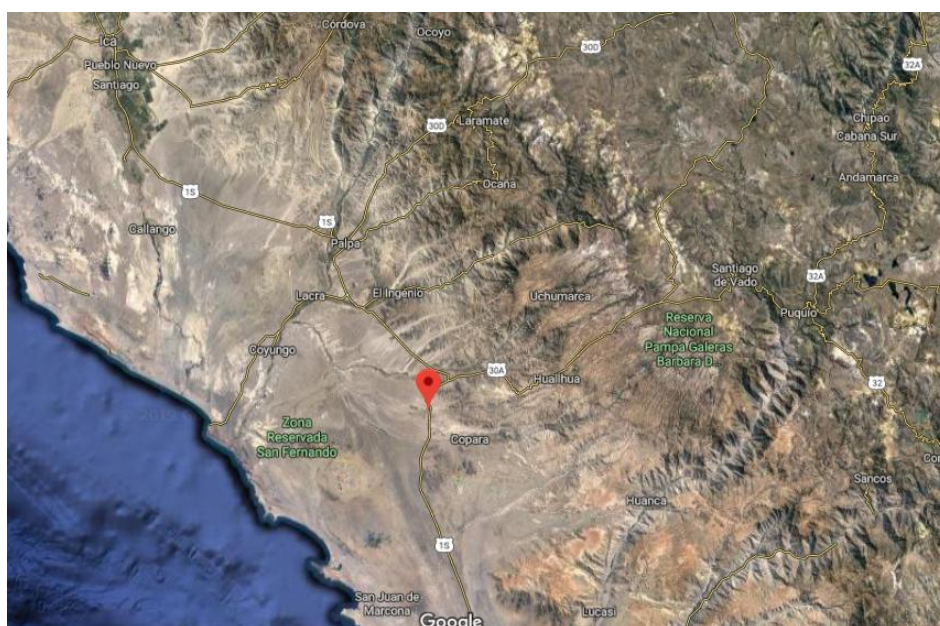


Figura 17. Ubicación de la procedencia de la materia prima empleada para la investigación

Fuente: Google maps, 2020.

3.2.2. Muestra

Se empleó el muestreo por conveniencia, siendo 70 kg de fruto ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) maduros necesarios para fines del presente estudio, considerando por experiencia un rendimiento aproximado del 30% y el uso de 1 L por cada tratamiento (9) en la fase preliminar más 11 tratamientos en la fase de optimización. Los criterios de inclusión serán en función a frutos saludables, sin larvas y libres de magulladuras.

CAPÍTULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se empleó técnicas como la observación, en donde, bajo un contexto experimental, se observó los fenómenos según las condiciones controladas por el tesista para su posterior análisis. Asimismo, se recolectó información mediante datos primarios de la experimentación, vía instrumentación, aplicación de encuestas y datos secundarios, vía plataformas digitales de información científica, biblioteca y laboratorios CITEagroindustrial.

Para ello, se ejecutó una serie de etapas experimentales para la obtención de los parámetros óptimos de la pasteurización, los cuales se muestran a continuación en la Figura 18, el cual muestra las etapas experimentales que se realizaron durante la ejecución del proyecto, éstas se dividieron en dos fases. La primera, la fase preliminar y la segunda, la fase de la optimización.

4.1.1. Fase Preliminar

Consistió en la obtención de un prototipo con características de aceptabilidad comercial, empleando un diseño completamente al azar sin arreglo factorial (DCA), según se muestra en la Figura 18. Para ello, inicialmente se caracterizó fisicoquímicamente (°Brix, pH y Acidez total) la materia prima (Tabla 18), asimismo, se desarrollaron 9 prototipos de néctar a diferentes factores de dilución y grados brix, y posteriormente fueron evaluados sensorialmente través de pruebas orientadas al consumidor (prueba de ordenamiento o de ranking y aceptabilidad) por un panel de jueces no entrenados, quienes analizaron sensorialmente las características de la bebida y definieron el prototipo final de néctar con mejor dilución y grados brix al cual se le aplicaron análisis fisicoquímico y microbiológico (enterobacterias, mohos, levaduras y aerobios).

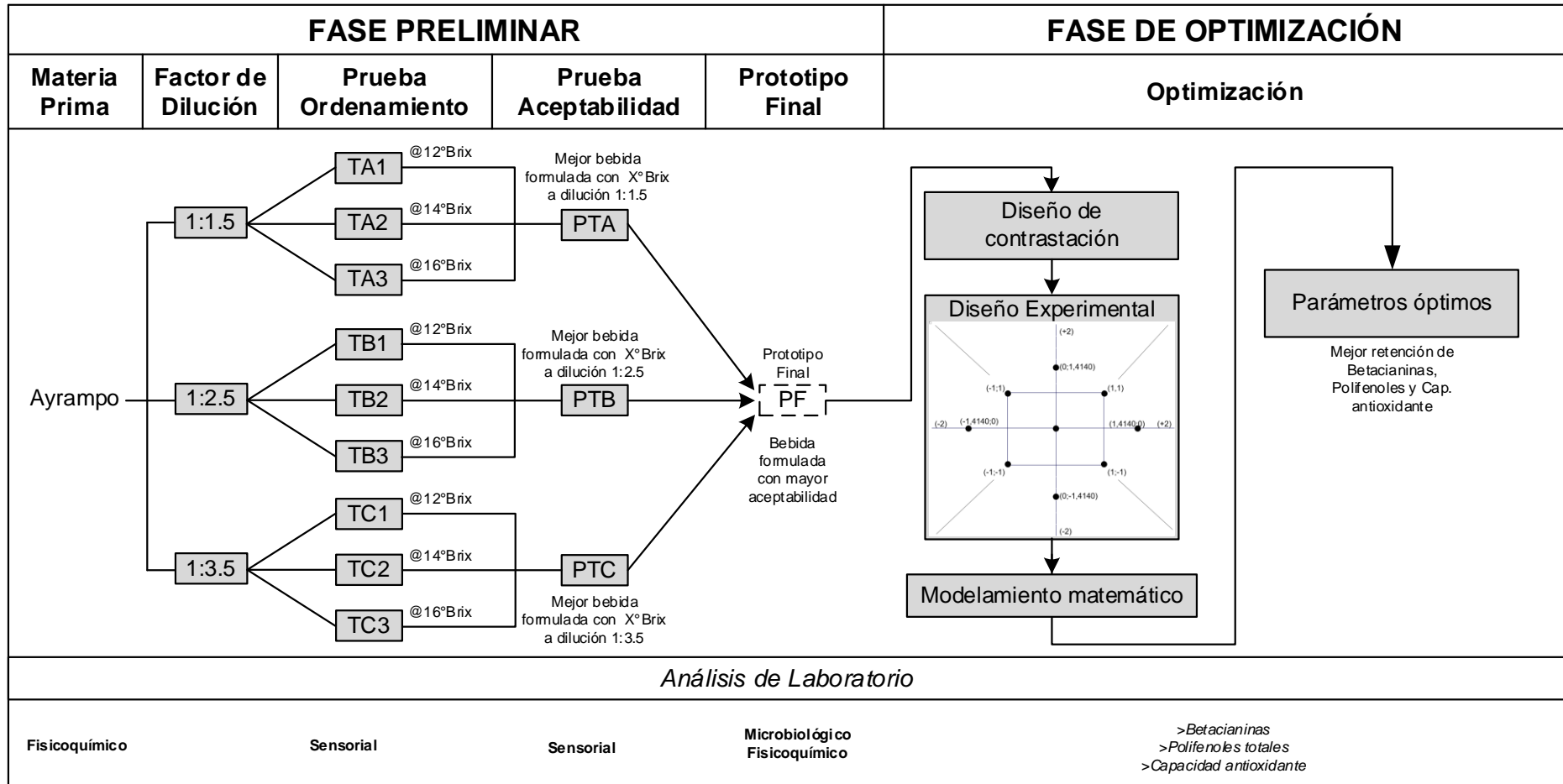


Figura 18: Fases experimentales de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

La Figura 19 muestra el proceso productivo para la elaboración de la bebida néctar de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), que se empleó en la fase preliminar y en la fase de optimización; asimismo, el panel fotográfico del proceso se observa en el Anexo 1.

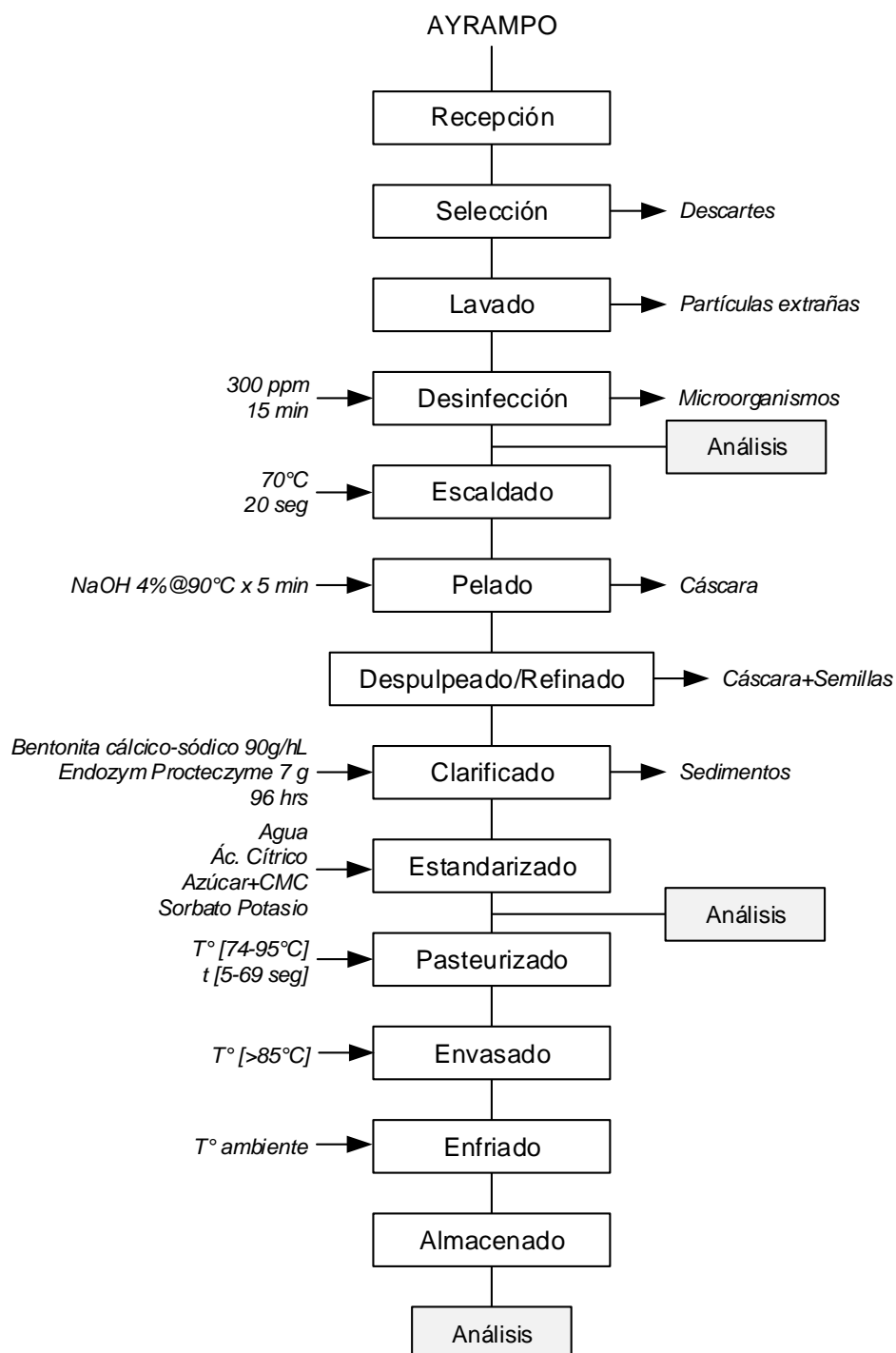


Figura 19. Flujograma del proceso de elaboración de néctar de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*)

4.1.1.1. Recepción

Se recibió 70 Kg. materia prima, los cuales fueron pesados para controlar el balance de materia durante el proceso. La alimentación del ayrampo a la línea de proceso se realizó de forma manual.

4.1.1.2. Selección

Se seleccionó aquellos frutos que no presentaron magulladuras, cicatrices, putrefacción o enfermedades visibles, asimismo, frutos con buen nivel de madurez fisiológica.

4.1.1.3. Lavado

Se realizó un lavado con agua potable circulante, con el objetivo de eliminar y/o remover partículas o materiales extraños adheridos en la superficie del ayrampo.

4.1.1.4. Desinfección

Se aplicó hipoclorito de sodio como agente desinfectante diluido en agua a 300 ppm. Los frutos estuvieron sumergidos en su totalidad en dicha solución por 15 minutos a fin de eliminar microorganismos.

4.1.1.5. Escaldado

Se realizó un escaldado en agua, sometiendo al producto a condiciones de 70°C por 20 segundos, con la finalidad de inactivar a la enzima polifenol oxidasa (PPO), eliminar gases ocluidos entre los tejidos y fijar los pigmentos.

4.1.1.6. Pelado

Se sometió al producto a un pelado químico, para facilitar el despulpado e incrementar el rendimiento, para ello, se empleó Hidróxido de Sodio al 4% diluido en agua a 90°C por 5 minutos. Luego se sumergió en agua con cloro a 20 ppm por 30 segundos, friccionando con a fin de seguir pelando el producto, y, por último, en solución de agua con ácido cítrico al 0.5% para neutralizar residuos del hidróxido de sodio.

4.1.1.7. Despulpado/Refinado

Se realizó de manera mecanizada en una máquina despulpadora de frutas marca Vulcano, modelo DFV-40-80 I, material de acero inoxidable de calidad AISI 304 separando las semillas y la cáscara del jugo de pulpa.

4.1.1.8. Clarificado

Se llevó a cabo a través de un tratamiento enzimático, empleando bentonita de calcio y sodio Siha Puranit® (Anexo 1) con una dosis de 90 g/100L y enzima pectolítica microgranulada Endozym Proteczyme® (Anexo 2), con una dosis de 7 g para 17 L. Estas enzimas fueron diluidas en agua de mesa y se le adicionó al jugo de pulpa con posterior agitación para homogenizar. El tiempo de reacción fue de 72 horas a 4°C.

4.1.1.9. Estandarizado

Se adicionó agua al jugo de pulpa según los factores de dilución a evaluar señalados en la Figura 16. Conforme la temperatura incrementó, se adicionó el resto de los aditivos, siendo el ácido cítrico el primero en ser agregado, luego el sorbato de potasio y por último el CMC mezclado en azúcar, al momento en el que el néctar estuvo cerca al punto de pasteurización, en constante agitación.

4.1.1.10. Pasteurizado

Se realizó a 90°C por 30 segundos (en la fase preliminar) y en los rangos de 74 a 95°C (en la fase de optimización) a un tiempo de 5 a 69 segundos a fin de reducir la carga microbiológica a límites máximos permisibles (LMP) para el consumo humano, según lo recomendado en la Norma Técnica Peruana (N.T.P.) 203.110.2009.

4.1.1.11. Envasado

Se envasó en caliente inmediatamente después del pasteurizado, a temperaturas no menor a 85°C, en botellas de vidrio esterilizados de 300 mL y tapa twist off de 38 mm.

4.1.1.12. Enfriado

Se enfrió inmediatamente en agua fría (20-25°C) clorada a 20 ppm, con el fin de generar el “shock térmico” que permita la inactivación microbiana y evitar mayores pérdidas de componentes sensoriales del producto.

4.1.1.13. Almacenado

Las botellas con néctar de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) fueron almacenadas en temperaturas de refrigeración hasta su posterior análisis sensorial, fisicoquímico, etc.

4.1.1.14. Análisis de laboratorio

Los análisis se realizaron según la etapa experimental que correspondiente, siendo los análisis sensoriales, fisicoquímicos y microbiológico, en la fase preliminar, y, concentración de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante en la fase de optimización.

4.1.2. Análisis Sensorial

El análisis sensorial se realizó en las instalaciones del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica agroindustrial (Anexo 2), asegurándonos que los jueces evaluadores no hayan ingerido alimentos al menos dos horas antes de realizar la evaluación. Para ello, se aplicó de acuerdo al diseño experimental, las siguientes pruebas órgano sensoriales:

4.1.2.1. Prueba de Ordenamiento o de Ranking

Se siguió los lineamientos recomendados en la UNE-ISO 8587, con el fin de determinar la bebida con mayor preferencia en función a la intensidad de estímulo de sabor. Se realizó en 3 grupos de 3 muestras o prototipos experimentales. Los grupos fueron las bebidas formuladas con un factor de dilución de 1:1.5; 1:2.5 y 1:3.5, a una concentración de 12; 14 y 16°Brix por grupo.

a) **Presentación de las muestras**

Se preparó las muestras fuera de la vista de los jueces evaluadores. Se rotularon los recipientes con códigos de tres dígitos elegidos aleatoriamente (Tabla 11). Se presentaron 3 muestras por “ronda” de evaluación a los panelistas, a una temperatura que el producto se consume habitualmente. Se les indicó que deben evitar asignar la misma calificación a dos o más muestras en la cartilla de evaluación respectiva (Anexo 3).

Tabla 11

Codificación de los prototipos

Factor de dilución	Codificación	
	Experimental	En sensorial
1:1.5	TA-12108	392
	TA-22608	223
	TA-32608	125
1:2.5	TB-12608	453
	TB-20909	776
	TB-30909	978
1:3.5	TC-11109	901
	TC-21109	533
	TC-31109	852

Fuente: Elaboración propia

b) **Técnica del ensayo**

Los jueces evaluaron las muestras presentadas al azar y las ordenaron de izquierda a derecha en función a la intensidad de estímulo de sabor, cuyas calificaciones se anotaron en la cartilla de evaluación.

Con el fin de evitar la fatiga de las papilas gustativas, se les facilitó agua mineral y pan de molde.

Los resultados fueron tabulados y analizados mediante la prueba no paramétrica de Friedman, a un nivel del 5% de significancia, con el cual se obtuvieron las mejores muestras, que, posteriormente fueron evaluados a través de la prueba de aceptabilidad por preferencia.

4.1.2.2. Prueba de aceptabilidad por preferencia

Se siguió los lineamientos recomendados en la UNE-ISO 4121, Parte 6.3.2.2003, mediante el cual se evaluó el grado de satisfacción de cada prototipo a través de una escala hedónica de nueve puntos, considerando atributos de olor, color, sabor y textura, con el fin de determinar si existen diferencias entre los prototipos en la aceptación del consumidor.

a) Presentación de las muestras

Se presentó 1 muestra por “ronda” de evaluación a los panelistas, a una temperatura que el producto se consume habitualmente. Se presentó las muestras en recipientes idénticos. Luego, se indicó a los panelistas que pueden asignar la misma valoración a más de una muestra. El orden de presentación de las muestras fue balanceado (Tabla 12) según lo recomendado por Stone y Sidel (2004) con el fin de evitar posibles interpretaciones por las posibles posiciones en las que se presenta cada muestra.

Tabla 12

Orden de presentación balanceado para 3 muestras

N° de Panelista	Orden de presentación de las muestras		
	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3
1	A	B	C
2	A	B	C
3	B	A	C
4	C	B	A
5	C	B	A
6	A	C	B
7	A	C	B

Fuente: Autor.

La Tabla 12 muestra el orden de presentación balanceado empleada para la evaluación de muestras A, B y C por ronda, para siete (07) panelistas.

b) Técnica del ensayo

Se solicitó a los jueces que evalúen las muestras haciendo uso de la escala hedónica de nueve puntos (Tabla 13) anotando los resultados en la ficha respectiva (Anexo 4).

Tabla 13

Escala hedónica de 9 puntos

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta levemente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

Fuente: Ramírez-Navas (2012)

Los resultados fueron tabulados y analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), con la finalidad de conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el promedio de las calificaciones asignadas a los prototipos.

4.1.3. Análisis fisicoquímicos

Se realizaron en los laboratorios del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITEagroindustrial-Ica), según la siguiente metodología.

4.1.3.1. Determinación de pH (A.O.A.C. 981.12, 2012)

Se determinó el pH con un equipo potenciómetro marca Jenway, modelo 3520, el cual se calibró inicialmente con soluciones buffer a temperatura ambiente. Se introdujo el electrodo del potenciómetro en un vaso precipitado con 40 mL de muestra, por varios segundos hasta que la lectura del display del equipo se estabilizó. Los resultados fueron expresados en un número adimensional.

4.1.3.2. Determinación de acidez titulable (A.O.A.C. 942.15, 2012)

Se determinó por valoración directa con hidróxido de sodio a 0.1M usando 0,3 mL de fenolftaleína por cada 100 mL de solución a titular como indicador. Los resultados se expresaron en g/L Ác. Cítrico.

4.1.3.3. Determinación de sólidos solubles (A.O.A.C. 932.14, Apéndice C, 2012)

Se determinó por el método refractométrico, utilizando un refractómetro digital, marca ATAGO 3810, modelo PAL-1 (0-53°Brix). Primero, se calibró el sensor óptico aplicando unas gotas de agua destilada a temperatura ambiente, luego se secó con papel tissue. Una vez seco, se colocó unas gotas de muestra sobre el sensor óptico a 20°C de temperatura y se realizó la lectura directa de la concentración de sólidos solubles expresados en °Brix.

4.1.3.4. Determinación de humedad (Analizador de Humedad)

Se determinó empleando un equipo analizador de humedad digital, marca Sartorius, modelo MA45, en donde se introdujo una pequeña muestra de producto y se sometió a condiciones de calor halógeno y controles precisos de temperatura, tiempo y peso.

4.1.3.5. Determinación de Cenizas (AOAC 923.03)

Se determinó empleando el método gravimétrico a través de una mufla marca Thermolyne modelo FB1400. Se colocó un crisol limpio y seco por 1 hora a 500°C, luego se llevó a un desecador hasta que enfríe. Una vez enfriado, se pesó el crisol en una balanza analítica, cuyo peso se registró como C₁. Posteriormente, se pesó entre 2 a 5 g de muestra y se registró como C₂. Se precalcinó previamente la muestra en mechero o plancha calefactora sin llegar a inflamarse, luego se colocó en la mufla a 550°C hasta obtener cenizas blancas o grisáceas. Se pre enfrió en la misma mufla apagada y se colocó el crisol en desecadora

hasta enfriar completamente. Se registró como C_3 el peso en gramos.

$$\%Cenizas = \frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1} * 100 \quad (6)$$

Donde:

C_1 = Masa del crisol vacío en gramos

C_2 = Masa del crisol con la muestra en gramos

C_3 = Masa del crisol con las cenizas en gramos

4.1.4. Análisis Microbiológicos

Se realizó en los laboratorios del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITEagroindustrial-Ica), según los siguientes recuentos:

- ✓ Recuento Enterobacterias (Recuento en placas petrifilm®)
- ✓ Recuento de Aerobios (Recuento en placas petrifilm®)
- ✓ Recuento de Mohos (Recuento en placas petrifilm®)
- ✓ Recuento de Levaduras (Recuento en placas petrifilm®)

4.1.5. Fase de Optimización

Consistió en la evaluación del efecto de los parámetros de temperatura y tiempo de pasteurización sobre las variables respuesta (betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante). Para ello, se desarrolló de la siguiente manera:

4.1.5.1. Diseño de contrastación

Se realizó con la MSR (Metodología de Superficie de Respuesta) para determinar las mejores combinaciones de temperatura y tiempo de pasteurización.

4.1.5.2. Diseño experimental

Se empleó el DCCR (Diseño Compuesto Central Rotacional), el cual se fundamenta en un diseño factorial o factorial fraccionado con puntos centrales y axiales.

Según Vivanco, (2009), se puede utilizar para estimar de manera eficiente los términos de primer y segundo orden, así como para modelar una variable respuesta con curvatura cuando se agregan puntos centrales y axiales a un diseño factorial previamente ejecutado.

La Figura 20 muestra los puntos del planeamiento de compuesto central para 2 factores, con n_F corridas, 2^K corridas axiales o estrella y n_c corridas centrales.

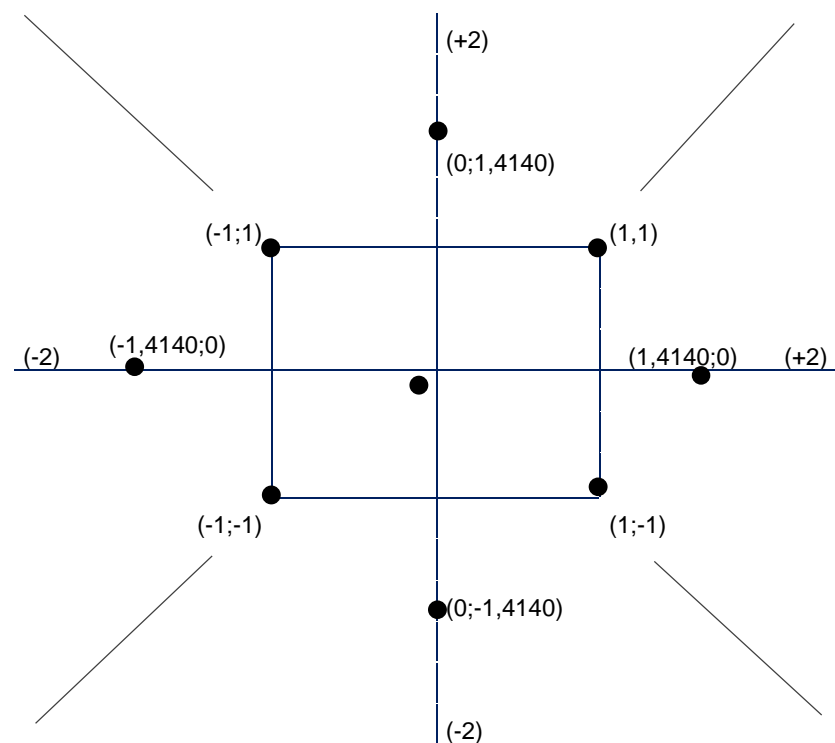


Figura 20. Puntos experimentales para el planeamiento de compuesto central

Fuente: Vivanco (2009)

4.1.5.3. Selección del modelo de diseño

Se evaluó secuencialmente el valor del coeficiente de determinación (R^2) y la suma de cuadrados del error en cuatro modelos diferentes en el planeamiento del diseño compuesto central, a fin de conocer cuál de los modelos correlaciona mejor los datos experimentales de concentración de betacianinas (mg/100mL de muestra), polifenoles totales (mg EAG/100mL de muestra) y capacidad antioxidante ($\mu\text{mol eq. trolox/100mL}$).

- a) Solamente términos lineales de los efectos principales.
- b) Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales.
- c) Términos lineales de los efectos principales y las interacciones de segundo orden.
- d) Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales y las interacciones de segundo orden.

Los tratamientos se evaluaron en función a los siguientes parámetros decodificados de la Figura 18 según se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14

*Parámetros del planeamiento del DCCR para la pasteurización del néctar de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*)*

Variable	-1.41	-1	0	+1	+1.41
Temperatura (°C)	73.9	77	84.5	92	95.1
Tiempo (min)	5.7	15	37.5	60	69.3

Fuente: Software Estadística 7®

4.1.5.4. Función de deseabilidad de temperatura y tiempo óptimo

Se determinó el tiempo y temperatura óptimo de pasteurización, transformando ambas variables (betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante) en una variable denominada “Deseable” o “Desirability”, de modo que nos permitirá conocer la concentración máxima posible de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo, aplicando dichos parámetros de temperatura y tiempo óptimo durante el proceso de pasteurización.

El porcentaje de retención de betacianinas y polifenoles totales se evaluó de acuerdo a Murphy *et al.* (1975).

$$R.V. = \frac{\text{Contenido de betacianina/polifenoles por g de alimento después del procesado}}{\text{Contenido de betacianina/polifenoles por g de alimento antes del procesado}} * 100 \quad (7)$$

4.1.5.5. Extracción y Cuantificación de Betalaínas

De cada néctar obtenido por corrida, se extrajo 2 mL de muestra y se colocó en un matraz Erlenmeyer con 20 mL de metanol al 80% (v/v). Luego, se sonicó la mezcla por 10 minutos antes de agitarlo por 20 minutos en un agitador sin exposición a luz y a temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugó a 2200 rpm por 10 minutos. Se guardó el sobrenadante y se sometió el residuo a una siguiente extracción. Los sobrenadantes se juntaron y se filtraron con papel filtro, y se concentraron a sequedad en un rotavapor.

Las muestras se vertieron en 10 mL de metanol al 80% (v/v) y se almacenaron en tubos de ensayo tapados, cubiertos con papel metálico en condiciones de congelación hasta posterior lectura en espectrofotómetro.

4.1.5.6. Cuantificación de Betacianinas y betaxantinas

Se realizó según el método de Castellanos-Santiago y Yahia (2008), a través de la absorbancia de los extractos de betalaínas a 538 nm (betacianinas) y 483 nm (betaxantinas) por espectrofotometría. Para la conversión de unidades de absorbancia en unidades de concentración, se empleó la siguiente ecuación:

$$B(mg/g) = \frac{(A * FD * PM * V)}{(\varepsilon * P * L)} \quad (8)$$

Dónde:

- B = Betacianinas o betaxantinas.
- A = Absorbancia a 538 o 483 nm
- FD = Factor de dilución al momento de leer en el espectrofotómetro
- PM = Peso molecular (Betanina = 550g/mol e Betaxantina =308 g/mol)
- V = Volumen del extracto
- ε = Coeficiente de extinción molar (Betanina = 60 000 L/mol.cm, e Indicaxantina = 48 000 L/mol.cm)
- L = Longitud de la Celda (1 cm)
- P = Peso de la muestra (g)

4.1.5.7. Determinación de fenoles totales

De acuerdo a Singleton y Rossi (1965), se determinó a partir del extracto metanólico utilizado para la cuantificación de las betalainas, a través del método de Folin-Ciocalteu. Se añadió 125 μL del reactivo Folin-Ciocalteu a 1N a 100 μL del extracto metanólico, para posteriormente agitarlo y dejarlo reaccionar por un tiempo de 6 minutos. Luego de ello, se neutralizó con 1250 μL de carbonato de sodio al 19% (p/v); aforándolo a 3 mL con ayuda de agua destilada, luego se agitó y se dejó reposar a temperatura ambiente a oscuras por un tiempo de 90 minutos.

Transcurridos ese tiempo, las muestras se centrifugaron a 10 000 rpm durante 10 minutos para clarificar y separar la turbidez. Luego, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 760 nm. Para expresar el contenido de fenoles totales, se elaboró una curva patrón de ácido gálico para contrastar las lecturas en función de este ácido.

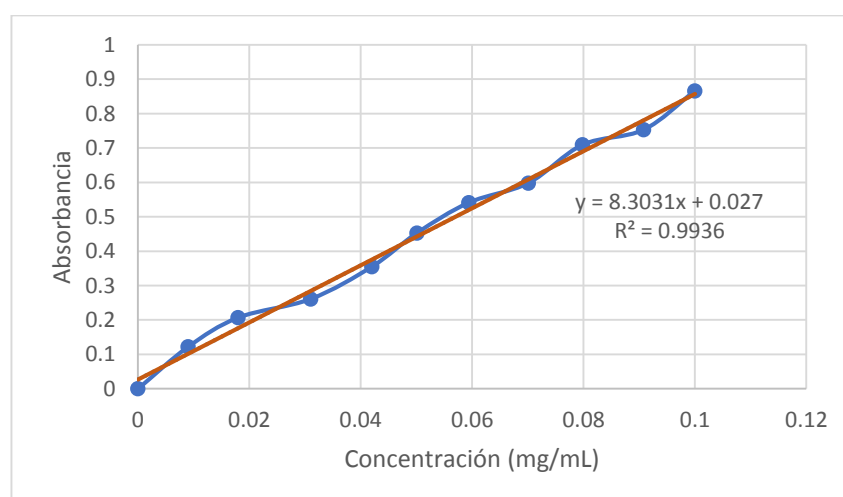


Figura 21. Curva de calibración estándar de ácido gálico

Fuente: Elaboración propia

Para ello, se empleó la siguiente fórmula para relacionar la absorbancia con la concentración de ácido gálico:

$$\text{Ác. Gálico}(\text{mg}/\text{mL}) = \frac{\text{Absorbancia} + 0.027}{8.3031} \quad (9)$$

4.1.5.8. Determinación de la Capacidad antioxidante

Se empleó el método ABTS sugerido por Arnao *et al.* (2001) modificado. Se midió la 734 nm la captación del radical mediante la disminución de la absorbancia, siendo correlacionada en una curva patrón de Trolox (Figura 22), cuyos valores fueron reportados en unidades de μM eq. Trolox/mL de muestra en base seca.

Para la preparación de la solución madre de ABTS, se prepararon dos reactivos A y B. Para el reactivo A, se agregó 78.4 mg de ABTS en 10 mL de agua destilada, y para el reactivo B, se agregó 13.2 mg de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (Persulfato de potasio) en 10 mL de agua destilada. Inmediatamente se combinaron ambos reactivos en partes iguales y se almacenó por 12 horas exentos de influjo luminoso.

Posterior a las 12 horas de almacenamiento, dicha solución, fue dividida en una proporción de 1:60 (Solución Madre : Metanol a 30°) hasta lograr lecturas de absorbancias de 1.1 ± 0.002 a 734 nm. Luego, se vertió 2850 μL de Sol. ABTS en 150 μL de extracto diluido, a la vez que también se preparó a luz tenue, la muestra patrón con 150 μL de metanol de 30° en vez de la muestra.

Todas las muestras fueron analizadas en el espectrofotómetro a 734 nm después de dos horas y media.

El cálculo de la capacidad antioxidante se obtuvo empleando una curva estándar de Trolox a 734 nm, el cual alcanzó un coeficiente de correlación (R^2) de 0.9942, tal como se muestra en la siguiente figura:

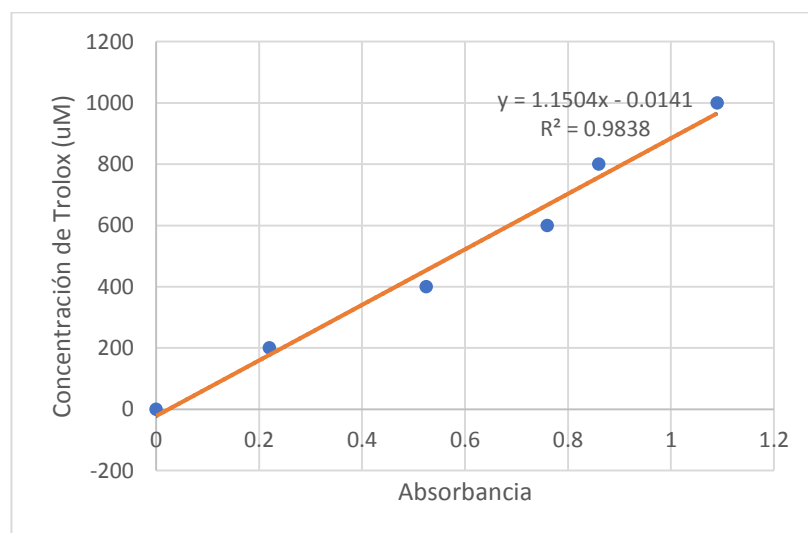


Figura 22. Curva de calibración estándar de ácido gálico

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Absorbancia} = 1.1504x - 0.0141$$

Dónde:

$x = \mu\text{mol de trolox equivalente} / \text{mL}$

4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

4.2.1. Observación

A través de los sentidos, se realizó una serie de revisiones y estudios de las diferentes datas obtenidas respecto al tema de investigación para levantamiento de información adquirida a través de las corridas experimentales, análisis sensoriales y de laboratorio.

4.2.2. Hojas de registro

Se emplearon hojas de registro (Anexo 3 y 4) en donde se anotó sistemáticamente los eventos o sucesos dados durante el tiempo de desarrollo de la experimentación, tales como las evaluaciones de sabores, olores, consistencias, etc.

4.2.3. Guías de análisis de documentos

Se utilizaron principalmente tablas (Anexo 7), normas técnicas nacionales e internacionales, manuales, separatas y guías, para la aplicación de procedimientos estandarizados referenciados para las experimentaciones y análisis de laboratorio.

4.2.4. Recolección de información

Se recolectó datos primarios vía informes de laboratorio (Anexo 8; 9 y 10) facilitados por el Laboratorio del Centro de Innovación Tecnológica Agroindustrial – Ica (CITEagroindustrial) y datos secundarios, a través de plataformas digitales de información científica.

4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.3.1. Fase preliminar

En la fase preliminar, los datos obtenidos de la prueba de ordenamiento o de ranking, se analizaron empleando la prueba no paramétrica de Friedman y gráficas de error al 95% de confianza y un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$) con ayuda del software IBM SPSS Statistics®, utilizándose un diseño experimental completamente al azar, con el que se obtuvo la mejor bebida formulada a factores de dilución de 1:1.5; 1:2.5 y 1:3.5, los cuales posteriormente fueron evaluadas mediante la prueba de aceptabilidad.

Los resultados de la prueba de aceptabilidad, fueron evaluados realizando una comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha=0.05$) y análisis de varianza (ANOVA), con ayuda del paquete estadístico MS Excel 2017.

4.3.2. Fase de Optimización

Concluida la recolección de datos, se examinó sistemáticamente dichos elementos a fin de precisar las partes y conocer las interacciones entre las mismas, empleando métodos estadísticos explicativo-experimental para la intelección de los fenómenos estudiados, con ayuda del software Statistica V.7.0, cuyos resultados se presentaron en tablas y/o gráficos estadísticos y su respectiva interpretación.

Tabla 15*Matriz codificada de las variables de estudio - Pasteurización*

Standard Run	Variable Independiente Codificada		Variable Independiente Decodificada	
	Temperatura	Tiempo	Temperatura	Tiempo
1	-1.00000	-1.00000	77.00000	15.00000
2	-1.00000	1.00000	77.00000	60.00000
3	1.00000	-1.00000	92.00000	15.00000
4	1.00000	1.00000	92.00000	60.00000
5	-1.41421	0.00000	73.89340	37.50000
6	1.41421	0.00000	95.10660	37.50000
7	0.00000	-1.41421	84.50000	5.68019
8	0.00000	1.41421	84.50000	69.31981
9 (C)	0.00000	0.00000	84.50000	37.50000
10 (C)	0.00000	0.00000	84.50000	37.50000
11 (C)	0.00000	0.00000	84.50000	37.50000

Fuente: Software Statistica 7®

Para ello, se aplicó el MSR, con un Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) tal como se mostró en la anterior tabla, la matriz codificada y decodificada de las variables de estudio (temperatura y tiempo de pasteurización).

Una vez obtenido los datos experimentales (variables dependientes), se evaluaron a través de un Análisis de Varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, a fin de conocer la existencia de diferencias significativas entre los efectos lineales y cuadráticos del modelo de mayor coeficiente de determinación (R^2), con los que se obtuvieron gráficos de Superficie de Respuesta, diagramas de Contornos, diagramas de Pareto, entre otros, los cuales nos ayudaron a identificar tiempos y temperaturas óptimos para la pasteurización del néctar de ayrampo.

CAPÍTULO V: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

El análisis y contrastación de la hipótesis general que compete a la presente investigación, permitió determinar lo siguiente:

Tabla 16

Análisis y contraste de la hipótesis general

	Hipótesis	Análisis	Decisión
Alternativa	Los efectos de la pasteurización a tiempo de exposición y temperatura del medio, en los valores de entre 15 a 180 segundos y 77 a 92°C respectivamente, permiten la máxima retención de la concentración de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante	Según la Figura 37, los parámetros óptimos obtenidos están fuera del rango propuesto en la hipótesis alternativa, por lo tanto, las temperaturas del medio, en los valores de entre 77 a 92°C y tiempos de exposición de 15 a 180 segundos, no permitieron la máxima retención de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
Nula	Los efectos de la pasteurización a tiempo de exposición y temperatura del medio, en los valores de entre 15 a 180 segundos y 77 a 92°C respectivamente, no permiten la máxima retención de la concentración de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante	Según la Figura 37, los parámetros óptimos obtenidos están fuera del rango propuesto en la hipótesis alternativa, por lo tanto, las temperaturas del medio, en los valores de entre 77 a 92°C y tiempos de exposición de 15 a 180 segundos, no permitieron la máxima retención de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

Fuente: Elaboración propia.

5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

El análisis y contrastación de las hipótesis específicas correspondiente a la presente investigación, permitió determinar lo siguiente:

Tabla 17

Análisis y contraste de la hipótesis específica 1.

	Hipótesis	Análisis	Decisión
Alternativa	Si los parámetros de temperatura propuestos de la pasteurización son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la concentración de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.	Según la Figura 37, los parámetros óptimos de temperatura obtenidos, se encuentran fuera del rango propuesto en la hipótesis general,	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
Nula	Si los parámetros de temperatura propuestos de la pasteurización no son los óptimos, entonces no tendrá un efecto favorable en la concentración de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante	permitieron la máxima retención de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18*Análisis y contraste de la hipótesis específica 2.*

	Hipótesis	Análisis	Decisión
Alternativa	Si los parámetros de tiempo propuestos de la pasteurización son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la concentración de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.	Según la Figura 37, los parámetros óptimos de tiempo obtenidos fuera del rango propuesto en la hipótesis	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
	Si los parámetros de tiempo propuestos de la pasteurización no son los óptimos, entonces no tendrá un efecto favorable en la concentración de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.	general, permitieron la máxima retención de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante.	
Nula			

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima

Se realizó la caracterización fisicoquímica de la pulpa fresca de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) proveniente de la localidad de Nazca, departamento de Ica, en las instalaciones del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica agroindustrial (CITEagroindustrial – Ica), cuyos datos se muestran en la tabla 19.

Tabla 19

Análisis fisicoquímicos realizados a la pulpa de Ayrampo (Opuntia apurimacensis)

Producto	Análisis fisicoquímicos		
	Azúcar	pH	Acidez total
Pulpa fresca de Ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>)	8.73°Brix	2.92	0.185

Fuente: Informe Final del Ensayo N° 136 LAB/19 – Laboratorio de Alimentos y Bebidas del CITEagroindustrial-Ica (Anexo 8)

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos analizados en la anterior tabla, cabe destacar que, los valores reportados, se obtuvieron a condiciones ambientales (25°C), los cuales señalan que el perfil de este fruto es apto para procesamiento agroindustrial, asimismo, nos indica que es un fruto bajo en contenido de azúcares (8.7°Brix), siendo el promedio de azúcares en otras especies del género *opuntia* entre 11.5 – 14°Brix, lo que podría significar correlativamente una baja concentración de azúcares individuales, esencialmente glucosa y fructosa en el ayrampo (*opuntia apurimacensis*).

6.1.2. Formulaciones

Las formulaciones empleadas para el desarrollo del néctar, se realizaron en función a los factores de dilución presentados en la Figura 19, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 20

Formulación de los prototipos experimentales

INSUMOS	DILUCIÓN 1:1.5			DILUCIÓN 1:2.5			DILUCIÓN 1:3.5		
	TA ₁	TA ₂	TA ₃	TB ₁	TB ₂	TB ₃	TC ₁	TC ₂	TC ₃
<i>Jugo fresco clarificado de Ayrampo</i>	1.25 L	1 L	1 L	1 L	1 L	1 L	1 L	1 L	1 L
<i>Sacarosa (Azúcar blanca)</i>	332 g	196.6 g	258.6 g	220 g	302.8 g	390.3 g	400 g	511.36 g	627,9 g
<i>Carboxil metil celulosa (C.M.C.)</i>	2.8 g	2.5 g	2.5 g	3.5 g	3.5 g	3.5 g	4.5 g	4.5 g	4.5 g
<i>Sorbato Potasio</i>	2 g	1.25 g	1.25 g	1.25 g	1.725 g	1.725 g	2.25 g	2.25 g	2.25 g
<i>Ác. cítrico</i>	31 g	10.6	10.6 g	12.2 g	12.2 g	12.2 g	11.25 g	11.25 g	11.25 g
<i>Agua</i>	2.75 L.	1.5 L.	1.5 L.	2.5 L.	2.5 L.	2.5 L.	3.5 L.	3.5 L.	3.5 L.

Fuente: Elaboración propia

6.1.3. Balance de Materia

Se determinó el balance de masa del proceso de elaboración del néctar de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), cuyos datos se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 21

Resumen general del balance de masa del proceso

OPERACIONES	INGRESA			SALE		SIGUE		% Rendimiento	
	M.P. Kg.	M.P. Lt.	INS Kg	M.P. Lt.	M.P. Kg	M.P. Lt.	M.P. Kg	% Perdido	Producto (%)
Recepción	70						70		100
Selección	70				4		66	5.7	94.3
Lavado - Desinfectado	66						66		94.3
Escaldado	66						66		94.3
Pelado químico	66				3		63	18.2	81.8
Despulpado - Tamizado	63				26	37		47.2	52.8
Clarificado		37			15	22		68.6	31.4
Pasteurizado		22	0.24		5.24	17		75.7	24.3
Envasado		17				17			24.3
Enfriado y almacenado		17				17			24.3
TOTAL		17							26

Fuente: Elaboración propia

En la anterior tabla se pudo apreciar las operaciones realizadas, ingresos, salidas y el rendimiento en general. En el desarrollo se emplearon 49 botellas de 300 ml, los cuales fueron utilizados para el análisis sensorial, el resto, fue empacado en bolsas de polietileno, almacenados en refrigeración según se muestra en el Anexo 6.

6.1.4. Evaluación estadística del Análisis Sensorial

6.1.4.1. Prueba de Ordenamiento o de Ranking

Los resultados que se muestran en la Tabla 22, indican que la muestra 223 del factor de dilución 1:1.5, tiene una mayor aceptación sensorial por intensidad de estímulo de sabor.

Tabla 22

Resultados de la prueba de ordenamiento de la dilución 1:1.5 (Ayrampo:Agua)

MUESTRAS	JUEZ							TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	
392	3	2	1	3	3	1	1	14
223	2	3	2	2	1	3	3	16
125	1	1	3	1	2	2	2	12

Fuente: Elaboración propia

Las hipótesis para la prueba de Friedman son:

H_0 = Hipótesis nula = No existen diferencias significativas en el sabor entre los prototipos TA-12108, TA-22608 y TA-32608.

H_1 = Hipótesis alternativa = Sí existen diferencias significativas en el sabor entre los prototipos TA-12108, TA-22608 y TA-32608 o al menos alguno de los prototipos presenta un sabor diferente al de las demás.

Tabla 23

Análisis de datos para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:1.5

Valores estadísticos	Prototipos		
	TA-12108	TA-22608	TA-32608
Codificación experimental			
Codificación en sensorial	392	223	125
Rango promedio	2,00	2,29	1,71
X ² (Chi-cuadrado)	1,143		
gl	2		
Sig. asintótica	0,565		

Fuente: IBM SPSS Statistics

El contraste de hipótesis, se realizó empleando el software SPSS, el cual se muestra a continuación en el siguiente cuadro.

Tabla 24

Resumen de contrastes de hipótesis para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:1.5

Hipótesis nula	Prueba	Significancia asintótica	Decisión
Las distribuciones de TA-12108, TA-22608 y TA32608, son las mismas	Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rango	0,565	Conserve la hipótesis nula

Fuente: IBM SPSS Statistics

Los resultados de la Prueba no Paramétrica de Friedman para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:1.5, indican que el valor de significación obtenido (0,565) es mucho mayor al nivel de significancia (0.05), asimismo, el valor del estadístico de prueba (chi cuadrado)

(1,143) es menor al valor crítico (5,99) obtenido por tabla de referencia (Anexo 7), por lo que podemos concluir que el nivel preferencia por sabor de los prototipos 392; 223 y 125 no son estadísticamente significativas.

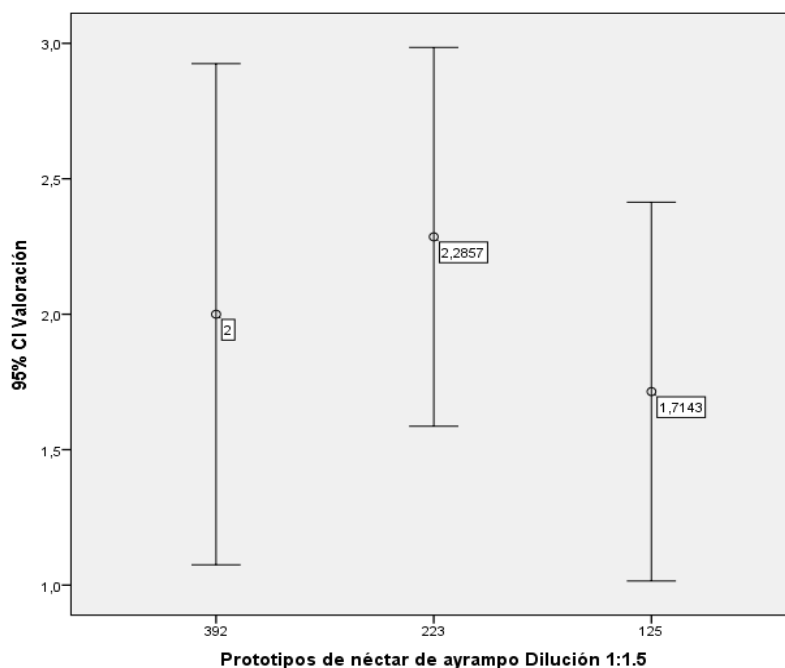


Figura 23. Gráfica de Barras de error de los prototipos 392; 223 y 125 de la dilución 1:1.5

Fuente: IBM SPSS Statistics

De acuerdo a la figura 23, podemos comprobar que las medias de los prototipos 392; 223 y 125, con un intervalo de confianza al 95% son muy similares entre sí, por lo que de manera gráfica podemos observar que las medias no reflejan una diferencia significativa, corroborando la hipótesis nula planteada en la prueba de Friedman, sin embargo, el prototipo 223 posee una aceptabilidad de sabor ligeramente superior al de los prototipos 392 y 125.

Tabla 25

Resultados de la prueba de ordenamiento de la dilución 1:2.5 (Ayrampo:Agua)

MUESTRAS	JUEZ							TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	
543	3	3	2	3	1	2	3	17
776	2	2	1	2	2	3	2	14
978	1	1	3	1	3	1	1	11

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se muestran en la Tabla 25, indican que la muestra 543 del factor de dilución 1:2.5, tiene una mayor aceptación sensorial por intensidad de estímulo de sabor. Asimismo, las hipótesis para la prueba de Friedman son:

Ho= Hipótesis nula = No existen diferencias significativas en el sabor entre los prototipos TB-12608, TB-20909 y TB-30909.

H1= Hipótesis alternativa = Sí existen diferencias significativas en el sabor entre los prototipos TB-12608, TB-20909 y TB-30909 o al menos alguno de los prototipos presenta un sabor diferente al de las demás.

Tabla 26

Análisis de datos para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:2.5

Valores estadísticos	Tratamientos		
	TB-12608	TB-20909	TB-30909
Codificación experimental			
Codificación en sensorial	453	776	978
Rango promedio	2,43	2,00	1,57
X ² (Chi-cuadrado)		2,571	
gl		2	
Sig. asintótica		0,276	

Fuente: IBM SPSS Statistics

El contraste de hipótesis, se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 27

Resumen de contrastes de hipótesis para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:2.5

Hipótesis nula	Prueba	Significancia asintótica*	Decisión
Las distribuciones de TB-12608, TB-20909 y TB-30909, son las mismas	Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rango	0,276	Conserve la hipótesis nula

Fuente: IBM SPSS Statistics

*Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es 0.05.

Los resultados de la Prueba no Paramétrica de Friedman para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:2.5, indican que el valor de significación obtenido (0,276) es mucho mayor al nivel de significancia (0.05), asimismo, el valor del estadístico de prueba (chi cuadrado) (2,571) es menor al valor crítico (5,99) obtenido por tabla de referencia (Anexo 7), por lo que podemos concluir que el nivel preferencia por sabor de los prototipos 453; 776 y 978 no son estadísticamente significativas.

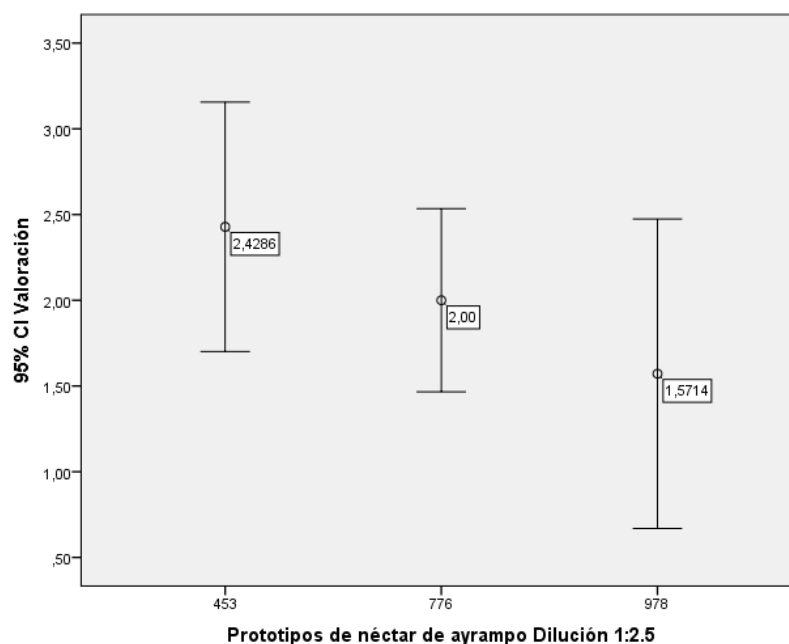


Figura 24. Gráfica de Barras de error de los prototipos 453; 776 y 978 de la dilución 1:2.5

Fuente: IBM SPSS Statistics

Aquí podemos comprobar de acuerdo a la Figura 24, que las medias de los prototipos 453; 776 y 978, con un intervalo de confianza al 95% son muy similares entre sí, por lo que de manera gráfica podemos observar que las medias no reflejan una diferencia significativa, corroborando la hipótesis nula planteada en la prueba de Friedman, sin embargo, el prototipo 453 posee una aceptabilidad de sabor ligeramente superior al de los prototipos 776 y 978.

Tabla 28

Resultados de la prueba de ordenamiento de la dilución 1:3.5 (Ayrampo:Agua)

MUESTRAS	JUEZ							TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	
901	1	1	3	1	2	2	1	11
533	3	3	1	2	3	3	2	17
852	2	2	2	3	1	1	3	14

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se muestran en la Tabla 28, indican que la muestra 533 del factor de dilución 1:3.5, tiene una mayor aceptación sensorial por intensidad de estímulo de sabor. Asimismo, las hipótesis para la prueba de Friedman son:

Ho= Hipótesis nula = No existen diferencias significativas en el sabor entre los prototipos TC-11109, TC-21109 y TC-31109.

H1= Hipótesis alternativa = Sí existen diferencias significativas en el sabor entre los prototipos TC-11109, TC-21109 y TC-31109 o al menos alguno de los prototipos presenta un sabor diferente al de las demás.

Tabla 29

Análisis de datos para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:3.5

Valores estadísticos	Tratamientos		
	TC-11109	TC-21109	TC-31109
Codificación experimental			
Codificación en sensorial	901	533	852
Rango promedio	1,57	2,43	2,00
X ² (Chi-cuadrado)	2,571		
gl	2		
Sig. asintótica	0,276		

Fuente: IBM SPSS Statistics

El contraste de hipótesis, se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 30

Resumen de contrastes de hipótesis para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:3.5

Hipótesis nula	Prueba	Significancia asintótica*	Decisión
Las distribuciones de TB-12608, TB-20909 y TB-30909, son las mismas	Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rango	0,276	Conserve la hipótesis nula

Fuente: IBM SPSS Statistics

Los resultados de la Prueba no Paramétrica de Friedman para las bebidas formuladas con un factor de dilución 1:3.5, indican que el valor de significación obtenido (0,276) es mucho mayor al nivel de significancia (0.05), asimismo, el valor del estadístico de prueba (chi cuadrado) (2,571) es menor al valor crítico (5,99) obtenido por tabla de referencia (Anexo 7), por lo que podemos concluir que el nivel preferencia por sabor de los prototipos 453; 776 y 978 no son estadísticamente significativas.

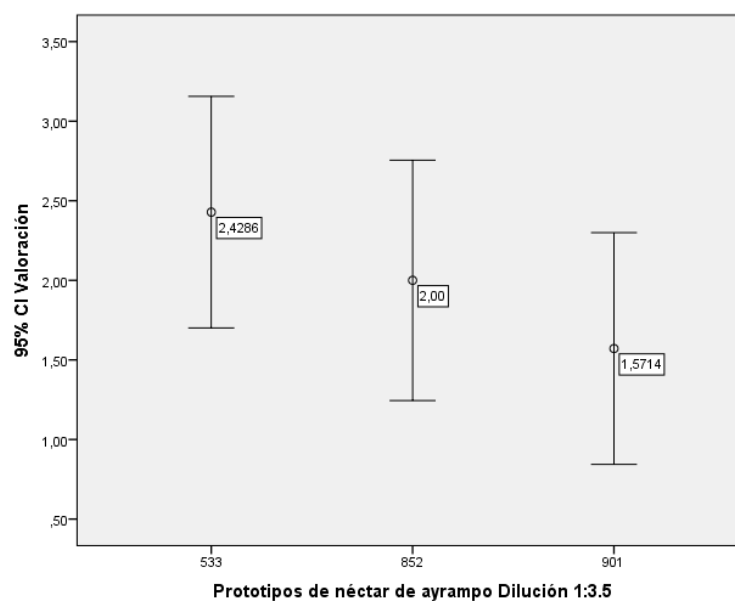


Figura 25. Gráfica de Barras de error de los prototipos 533; 852 y 901 de la dilución 1:3.5

Fuente: IBM SPSS Statistics

Según la Figura 25, las medias de los prototipos 533; 852 y 901, con un intervalo de confianza al 95% son muy similares entre sí, por lo que de manera gráfica podemos observar que las medias no reflejan una diferencia significativa, corroborando la hipótesis nula planteada en la prueba de Friedman, sin embargo, el prototipo 533 posee una aceptabilidad de sabor ligeramente superior al de los prototipos 852 y 901.

Los 09 prototipos evaluados por el panel de jueces, no presentan una diferencia estadísticamente significativa respecto al sabor, sin embargo, con el valor de las medias o rangos promedios, se pudo seleccionar por mayor ponderaje los mejores prototipos por cada factor de dilución, siendo los prototipos 223; 453 y 533, los que fueron seleccionados en esta prueba.

6.1.4.2. Prueba de aceptabilidad por preferencia

La tabulación de los resultados de la prueba de aceptabilidad por preferencia se muestra a continuación en las siguientes tres tablas, en donde se refleja el promedio obtenido por atributo (olor, color, sabor y textura) y el puntaje total.

Las frecuencias de las respuestas por atributo sensorial del prototipo TA-22608 (223) se observan en la Tabla 30, asimismo, las calificaciones realizadas por un panel de 7 jueces, con sus respectivos promedios por atributo, siendo el olor el de menor promedio (5) y el color, el de mayor promedio (7.1) junto con la textura. El puntaje global obtenido fue de 176.

Tabla 31

Prueba de aceptabilidad del prototipo TA-22608 (223) con dilución 1:1.5 @ 14°Brix

ESCALA DISCRIMINATIVA	Valor	Frecuencia de las respuestas				Calificaciones				PUNTAJE
		Olor	Color	Sabor	Textura	Olor	Color	Sabor	Textura	
Me disgusta extremadamente	[1]	1	0	1	0	1	0	1	0	2
Me disgusta mucho	[2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta bastante	[3]	0	0	0	1	0	0	0	3	3
Me disgusta ligeramente	[4]	1	0	0	0	4	0	0	0	4
Ni me gusta ni me disgusta	[5]	1	0	0	0	5	0	0	0	5
Me gusta ligeramente	[6]	3	3	3	0	18	18	18	0	54
Me gusta bastante	[7]	1	0	1	2	7	0	7	14	28
Me gusta mucho	[8]	0	4	2	4	0	32	16	32	80
Me gusta extremadamente	[9]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		7	7	7	7	5	7.1	6	7	176

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 31 se puede observar las frecuencias de las respuestas por atributo sensorial, asimismo, las calificaciones realizadas por un panel de 7 jueces, con sus respectivos promedios por atributo, siendo el olor el de menor promedio (5) y el color, el de mayor promedio (7.1) junto con la textura. El puntaje global obtenido fue de 176.

Tabla 32

Prueba de aceptabilidad del prototipo TB-12608 (543) con dilución 1:2.5 @ 12°Brix

ESCALA DISCRIMINATIVA	Valor	Frecuencia de las respuestas				Calificaciones				PUNTAJE
		Olor	Color	Sabor	Textura	Olor	Color	Sabor	Textura	
Me disgusta extremadamente	[1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta mucho	[2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta bastante	[3]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta ligeramente	[4]	0	0	1	0	0	0	4	0	4
Ni me gusta ni me disgusta	[5]	4	0	0	0	20	0	0	0	20
Me gusta ligeramente	[6]	1	0	3	1	6	0	18	6	30
Me gusta bastante	[7]	1	3	2	3	7	21	14	21	63
Me gusta mucho	[8]	1	4	1	3	8	32	8	24	72
Me gusta extremadamente	[9]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		7	7	7	7	5.9	7.6	6.29	7.3	189

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 32 se puede observar las frecuencias de las respuestas por atributo sensorial, asimismo, las calificaciones realizadas por un panel de 7 jueces, con sus respectivos promedios por atributo, siendo nuevamente el olor el de menor promedio (5.9) indicando que su aroma tiene una ligera aceptación, el color y la textura obtuvieron los mayores promedios siendo 7.6 y 7.3 respectivamente. En cuanto al sabor, alcanzó una puntuación promedio de 6.29. El puntaje global obtenido fue de 189.

Tabla 33

Prueba de aceptabilidad del prototipo TC-21109 (533) con dilución 1:3.5 @ 14°Brix

ESCALA DISCRIMINATIVA	Valor	Frecuencia de las respuestas				Calificaciones				PUNTAJE
		Olor	Color	Sabor	Textura	Olor	Color	Sabor	Textura	
Me disgusta extremadamente	[1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta mucho	[2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta bastante	[3]	1	0	0	1	3	0	0	3	6
Me disgusta ligeramente	[4]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni me gusta ni me disgusta	[5]	2	0	1	0	10	0	5	0	15
Me gusta ligeramente	[6]	2	1	1	2	12	6	6	12	36
Me gusta bastante	[7]	2	3	3	2	14	21	21	14	70
Me gusta mucho	[8]	0	2	2	2	0	16	16	16	48
Me gusta extremadamente	[9]	0	1	0	0	0	9	0	0	9
Total		7	7	7	7	5.6	7.4	6.86	6.4	184

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la Tabla 33 las frecuencias de las respuestas por atributo sensorial, asimismo, las calificaciones realizadas por un panel de 7 jueces, con sus respectivos promedios por atributo. El olor obtuvo una puntuación de 5.6, similar a las anteriores, el sabor y textura tuvieron puntuaciones similares (6.86 y 6.4 respectivamente) y el color, 7.4, que al igual que los prototipos anteriores, es el atributo que alcanzó mayor puntaje. El global obtenido fue de 184.

Para determinar si existen diferencias significativas en los tres prototipos evaluados anteriormente, el análisis de datos se realizó a través la prueba de análisis de varianza, en donde las hipótesis para dicha prueba fueron:

H_0 = Las medias de las distribuciones de los atributos en todos y cada uno de los prototipos son iguales.

H_a = Alguna de las medias de las distribuciones de los atributos en todos y cada uno de los prototipos es diferente.

Todas las medias fueron evaluadas con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 0.05 en donde si el valor $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

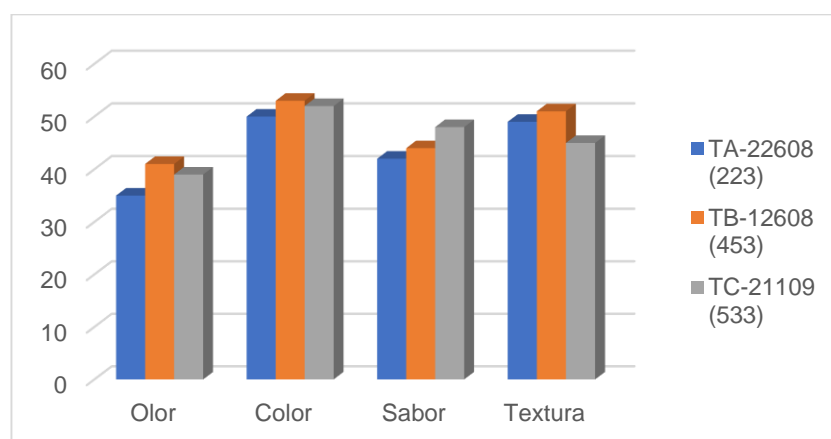


Figura 26. Comparativo del puntaje entre los prototipos TA-22608 (223), TB-12608 (453) TC-21109 (533)

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de diferencias significativas se realizó por atributo sensorial, los cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 34*Resumen de promedios de puntaje del tributo olor*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TA-22608	7	35	5	4
TB-12608	7	41	5.857142857	1.47619048
TC-21109	7	39	5.571428571	1.95238095

*Fuente: MS Excel 2017***Tabla 35***Análisis de varianza del atributo olor*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2.66666667	2	1.333333333	0.5384154	0.59275826	3.55455146
Dentro de los grupos	44.5742857	18	2.476190476			
Total	47.2389524	20				

Fuente: MS Excel 2017

Según los datos obtenidos en las tablas 34 y 35, como el valor p (0.592) es mayor al nivel de significancia (0.05), se mantiene la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias de las distribuciones del atributo olor en los 3 prototipos evaluados, no tienen diferencia estadísticamente significativa con 95% de confiabilidad.

Tabla 36*Resumen de promedios de puntaje del tributo color*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TA-22608	7	50	7.142857143	1.142857143
TB-12608	7	53	7.571428571	0.285714286
TC-21109	7	52	7.428571429	0.952380952

*Fuente: MS Excel 2017***Tabla 37***Análisis de varianza del atributo color*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.666666667	2	0.333333333	0.42	0.663322089	3.554557146
Dentro de los grupos	14.28571429	18	0.793650794			
Total	14.95238095	20				

Fuente: MS Excel 2017

Según los datos obtenidos en las tablas 35 y 36, como el valor p (0.663) es mayor al nivel de significancia (0.05), se mantiene la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias de las distribuciones del atributo color en los 3 prototipos evaluados, no tienen diferencia estadísticamente significativa con 95% de confiabilidad.

Tabla 38*Resumen de promedios de puntaje del tributo sabor*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TA-22608	7	42	6	5.66666667
TB-12608	7	44	6.285714286	1.57142857
TC-21109	7	48	6.857142857	1.14285714

*Fuente: MS. Excel 2017***Tabla 39***Análisis de varianza del atributo sabor*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2.666666667	2	1.333333333	0.47727273	0.628104896	3.554557146
Dentro de los grupos	50.28571429	18	2.793650794			
Total	52.95238095	20				

Fuente: MS. Excel 2017

Según los datos obtenidos en las tablas 38 y 39, como el valor p (0.628) es mayor al nivel de significancia (0.05), se mantiene la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias de las distribuciones del atributo color en los 3 prototipos evaluados, no tienen diferencia estadísticamente significativa con 95% de confiabilidad.

Tabla 40*Resumen de promedios de puntaje del tributo textura*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TA-22608	7	49	7	3.333333333
TB-12608	7	51	7.285714286	0.571428571
TC-21109	7	45	6.428571429	2.952380952

*Fuente: MS. Excel 2017***Tabla 41***Análisis de varianza del atributo textura*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2.666666667	2	1.333333333	0.583333333	0.568241877	3.554557146
Dentro de los grupos	41.14285714	18	2.285714286			
Total	43.80952381	20				

Fuente: MS. Excel 2017

Según los datos obtenidos en las tablas 40 y 41, como el valor p (0.568) es mayor al nivel de significancia (0.05), se mantiene la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias de las distribuciones del atributo color en los 3 prototipos evaluados, no tienen diferencia estadísticamente significativa con 95% de confiabilidad.

Pese a que estadísticamente se demostró que no existen diferencias significativas de los atributos sensoriales entre los 3 prototipos al 95% de confiabilidad, la figura 25 y el promedio de rangos evaluados, sitúa al prototipo TB-12608 (453), como el prototipo final preferido por el panel evaluador.

Asimismo, la formulación de dicho prototipo (Figura 27) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 42

Formulación del prototipo seleccionado (TB-12608)

Ingredientes	Cantidad	Porcentaje
Agua	2.5 L.	66.89%
Jugo fresco clarificado de Ayrampo	1 L	26.76%
Sacarosa (Azúcar blanca)	220 g	5.89%
Ácido cítrico	12.2 g	0.33%
Carboxil metil celulosa (C.M.C.)	3.5 g	0.09%
Sorbato Potasio	1.75 g	0.05%

Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Presentación del prototipo final de néctar de ayrampo

En cuanto al balance de materia general del proceso de desarrollo realizado, siguiendo los métodos descritos anteriormente, a continuación, se presenta un resumen general del proceso:

Tabla 43

Resumen general de balance de masa del proceso de desarrollo

OPERACIONES	INGRESA			SALE		SIGUE		% Rendimiento	
	M.P. Kg.	M.P. Lt.	INS Kg	M.P. Lt.	M.P. Kg	M.P. Lt.	M.P. Kg	% Perdido	Producto
Recepción	70						70		100
Selección	70				4		66	5.7	94.3
Lavado - Desinfectado	66						66		94.3
Escaldado	66						66		94.3
Pelado químico	66				3		63	18.2	81.8
Despulpado - Tamizado	63				26	37		47.2	52.8
Clarificado		37			15	22		68.6	31.4
Pasteurizado		22	0.24		5.24	17		75.7	24.3
Envasado		17				17			24.3
Enfriado y almacenado		17				17			24.3
TOTAL		17							26

Fuente: Elaboración propia

6.1.5. Evaluación fisicoquímica y microbiológica del prototipo seleccionado (TB-12608).

En la Tabla 44 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico realizado al prototipo que obtuvo una mayor aceptación en el análisis sensorial.

Tabla 44

Análisis fisicoquímica y microbiológica del prototipo seleccionado (TB-12608)

Evaluación fisicoquímica y microbiológica		
Fisicoquímico		
Parámetro	Unidad	Valor
Contenido de azúcar	°Brix	11.57
pH	Ad.	3.55
Acidez	g/L Ác. Cítric	6.70
Humedad	%	85.42
Cenizas totales	%	0.04
Microbiológico		
Aerobicos mesófilos	ufc/mL	<10
Mohos	ufc/mL	<10
Levaduras	ufc/mL	<10
Enterobacterias	ufc/mL	<10

Fuente: Informe Final del Ensayo N°486 LAB/19 – Laboratorio de Alimentos y Bebidas del CITEagroindustrial-Ica (Anexo 9) - Informe de Ensayo N° 759 LAI/2019 – Laboratorio Agroindustrial (Anexo 10)

De acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior, todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se encuentran dentro de los rangos recomendados por la NTP 203.110 2009 y la FAO (1998).

6.1.6. Evaluación del efecto de la Pasteurización

En la Tabla 45 se muestran los valores obtenidos experimentalmente para las variables respuesta.

Tabla 45

Respuestas de la matriz codificada del DCCR

Standard Run	Variables Independientes		Variables Dependientes		
	Temperatura (°C)	Tiempo (Seg)	Betacianina (mg/100mL)	Polifenoles (mg EAG/100mL)	Capacidad antioxidante (μmol eq.trolox/mL)
1	77	15	5.77	98.5	2.61
2	77	60	4.3	91.7	1.85
3	92	15	2.96	83.2	1.31
4	92	60	1.45	66.5	0.88
5	74	37.5	4.94	102.1	2.02
6	95	37.5	2.2	76	1.09
7	84.5	5.7	6.02	97.8	2.23
8	84.5	69.3	2.88	77.6	1.03
9 (C)	84.5	37.5	4.39	92.1	1.68
10 (C)	84.5	37.5	4.27	93	1.59
11 (C)	84.5	37.5	4.42	91.3	1.64

Fuente: Elaboración propia

Los valores máximos de concentración de compuestos se dieron en los tratamientos 1; 5 y 7 con valores de 5.77; 4.94 y 6.02 mg/100 mL de betacianinas, 98.5; 102.1 y 97.8 mg EAG/100 mL de polifenoles y 2.61; 2.02 y 2.23 μmol eq trolox/mL de capacidad antioxidante, respectivamente. Estos tratamientos se realizaron a condiciones de temperatura de 77; 74 y 84.5°C y tiempos de 15; 37.5 y 5.7 Seg. respectivamente. Por otro lado, los valores mínimos de concentración se dieron en los tratamientos 4; 6 y 8, con valores 1.45; 2.2 y 2.88 mg/100 mL de betacianinas, 66.5; 76 y 77.6 mg EAG/100 mL de polifenoles y 0.88; 1.09 y 1.03 μmol eq trolox/g de capacidad antioxidante, respectivamente. Estos tratamientos se realizaron a condiciones de temperatura de 92; 95 y 84.5°C y tiempos de 60; 37.5 y 2.88 Seg. respectivamente.

6.1.6.1. Selección del modelo apropiado para el evaluar el efecto de la pasteurización en el contenido de betacianinas

A partir de los datos obtenidos mostrados en la Tabla anterior, se probaron secuencialmente cuatro (04) diferentes modelos matemáticos para el planeamiento del compuesto central, con el que se obtuvieron los valores del R^2 y la suma de cuadrados del error que permitieron elegir el modelo adecuado para predecir o modelar la concentración de betacianinas (mg/100 mL).

Tabla 46

Análisis de los modelos del DCCR para la concentración de betacianinas en el néctar de ayrampo

Modelos de análisis del DCCR				
	1	2	3	4
R^2	0.88	0.95	0.88	0.95
Suma de cuadrados del Error	2.384	0.946	2.383	0.945

Fuente: Statistica

En donde:

1= “Solo términos lineales de los efectos principales”;

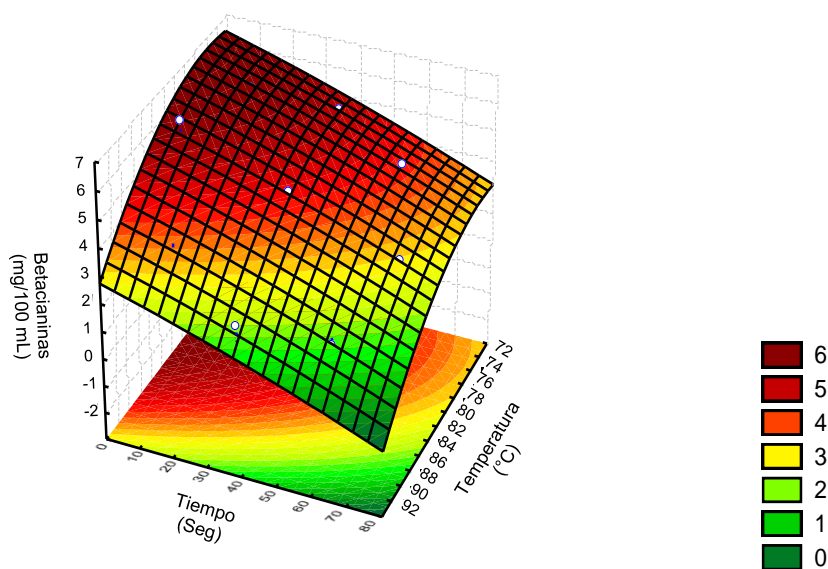
2= “Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales”,

3= “Términos lineales de los efectos principales y las interacciones de segundo orden”;

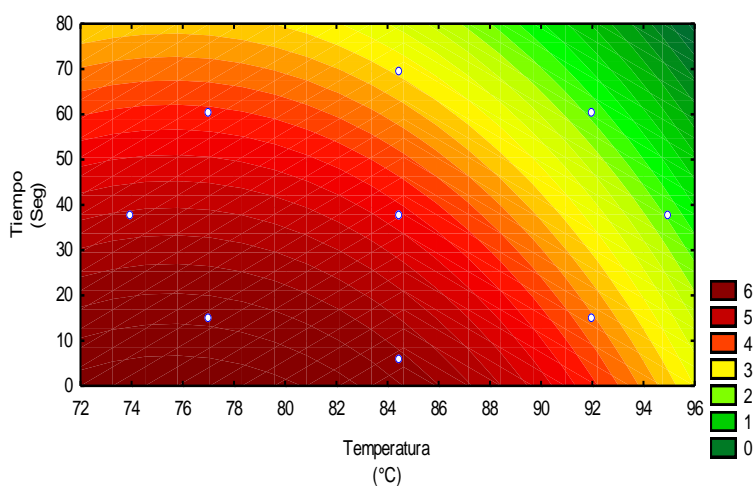
4= “Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales y las interacciones de segundo orden”.

Se conoció que el modelo que mejor correlaciona los datos experimentales y predice la concentración de betacianinas (mg/100 mL) fue el modelo de “Términos

lineales y cuadráticos de los efectos principales”, dado que fue el modelo cuyo Coeficiente de determinación ($R^2=0.95$) fue el más elevado y también se aproxima más a la unidad, por lo que esta permite interpretar los resultados mediante gráficos de superficies de respuesta y contorno (Figura 28).



(a)



(b)

Figura 28. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; en el contenido de betacianinas (mg/100 mL) en función a la temperatura y tiempo

Fuente: Statistica 7.

En la Figura 28a, se observa que la gráfica de superficie de respuesta representa un modelo de segundo orden, indicando que las altas temperaturas y tiempos prolongados reducen significativamente el contenido de betacianinas de 6.02 a 1.45 mg/100 mL de néctar. Esto, se puede apreciar mejor en la Figura 28b, en donde la gráfica de contornos, nos muestra una región roja que representa una combinación de temperaturas y tiempos óptimos para una mayor concentración de betacianinas (6 mg/100 mL), el cual se puede obtener aplicando un tratamiento que esté dentro los rangos de temperatura de 72 a 86°C y tiempos de 5 a 30 segundos.

Para corroborar que el modelo predice bien, por ende, permite un buen ajuste de los datos experimentales con los predichos, se muestra a continuación una gráfica de linealidad:

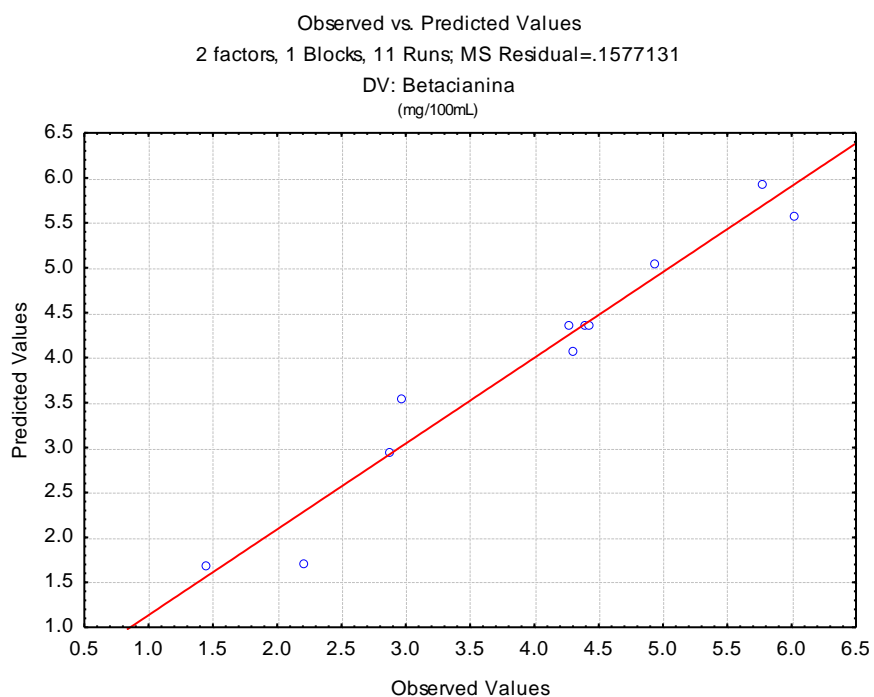


Figura 29. Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de betacianinas en néctar de Ayrampo

Fuente: Statistica 7.

La figura anterior nos muestra los valores observados (obtenidos experimentalmente en laboratorio) están representados por los puntos de color azul y los valores predichos representadas por la línea de color rojo, no están tan dispersos respecto uno del otro, asimismo, el valor residual (MS Residual) producto de la diferencia entre los valores observados y predichos fue de 0.1577131, el cual nos indica que los datos tienen un alto ajuste, y esto se puede corroborar con el valor R^2 obtenido que fue de 0.95%, es decir, el 5% de los datos no pueden ser representados por la Ecuación 11, y son aquellos valores que se encuentran alejados de la línea color rojo.

En la Tabla 47, mediante el análisis de varianza, se demuestra que los efectos principales Temperatura y Tiempo de pasteurización, influyen significativamente ($p < 0.05$), en la termodegradación del contenido de betacianinas

Tabla 47

Análisis de Varianza (ANOVA) del modelo lineal/cuadrático de los efectos principales para la variable contenido de betacianinas en el néctar de Ayrampo.

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Temperatura(L)	11.38561	1	11.38561	72.19192	0.000145
Temperatura(Q)	1.38561	1	1.38561	8.78562	0.025150
(2)Tiempo(L)	6.88238	1	6.88238	43.63859	0.000579
Tiempo(Q)	0.01471	1	0.01471	0.09325	0.770405
Error	0.94628	6	0.15771		
Total SS	20.65225	10			

Fuente: Statistica 7.

Esta significancia se corrobora en el diagrama de Pareto (Figura 30), en donde se puede apreciar que el

tiempo y temperatura de pasteurización son significativos para el contenido de betacianinas en el néctar de Ayrampo, ya que cruza la línea del valor “p” de confiabilidad.

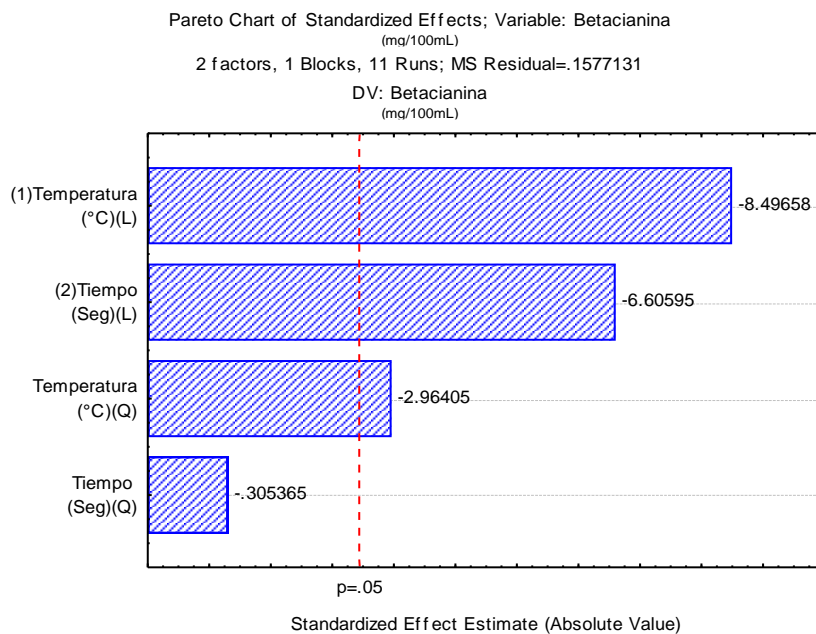


Figura 30. Diagrama de Pareto para el contenido de betacianinas del néctar de Ayrampo.

Fuente: Estadística 7.

Pese a que ambos parámetros son significativos, el diagrama hace un mayor énfasis en el parámetro de la temperatura como la más influyente en el contenido de betacianinas del néctar de Ayrampo, provocando un efecto termodegradativo con reacción cinética de primer orden a temperaturas y tiempos superiores a 86°C y 40 segundos respectivamente.

6.1.6.2. Selección del modelo apropiado para el contenido de polifenoles

A partir de los datos obtenidos mostrados en la Tabla 48, se probaron secuencialmente cuatro (04) diferentes modelos matemáticos para el planeamiento del compuesto central, con el que se obtuvieron los valores del R^2 y la suma de cuadrados del error que permitieron elegir el modelo adecuado para predecir o modelar la concentración de polifenoles (mg EAG/100 mL) del néctar de Ayrampo luego del proceso de pasteurización.

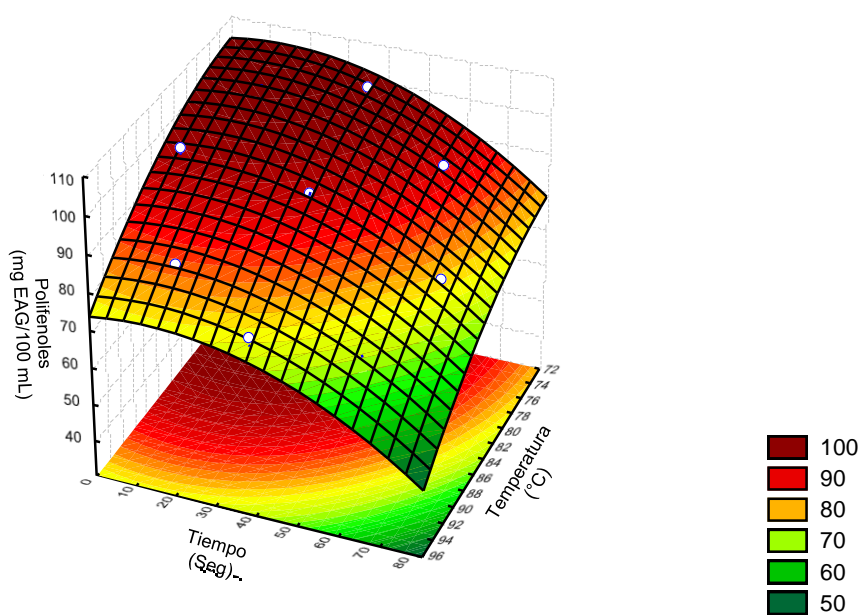
Tabla 48

Análisis de los modelos de análisis del DCCR para la concentración de polifenoles en el néctar de ayrampo

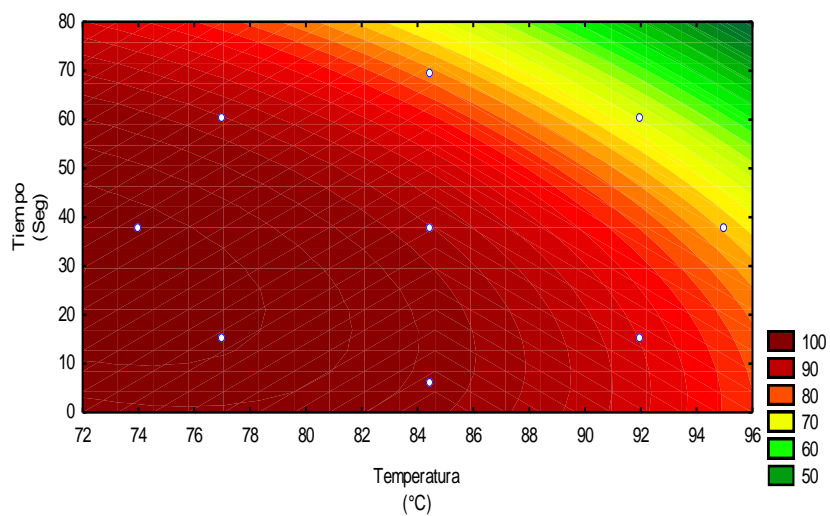
Modelos de análisis del DCCR				
	1	2	3	4
R^2	0.90	0.96	0.92	0.97
Suma de cuadrados del Error	120.404	52.868	95.901	28.365

Fuente: Statistica

Se conoció que el modelo que mejor correlaciona los datos experimentales y predice la concentración de polifenoles (mg EAG/100 mL) fue el modelo de “Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales”, dado que fue el modelo cuyo Coeficiente de determinación ($R^2=0.96$) es elevado y cercano a la unidad, por lo que también permite interpretar los resultados mediante gráficos de superficies de respuesta y contorno (Figura 31).



(a)



(b)

Figura 31. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; en el contenido de polifenoles (mg EAG/100 mL) en función a la temperatura y tiempo

Fuente: Statistica 7.

En la Figura 31a, se observa que la gráfica de superficie de respuesta representa un modelo de segundo

orden, debido a la ligera curvatura, indicando que, a menores temperaturas y menores tiempos, se puede lograr contenidos de polifenoles alrededor de los 100 mg EAG/100 mL de néctar. Esto, se puede apreciar mejor en la Figura 31b, en donde la gráfica de contornos, nos muestra una región roja que representa una combinación de temperaturas y tiempos óptimos para una mayor concentración de polifenoles, el cual se puede obtener aplicando un tratamiento que esté dentro los rangos de temperatura de 72 a 82°C y tiempos de 5 a 50 segundos.

Para corroborar que el modelo predice bien, por ende, permite un buen ajuste de los datos experimentales con los predichos, se muestra a continuación una gráfica de linealidad:

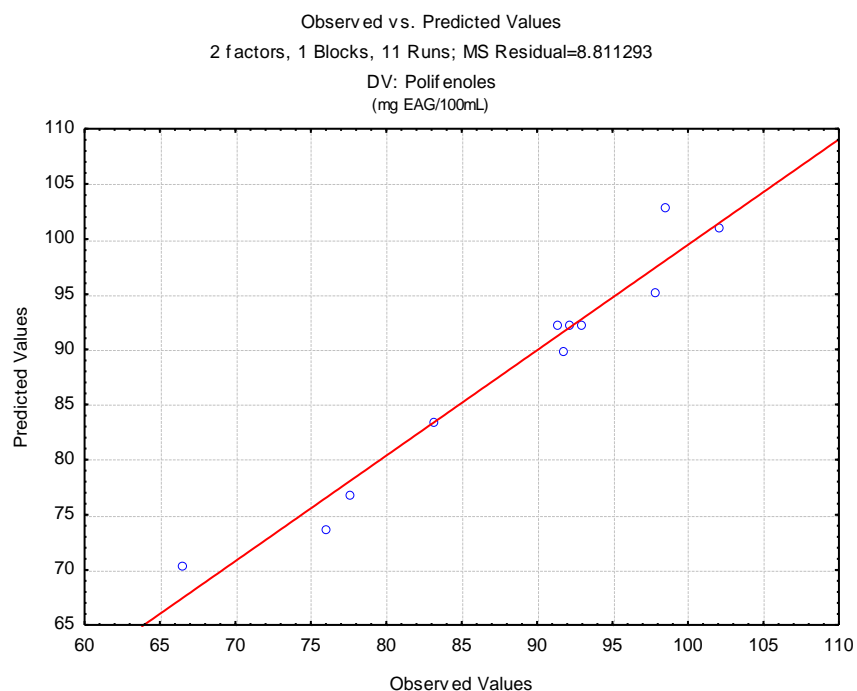


Figura 32. Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de polifenoles en néctar de Ayrampo

Fuente: Statistica 7.

La figura anterior nos muestra los valores observados (obtenidos experimentalmente en laboratorio), representados por los puntos de color azul y los valores predichos representadas por la línea de color rojo, no están muy alejados entre sí, debido al bajo valor residual (MS Residual), que es producto de la diferencia entre los valores observados y predichos, el cual fue de 8.811293, indicando que los datos tienen un alto ajuste, y esto se puede corroborar con el valor R^2 obtenido que fue de 0.96%, es decir, el 4% de los datos no pueden ser explicados por el modelo (línea recta) representada por la Ecuación 11, y son aquellos valores que se encuentran alejados de la línea color rojo

En la Tabla 49, mediante el análisis de varianza, se demuestra que los efectos principales Temperatura y Tiempo de pasteurización, influyen significativamente ($p < 0.05$), en la termodegradación del contenido de polifenoles.

Tabla 49.

Análisis de Varianza (ANOVA) del modelo lineal/cuadrático de los efectos principales para la variable contenido de polifenoles en el néctar de Ayrampo.

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Temperatura(L)	749.389	1	749.3891	85.04871	0.000092
Temperatura(Q)	32.951	1	32.9515	3.73969	0.101305
(2)Tiempo(L)	338.852	1	338.8525	38.45661	0.000811
Tiempo(Q)	53.137	1	53.1370	6.03056	0.049406
Error	52.868	6	8.8113		
Total SS	1208.645	10			

Fuente: Estadística 7.

Esta significancia se corrobora en el diagrama de Pareto (Figura 30), en donde se puede apreciar que el tiempo y temperatura de pasteurización son significativos para el contenido de polifenoles en el néctar de Ayrampo, ya que cruza la línea del valor “p” de confiabilidad.

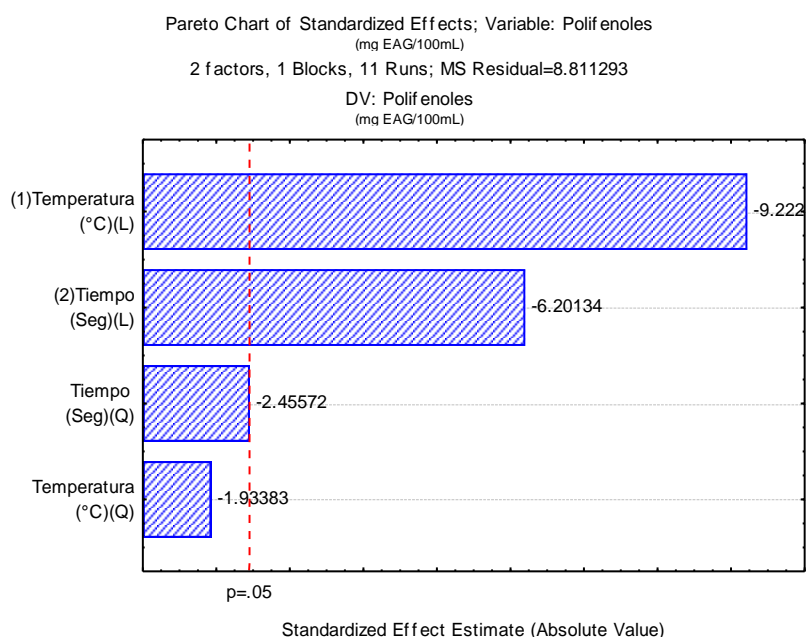


Figura 33. Diagrama de Pareto para el contenido de polifenoles del néctar de Ayrampo
Fuente: Statistica 7.

Pese a que ambos parámetros son significativos, el diagrama hace un mayor énfasis en el parámetro de Temperatura como la más influyente en el contenido de polifenoles del néctar de Ayrampo, provocando un efecto termodegradativo con reacción cinética de primer orden a temperaturas y tiempos superiores a 82°C y 50 segundos respectivamente, llamando la atención su estabilidad hasta dicha temperatura, posiblemente debido al escaldado previo realizado a la fruta descrito en la Figura 19, como parte de inactivación de enzimas endógenas como las polifenoloxidasas en el producto, mejorando así sus propiedades antioxidantes y estabilidad de los polifenoles.

6.1.6.3. Selección del modelo apropiado para la capacidad antioxidante

De acuerdo de los datos experimentales de capacidad antioxidante que se muestran en la Tabla 50, se probaron secuencialmente cuatro (04) diferentes modelos matemáticos para el planeamiento del compuesto central, con el que se obtuvieron los valores del R^2 y la suma de cuadrados del error que permitieron elegir el modelo adecuado para predecir o modelar la capacidad antioxidante ($\mu\text{mol eq. Trolox}/100\text{mL}$) del néctar de Ayrampo luego del proceso de pasteurización.

Tabla 50

Análisis de los modelos de análisis del DCCR para la capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo

	Modelos de análisis del DCCR			
	1	2	3	4
R^2	0.93	0.93	0.94	0.94
Suma de cuadrados del Error	0.188	0.183	0.161	0.155

Fuente: Statistica

Los elevados valores de coeficiente de determinación (R^2) de cada modelo no reflejan mucha diferencia entre sí, por lo que cualquiera de ellas correlaciona correctamente los datos experimentales y predicen la capacidad antioxidante ($\mu\text{mol eq. Trolox}/100\text{ mL}$) en cualquier punto de la región experimental. Para fines del presente estudio, se escogió el modelo de “Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales y las interacciones de segundo orden”, dado que fue el modelo cuyo Coeficiente de determinación ($R^2=0.94$) es elevado y la suma de

cuadrados del error es el menor (0.155), por ende, menor es su variación atribuida al error, por lo que también permite interpretar los resultados mediante gráficos de superficies de respuesta y contorno (Figura 34).

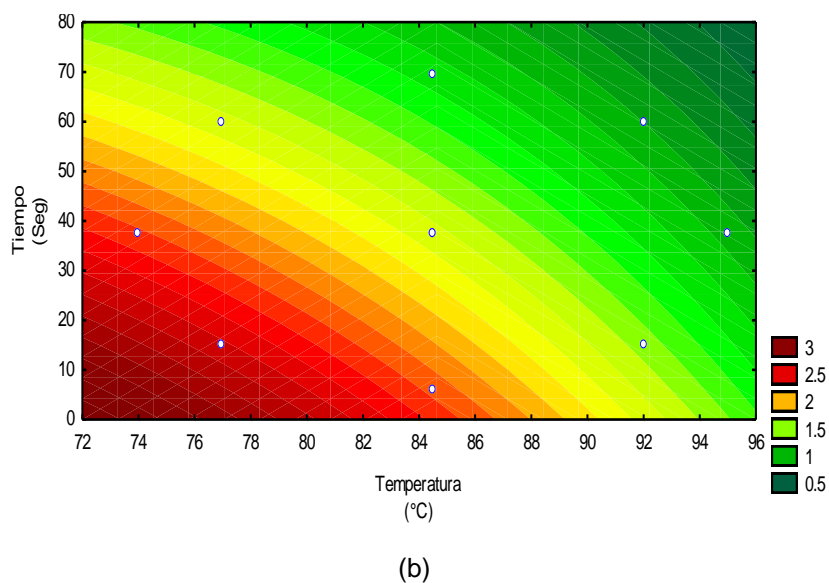
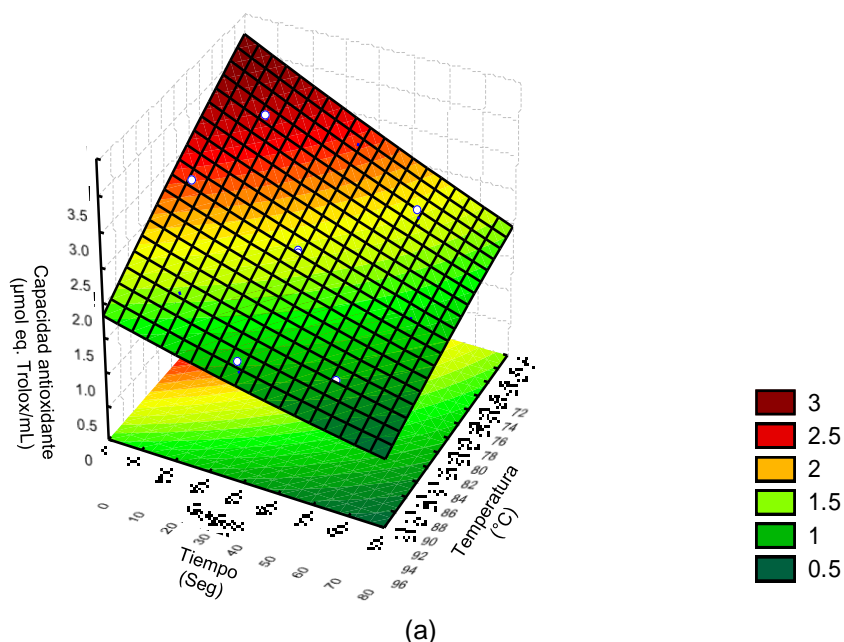


Figura 34. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; en la capacidad antioxidante ($\mu\text{mol eq. Trolox/mL}$) en función a la temperatura y tiempo
Fuente: Statistica 7.

En la Figura 34a, se observa una relación inversamente proporcional a medida que la temperatura y tiempo aumentan, reduciendo las capacidades

antioxidantes de la bebida de 3 hasta 0.5 $\mu\text{mol eq. Trolox}/100\text{mL}$. Esto, se puede apreciar mejor en la Figura 34b, en donde la gráfica de contornos, nos muestra una región roja que representa una combinación de temperaturas y tiempos óptimos para una mayor capacidad antioxidante, el cual se puede obtener aplicando un tratamiento que esté dentro los rangos de temperatura de 72 a 82°C y tiempos de 5 a 30 segundos, de modo que el contenido de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante del néctar están correlacionados con la temperatura y tiempo de pasteurización del néctar de Ayrampo de manera sinérgica.

Para corroborar el buen ajuste de los datos experimentales con los predichos del modelo, se muestra a continuación una gráfica de linealidad:

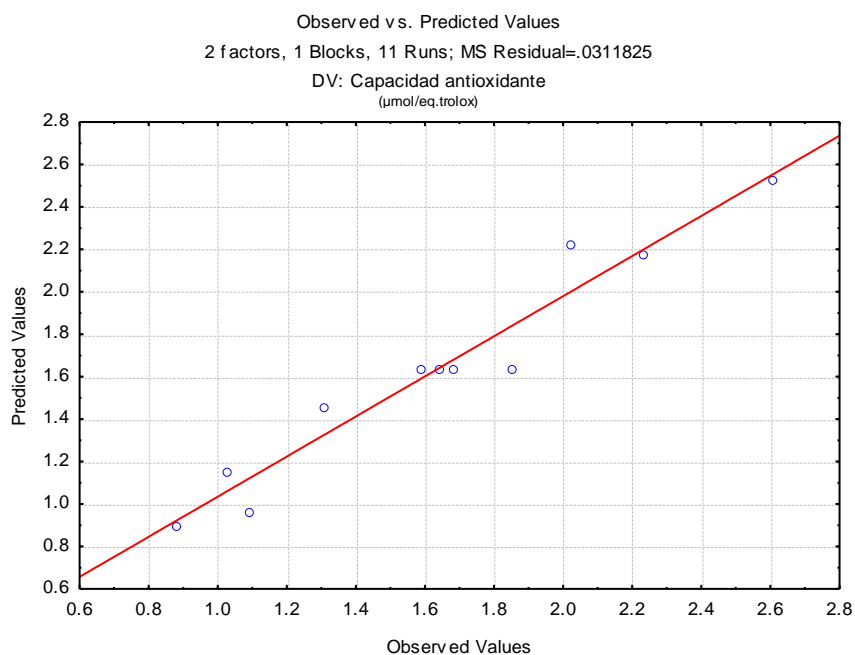


Figura 35. Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de polifenoles en néctar de Ayrampo

Fuente: Statistica 7

La figura anterior nos muestra los valores observados representados por los puntos de color azul y los valores

predichos representadas por la línea de color rojo, no están muy alejados entre sí, debido al bajo valor residual (MS Residual), que es producto de la diferencia entre los valores observados y predichos, el cual fue de 0.0311 indicando que los datos tienen un alto ajuste, y esto se puede corroborar con el valor R^2 obtenido que fue de 0.94%, es decir, el 6% de los datos no pueden ser explicados por el modelo (línea recta) representada por la Ecuación 11, y son aquellos valores que se encuentran alejados de la línea color rojo

En la Tabla 51, mediante el análisis de varianza, se demuestra que los efectos principales Temperatura y Tiempo de pasteurización, influyen significativamente ($p < 0.05$), en la termodegradación de la capacidad antioxidante

Tabla 51

Análisis de Varianza (ANOVA) del modelo lineal/cuadrático de los efectos principales y las interacciones de segundo orden para la variable capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo.

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Temperatura(L)	1.611008	1	1.611008	51.66386	0.000811
Temperatura(Q)	0.002942	1	0.002942	0.09436	0.771091
(2)Tiempo(L)	1.041773	1	1.041773	33.40889	0.002181
Tiempo(Q)	0.001185	1	0.001185	0.03799	0.853133
1L by 2L	0.027225	1	0.027225	0.87309	0.392995
Error	0.155912	5	0.031182		
Total SS	2.841600	10			

Fuente: Statistica 7.

Esta significancia se corrobora en el diagrama de Pareto (Figura 36), en donde se puede apreciar que el tiempo y temperatura de pasteurización son significativos

para la capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo, ya que cruza la línea del valor “p” de confiabilidad.

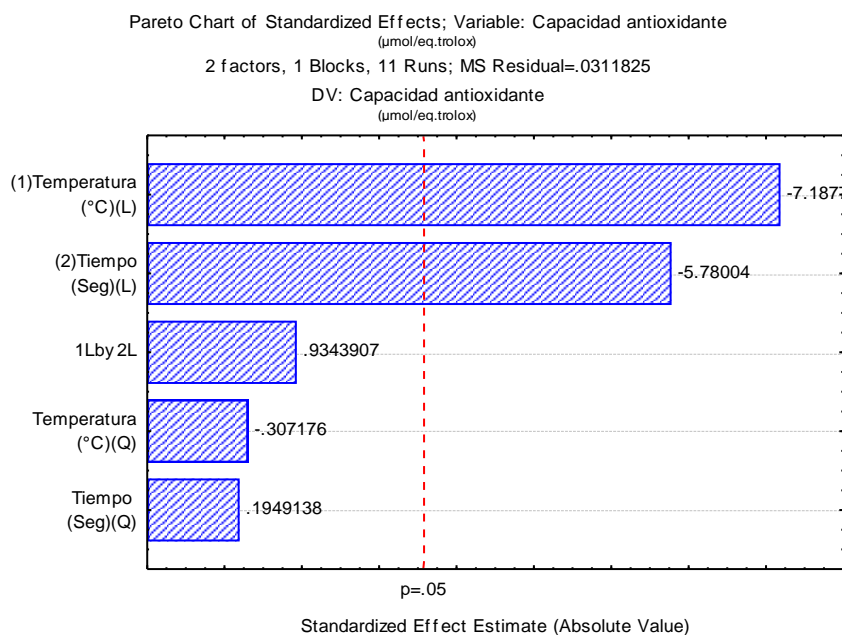


Figura 36. Diagrama de Pareto para la capacidad antioxidante del néctar de Ayrampo

Fuente: Statistica 7.

Las Figuras 30; 33 y 36 nos demuestran que la variable temperatura, además de la variable tiempo, es la más influyente para el contenido de compuestos polifenólicos y su capacidad antioxidante en el néctar de Ayrampo, debido su efecto termodegradativo demostrado por diversos estudios (Huan y von Elve, 1983; de Britto y Campana-Filho, 2007), en donde mencionan que la capacidad antioxidante se ve reducida cuando los compuestos betalaímicos (betacianinas y betaxantinas) sufren fenómenos de descarboxilación e isomerización por las altas temperaturas y otros factores.

6.1.7. Optimización mediante función de deseabilidad de la temperatura y tiempo de pasteurización

En la Figura 37, se observa la intersección de las variables independientes optimizadas y con la máxima retención posible (deseable) de contenido de betacianinas (6.02 mg/100 mL), polifenoles (100.56 mg EAG/100 mL) y capacidad antioxidante (2.72 μ mol eq. Trolox/100mL) en el néctar de Ayrampo, siendo los parámetros óptimos de temperatura y tiempo de pasteurización los siguientes valores: 74°C y 12.6 segundos respectivamente.

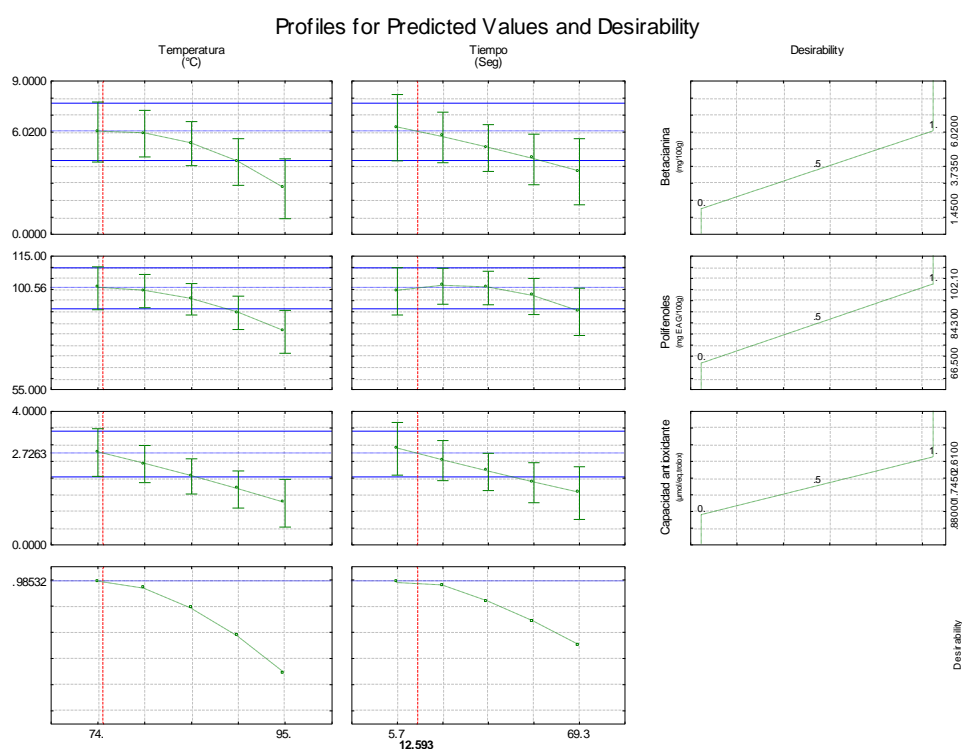
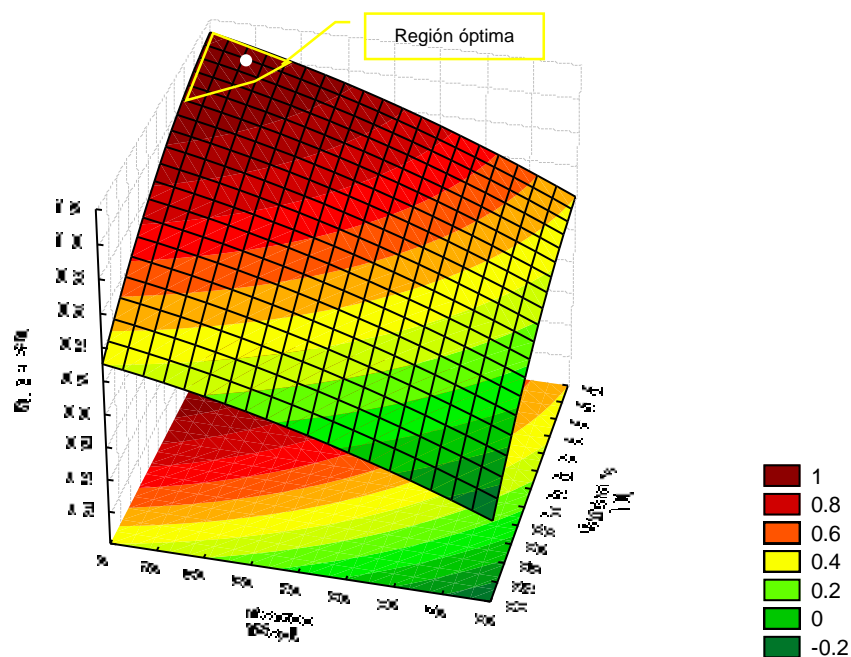


Figura 37. Perfil de las variables predictivas y deseables

Fuente: Statistica 7.

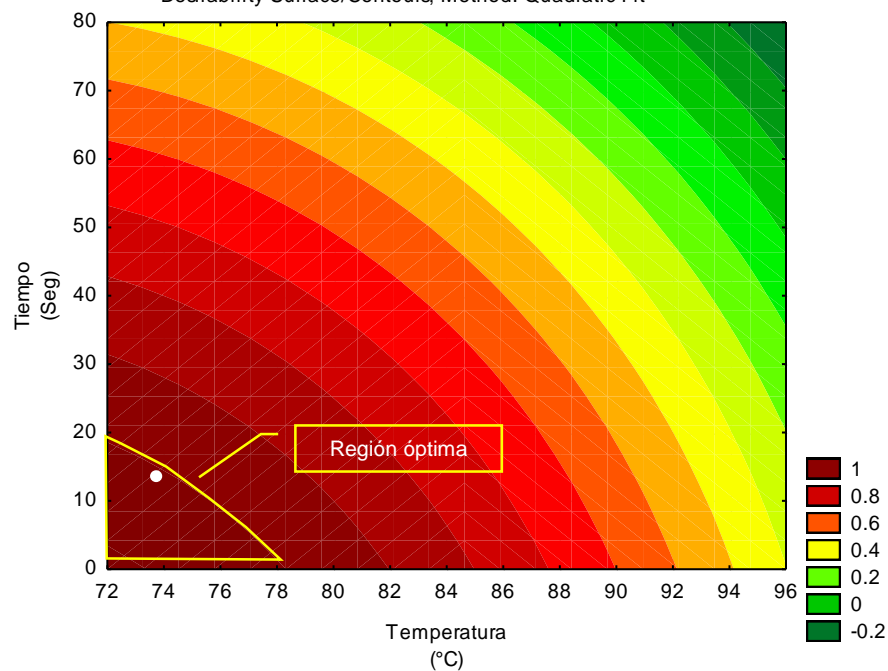
Estos parámetros pueden ser corroborados en la gráfica de superficie de respuesta y contornos (Figura 38), para evidenciar que efectivamente dicha combinación de temperatura y tiempo se encuentra dentro de la “región óptima” de procesamiento, en donde se combinaron las variables betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante, en una sola variable denominada “Desirability” o “deseable”, cuyo máximo valor deseable es el 1.

Desirability Surface/Contours; Method: Quadratic Fit



(a)

Desirability Surface/Contours; Method: Quadratic Fit



(b)

Figura 38. Gráficos de (a) Superficie de respuesta y (b) Curvas de contornos; del valor deseable de contenido de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante en el néctar de Ayraimo
Fuente: Statistica 7.

6.1.8. Estimación de la retención de compuestos

El porcentaje de retención de betacianinas y polifenoles totales, antes y después del pasteurizado, se evaluó de acuerdo a la Ecuación 7:

Tabla 52

Porcentaje de retención de betacianinas y polifenoles totales obtenida por optimización de parámetros de pasteurización

	Betacianina (mg/100mL)	Polifenoles (mg EAG/100mL)	Capacidad antioxidante (μ mol eq.trolox/100mL)
Contenido antes de pasteurizar	7.324	105.68	3.02
Contenido óptimo después de pasteurizar	6.02	100.56	2.72
% Retención	82.19%	95.15%	90.06%

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores se obtuvieron calculando el contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en el néctar antes de pasteurizar versus el contenido predicho de dichos compuestos aplicando los parámetros óptimos de temperatura y tiempo con la función de deseabilidad, lográndose así un 82.15% de retención de betacianinas, 95.15% de retención de polifenoles y 90.06% de retención de la capacidad antioxidante estimada.

La temperatura y tiempo de pasteurización, si bien fueron las condiciones de procesamiento evaluadas, existen otros factores como variedad, grado de madurez, parte del fruto, proporción de la dilución para el néctar, métodos de cuantificación, que deben considerarse, sin embargo, los valores de retención reportados constituyen explícitamente de acuerdo a las condiciones de procesamiento y cuantificación aplicadas en el presente estudio.

6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores obtenidos en los análisis de la pulpa fresca de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), difieren de otras especies de frutos del género *opuntia*, respecto a lo reportado por otros autores (Vergara, 2013; Lozano, 2009) quienes reportan valores entre 11.5 – 14°Brix versus los 8.73°Brix, indicando que este fruto es bajo en contenido de azúcares. Asimismo, el valor de pH que reporta Lozano (2009) difiere al presente estudio, quien reportó un valor de 3.8, frente al 2.92 obtenido; esta diferencia podría atribuirse a las variedades empleadas para dichos estudios, siendo en el caso de Lozano (2009), la variedad de *Opuntia stricta* y en esta investigación el *Opuntia apurimacensis*, además de la diferencia de latitudes en las que se desarrollan ambas variedades.

Pese a que estadísticamente se demostró que no existen diferencias significativas de los atributos sensoriales entre los 3 prototipos al 95% de confiabilidad, el promedio de rangos evaluados y la gráfica radial situó al prototipo TB-12608 (453), con un factor de dilución de 1:2.5 (fruta: agua) y 12°Brix, como el prototipo final preferido por el panel evaluador, el cual posee características organolépticas de color, sabor, textura y color aceptables al paladar del consumidor.

En cuanto a rendimientos de extracción de pulpa, a pesar de emplear pelado químico, los rendimientos después del clarificado resultaron bajos, debido a la formación de hidrocoloides (geles), además de las borras (sedimentos) provocados por el efecto enzimático por aplicación de bentonita de calcio y sodio Siha Puranit® y enzima pectolítica microgranulada Endozym Protectzyme®, perdiéndose aproximadamente 40.5% de jugo, lo cual, si bien es una pérdida significativa de materia prima debido a la alta carga orgánica e hidrocoloides ligados, podría contradecir los estudios realizados por Montilla, Tovar y Pacheco (2020), quienes sostienen que, de acuerdo a sus resultados, la pulpa de las especies del género *Opuntia*, no representan una fuente importante de pectinas (hidrocoloides), sin embargo, de manera indirecta en la presente

investigación se evidenció indicios de una significativa cantidad de pectinas presentes en la pulpa del fruto ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), por lo que sería importante profundizar más ese tema.

La concentración más alta Betacianinas en el néctar de ayrampo fue de 6.02 mg/100mL (Tabla 43). Este resultado fue inferior a lo reportado por otros autores (Apaza, 2017; Huayta, 2016 y Justo, 2018), sin embargo, se debe resaltar que dichos autores cuantificaron betacianinas a partir de extractos de semilla de ayrampo, por ende, reporta mayor concentración.

El efecto termodegradativo de la pasteurización siguió una reacción cinética de primer orden a tiempos superiores a 86°C y 40 segundos tanto en betacianinas como en polifenoles, parámetros por encima de lo sugerido por Justo (2018); Castellar, Obón y Fernández-López (2006), quienes sugiere que dicha reacción cinética de primer orden se manifiesta a condiciones de temperaturas superiores a 60°C, lo cual, dicha diferencia podría atribuirse al pretratamiento de escaldado realizado al fruto fresco, (Figura 19), como parte de inactivación de enzimas endógenas como las polifenol oxidasas, peroxidasas en el producto, mejorando así sus propiedades antioxidantes y estabilidad de los polifenoles. Sin embargo, en el caso de las betacianinas, la termodegradación provoca fenómenos de isomerización y descarboxilación, convirtiendo a la betacianina en compuestos inestables como el ciclodopa-5-glucosido y ácido betalámico, manifestándose en cambios graduales de coloración hasta marrón claro (de Britto y Campana-Filho, 2007) y en el caso de los polifenoles, la termodegradación repercute en la capacidad antioxidante, así como en las características organolépticas de la bebida como color, aroma, astringencia, y sabor, concordando así con autores como Rodríguez-Amaya (1999) y Meléndez-Martínez *et al.* (2004), quienes sostienen que el valor biológico de un determinado producto alimenticio se verá afectado a mayor tiempo en determinadas condiciones de temperatura. Es por ello, que, en el presente trabajo, se emplearon parámetros de temperaturas y tiempos según lo recomendado por Casp y Abril (2003) para bebidas como

zumos, el cual, además de reducir el contenido patógeno, también permite retener ciertos compuestos de interés nutricional.

Con respecto a la capacidad antioxidante, se reportaron valores de entre 0.88 a 2.61 $\mu\text{mol eq. Trolox}/100\text{ mL}$ con el método de ABTS, inferiores a lo reportado por Apaza (2017), quien logró valores de 0.82 a 2.02 $\mu\text{mol eq. Trolox}/100\text{ g}$, y superior a lo reportado por Jorge y Troncoso (2016) pero con el método FRAP ($\mu\text{mol eq. Fe-II}/100\text{ mL}$). Cabe resaltar que las diferencias se deben a que, en la presente investigación, se analizaron muestras de néctar (agua+pulpa clarificada), mientras que los otros autores analizaron muestras concentradas de extractos y además, emplearon otros métodos de cuantificación.

CONCLUSIONES

En función de los objetivos planteados para la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- ✓ Se logró determinar que, el efecto termodegradativo de la pasteurización en el contenido de betacianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en el néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), con un factor de dilución de 1:2.5 (fruta:agua) y 12°Brix de sólidos solubles, los parámetros Temperatura del medio y el Tiempo de exposición, influyen significativamente ($p < 0.05$), mostrando una variabilidad en betacianinas de 1.45 a 6.02 mg/100mL, polifenoles totales de 66.5 a 102.1 mg/100mL y capacidad antioxidante de 0.88 a 2.61 $\mu\text{mol eq. Trolox/100 mL}$.
- ✓ Se determinó que, la temperatura óptima en la operación de pasteurización del néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) permite una máxima retención de 82.19% de betacianinas (6.02 mg/100 mL), 95.15% de polifenoles totales (100.56 mg EAG/100 mL) y 90.06% de capacidad antioxidante (2.72 $\mu\text{mol eq. Trolox/100mL}$), es de 74°C.
- ✓ Se determinó que, el tiempo óptimo en la operación de pasteurización del néctar funcional de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*) permite una máxima retención de 82.19% de betacianinas (6.02 mg/100 mL), 95.15% de polifenoles totales (100.56 mg EAG/100 mL) y 90.06% de capacidad antioxidante (2.72 $\mu\text{mol eq. Trolox/100mL}$), es de 12.6 segundos.

RECOMENDACIONES

A partir de lo observado durante la ejecución del presente proyecto, se recomienda lo siguiente:

- ✓ Evaluar la estabilidad del néctar de ayrampo mediante métodos colorimétricos para determinar el efecto de la pasteurización en la intensidad de color.
- ✓ Realizar estudios de extracción de pectina a partir de pulpa y cáscara del ayrampo (*Opuntia apurimacensis*), debido a que en el presente estudio se evidenció que podría tener un alto potencial.
- ✓ Realizar estudios de cuantificación de betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante, evaluando a diferentes grados de madurez, variedad, factor de dilución, parte de fruto del ayrampo.
- ✓ Realizar un análisis proximal, vitamina C a fin de cuantificar el aporte de esta vitamina y demás nutrientes en el néctar de ayrampo.
- ✓ Realizar estudios experimentales combinando el ayrampo con otros frutos que le permitan aumentar su aceptabilidad y valor nutricional.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Abril, N.; Barcena, J.; Fernández, E.;... (s/f). Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Córdoba. España.
- Acosta, L. (2000) Fermentación microbiana de la pulpa de Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) para la liberación del pigmento hidrosoluble. Universidad Autónoma Chapingo.
- Acosta, O.; Viquez, F. y Cubero, E. (2008). Optimization of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology. *J. Food Qual. Prefer.* 19, 79–85.
- Amezquita, F. y Guerrero, A. (s/f). Fundamentos de la espectroscopía aplicada a la instrumentación química. Apéndice A. Disponible en <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/MaterialDidactico/amezquita/Analitica3/APENDICES%20de%20Fundamentos.pdf>
- Alard, D.; Wray, V.; Grotjahn, L.; Reznik, H. y Strack, D. (1985) Neobetanin: Isolation and identification from *Beta vulgaris*. *Journal of Phytochemistry.* 24: 2383-5.
- Allegra, M.; Furtmuller, P.; Jantschko, W.; Zederbauer, M.; Tesoriere, L.; Livrea, M. y Obinger, C. (2005). Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid. *Biochemical and Biophysical Research Communications.* 332, 837–844.
- Apaza, A. (2017). Influencia de parámetros fisicoquímicos en la extracción de pigmentos de ayrampo (*Opuntia soehrensii* B.), sobre el contenido de fenoles totales, betacianinas totales y capacidad antioxidante. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú.
- Arotoma, S. y Godenzi, J. (2012). Externalidades del cultivo *Opuntia soehrensii* (Ayrampo) y sus propiedades nutricionales y medicinales. Trabajo de

Campo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. 42pp.

Azeredo, H. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 44: 2365-2376

Badui, D. (1990) Color. En Química de los Alimentos. Alhambra. México. pp. 379-403.

Badui, D. (1993). Química de los alimentos. 3era Ed. Pearson Education. México, 377-405 p.

Betalainas 2005-2015: Una Historia con futuro. (2016). Universidad de Murcia. Recuperado de <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/Leccion-Academia-FGC-definitivo.pdf>

Bonfigli, M. (2014) Optimización conjunta de factores determinantes de la calidad de extractos de remolacha. *JIT*. 9 pp

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol.*, 28, 25–30.

Cai, Y.; Sun, M. y Corke, H. (2003). Antioxidant activity of betalains from plants of the *Amaranthaceae*. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2288-2294.

Camacho, O. (1994). Conferencia sobre "Obtención y conservación de Néctares de Frutas". Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p.1-19.

Casp, A. y Abril, J. (2003). Procesos de conservación de alimentos. 2da Edición. A. Madrid Vicente, Ediciones, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Castellanos-Santiago, E. y Yahia, E. (2008) Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 56: 5758-5764.
- Castellar, M.; Obón, J.; Alacid, M. y Fernández-López, J. (2003). Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 51, 2772-2776.
- Castellar, M., Obón, J. y Fernández-López, J. (2006). The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 122–128.
- Castillo-Garrido, I. (2013) Estabilidad de Betalainas en una Mezcla Seca para Bebidas Refrescantes, a Base de Pulpa y Extracto de Tuna Purpura (*Opuntia ficus-indica*) Microencapsuladas. Tesis. Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113994>
- Ccatamayo J. “Aprovechamiento agroindustrial del ayrampu (*Berberis sp.*) en el proceso de una bebida funcional para la seguridad alimentaria”. Acobamba, Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica; 2011.
- Cedrón, J.; Landa, V. y Robles, J. (2011). Química General: Concentración y formas de expresarlas. Disponible en <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/63-concentracion-y-formas-de-expresarla.html>
- Cheftel, J.; Cheftel, H. y Besancon, P. (1988). Introducción a la Bioquímica y tecnología de los alimentos. España: Editorial Acribia. 333 p
- Coavoy, I. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) del Distrito de San

Bartolomé, Huarochirí, Lima. Tesis de pregrado. Universidad Peruana Unión.

CODEX. (2005). Norma General del CODEX para: Jugos, Zumos Frutas, Y Néctares de frutas. Codex Alimentarios, 1–21 p

Cornell, J. (1990). How to apply response surface methodology. American Society for Quality, Milwaukee.WI., USA.

Coronado, M. e Hilario, R. (2001). Elaboración de néctar. En Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales. Unión Europea, CIED, EDAC, CEPCO. Lima, Perú. 30 pp.

Cunha, D. (2011). Estudo comparativo da atividade antioxidante de plantas medicinais da caatinga utilizadas como antiinflamatórias. [Tesis de maestría]. Universidade Federal de Pernambuco.

De Britto, D. y Campana-Filho, S. (2007). Kinetics of the thermal degradation of chitosan. *Thermochimica Acta*, 465(1–2), 73–82. <http://doi.org/10.1016/j.tca.2007.09.008>.

De Oliveira, S. (2011). Determinação da capacidade antirradicalar de produtos naturais utilizando-se a quimiluminescência do luminol e ensaios fotométricos com radicais estáveis. [Tesis de maestría]. Universidade de São Paulo.

Delgado, A. (2015). Betalaínas del fruto de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*): Identificación, estabilidad y actividad antioxidante in vitro. Tesis de pregrado. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. Colombia.

Pedrós, A. (2011). Estudio de la capacidad antioxidante de hojas de Ginkgo biloba. Universitat Politècnica de Catalunya. 107 p.

FAO. (1998). Manual Técnico: Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Santiago de Chile.

- FDA (1984). Water activity (aw) in foods. Dept. of health, education and welfare public health service food and drug administration. Disponible en <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-technical-guides/water-activity-aw-foods>
- Fellows, P. (2000). Food Processing Technology - Principles and Practice (2nd Edition), Woodhead Publishing, Cap. 11.
- Fennema, O. (1993). Química de los alimentos. 2da Ed. Acribia, España, 640-655 p.
- Fernández-López, J.; Castellar, R.; Obón, J. y Almela, L. (2002). Screening and Mass-Spectral Confirmation of Betalains in Cactus Pears. *Chromatographia*, 56, 591-595
- Flores, M.; Rentería, A.; Sánchez, R. y Chávez, A. (2019). Estructura y estabilidad de las betalaínas. *Rev. Interciencia*. Vol. 44, N°6, 8 pp.
- Fogliano, V., Verde, V., Randazzo, G. y Ritieni, A. (1999). Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 1035–1040. doi:10.1021/jf980496s
- Galati, E.; Mondello, M.; Giuffrida, D.; Dugo, G.; Miceli, N.; Pergolizzi, S. y Taviano, M. (2003). Chemical characterization and biological effects of sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 4903-4908.
- Gamarra, S. (2003). Extracción de betaninas de las semillas de ayrampo (*Opuntia soehrensii* Britton y Rose) evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los extractos. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú. 118p

- Gandía-Herrero, F. y García-Carmona, F. (2013). Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments. *Trends Plant Sci.* 18, 334–343
- García-Cayuela, T.; Gómez-Maqueo, A.; Guajardo-Flores, D.; Welte-Chanes, J. y Cano, M. (2018). Characterization and quantification of individual betalain and phenolic compounds in Mexican and Spanish prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) tissues: a comparative study. *Journal of Food Composition and Analysis*. Doi:10.1016/j.jfca.2018.11.002
- García-Cruz, L.; Salinas-Moreno, Y. y Valle-Guadarrama, S. (2012). Betaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griceus* H.). *Rev. Fitotec.* Vol. 53. 1-5 pp.
- Guevara, A. (2015). Elaboración de pulpas, zumos, néctares, deshidratados, osmodeshidratados y fruta confitada. Separata de trabajo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/Separata%20Pulpas%20n%C3%A8ctares,%20merm%20desh,%20osmodesh%20y%20fruta%20confitada.pdf>
- Herbach K.; Stintzing, F. y Carle, R. (2004). Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. *J. Food Sci.* 69: C491-C498
- Herbach, K.; Stintzing, F. y Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation – structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science* 71, R41–R50
- Herbach, K.; Stintzing, F. y Carle, R. (2005). Identification of heat-induced degradation products from purified betanin, phyllocactin and hylocerenin by highperformance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry.* 19:2603–16.

- Hernández-Rodríguez, G. y Salazar-Tijerino, M. (2017). Efecto de las betalainas y fenoles solubles totales de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) como antioxidantes en yogur. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 28 pp.
- Herrera, O. (2005) Composición química del ayrampu. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Huang, A. y Von Elbe, J. (1983). Kinetics of the Degradation of Betanine. *Journal of Food Science*, 50, 1115–1120.
- Huayta, Y. (2016). Determinación de los parámetros de coloración y su estabilidad del colorante ayrampu (*Opuntia soehrensii* Britt y Rose) en la elaboración de yogurt. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Disponible: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3268>
- Instituto Nacional de Salud (2010). I Foro: Investigación y biocomercio en plantas medicinales y alimenticias de uso tradicional en el Perú. Ministerio de Salud. 56 p.
- Instituto Nacional del Cáncer de EE.UU. (2019). Diccionario de cáncer. Disponible en [https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/compuest o-bioactivo](https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/compuest-o-bioactivo)
- Jiménez-Aguilar, D.; López-Martínez, J.; Hernández-Brenes, C.; Gutiérrez-Uribe J. y Welti-Chanes, J. (2015). Dietary fiber, phytochemical composition and antioxidant activity of Mexican commercial varieties of cactus pear. *J. Food Compos. Anal.* 41, 66–73
- Jorge, P. y Troncoso, L. (2016). Capacidad antioxidante del fruto de la *Opuntia apurimacensis* (ayrampu) y de la *Opuntia ficus-indica* (tuna). *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(2), 105-109. <https://doi.org/10.15381/anales.v77i2.11812>

- Justo, R. (2018). Obtención del extracto colorante por maceración a partir de las semillas de ayrampo (*Opuntia soehrensii*) procedentes de la provincia de Candarave. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3246>
- Kuehl, R. (2000). Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2da Edición. Thomson Learning Editores. México. 680 pp.
- Kuti, J. (2004). Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Journal of Food Chemistry*. 85, 527–533
- Lanata, C. (2012). El problema del sobrepeso y la obesidad en el Perú: la urgencia de una política de Salud Pública para controlarla. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 29(3), 299-300. Recuperado en 27 de agosto de 2019, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342012000300001&lng=es&tylng=es.
- Leong, H.; Ooi, C.; Law, C.; Julkifle, A.; Pan, G. y Show, P. (2018). Investigation of betacyanins stability from peel and flesh of red-purple pitaya with food additives supplementation and pH treatments. *LWT*, 98, 546–558. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.021>
- Lock, O. (1997). Colorantes Naturales. Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.
- Londoño, J. (s/f). Antioxidantes: Importancia biológica y métodos para medir su actividad. Disponible en <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/3/9.%20129-162.pdf>

- Manchali, S.; Chidambara, K.; Nagaraju, S. y Neelwarne, B. (2013) Stability of betalain pigments of red beet. En Neelwarne B (Ed.) Red Beet Biotechnology. *Food And Pharmaceutical Applications*. Springer. Nueva York, EUA. pp. 5-74.
- Martínez - Valverde, I.; Periago, M. y Ross, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Caracas. Ed. ALAN. 50(1). P. 5-18
- Martinez A., y Rosenberger M. (2013). Modelado numérico de pasteurización artesanal de leche y jugos naturales. Asociación argentina de mecánica computacional, 32, 17. Recuperado de: <http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/4499>
- Meléndez-Martínez, A.; Vicario, I. y Heredia, F. (2004). Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. Archivos latinoamericanos de nutrición. Vol 54 N°2, 149-154 pp.
- Métodos espectroscópicos y Curva Patrón (s/f). Recuperado de: <https://bioquimexperimental.files.wordpress.com/2009/08/metodos-espectroscopicos-y-curva-patron.pdf>
- Montgomery, D. (1991). Design and Analysis of Experiments, 3rd. ed., John Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- Montilla, (A.; Tovar, I. y Pacheco, H. (2020). Quantification of pectin in the pulp of the fruit of three tuna species (*Opuntioideae*, *Cactaceae*). *Rev. La Técnica*. Número 23, 25-32 p.
- Morales, P. (2007). Estudio Comparativo de la Estabilidad de la Betanina, capacidad antioxidante y fenólicos totales de los Extractos de Ayrampo (*Opuntia soehrensii* Britton y Rose) y Beterraga (*Beta vulgaris* L.). Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina; Lima: Perú.

- Moreno, D.; García, C. y Gil, J. (2008). Betalains in the era of global agri-food science, technology and nutritional health. *Phytochemistry Rev.* 7, 261–280.
- Mostacero, J. (2008). *Fanerógamas del Perú*: Concytec. Lima, Perú.
- Mulinacci, N. e Innocenti, M. (2012). Anthocyanins and betalains. En: *Food Analysis by HPLC*. 3 Ed. CRC press. 769-771 p.
- Nayhua, C. (2017). Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de San Cristóbal-Moquegua. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 91 pp.
- Ostolaza, C. (2014). *Todos los cactus del Perú*. Lima. Perú. 538 pp.
- Palazoğlu, T. y Erdoğdu, F. (2009). Numerical Solutions: Finite Difference Methods. En: *Optimization in Food Engineering*. Editado por Erdoğdu, F. CRC Press, Taylor y Francis Group. Boca Raton, FL.
- Pasch J. y Von Elbe, J. (1979). Betanine stability in buffered solutions containing organic acids, metal cations, antioxidants, or sequestrants. *J. Food Sci.* 44: 72-74.
- Quispe, H. (1985). Extracción de colorantes de la raíz de *Berberis lutea* (*Tankar quichcha*). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Rai, C.; Majumdar, G.; De, S.;... (2012). Optimization of process parameters for water extraction of stevioside using response surface methodology. *Sep. Sci. Technol.* 47, 1014–1022.

- Ramírez, P. (2015). Cambios producidos por la cocción y el lavado sobre las betalaínas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild). Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Ramírez-Navas, J. (2012). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. Universidad del Valler. Ed. ReCiTelA. ISSN 2027-6850. Cali. Colombia.
- Rattanathanalerk, M.; Chiewchan, N. y Srichumpoung, W. (2005). Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *J Food Eng.*; 66:259–265. doi: 0.1016/j.jfoodeng.2004.03.016.
- Reyes, M.; Gómez-Sánchez, I. y Espinoza, C. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma ed. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú. 142 p.
- Richard, C. y Roy, M. (1995). *Opuntia* Index. Part 1: Introduction and A-B, Bradleya (13), 88-118. Disponible en <https://doi.org/10.25223/brad.n13.1995.a10>
- Rivera, F. (2016). Las cadenas productivas del ayrampo y el desarrollo sostenible de las poblaciones altoandinas del distrito de Huancavelica – Periodo 2013. Tesis de Doctorado. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú. 137 pp.
- Rodríguez-Amaya, D. (1999). Una guía para el análisis de carotenoides en los alimentos. Washington DC.
- Sáenz, C. (2004). Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia spp.* p. 211-222. In: Esparza, G., Valdez, R. y Méndez, S. eds. El Nopal, Tópicos de actualidad. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Sánchez, A. (2016). Alimentos funcionales: Problemática y relación con la infancia. Universidad de Valladolid. Facultad de Educación y Trabajo Social. Valladolid, España

- Sarmiento, V. (2003). Estabilidad Fisicoquímica y Actividad antioxidante de las Betalainas en el Extracto hidrosoluble del Ayrampo (*Opuntia soehrensii*) durante el proceso de Atomizado. [Tesis para Optar el Grado de: Magister Scientiae]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Schwartz, S. y Von Elbe, J. (1983). Identification of betanin degradation products. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A* 176: 448-53.
- Sepúlveda, E.; Sáenz, C. y Gómez, C. (2003). Determinación de betanina en ecotipos de tuna roja colectados en Chile. Memoria IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Zacatecas, México. pp. 282-285.
- Shin, K.; Murthy, H.; Heo, J. y Paek, K. (2003). Induction of betalain pigmentation in hairy roots of red beet under different radiation sources. *Biol. Plantarum*. 47(1): 149-152.
- Singleton V., y Rossi, A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Amer. J. Enol. Vitic.* 16:144-158
- Solano, M. (1998) Botánica Sistemática. Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Perú.
- Soto, S. (2017). Evaluación del tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de lana de ovino (*Ovis aries*) con ayrampo (*Berberis sp.*). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú. 97 p.
- Stintzing, F. y Carle, R. (2008). Food Colorants. Chemical and Functional Properties. Betalains in Food: Occurrence, Stability, and Postharvest Modificaciones. CRC Press. New York. 277:290.

- Stintzing, F., *et al.* (2004) Betacyanins and phenolic compounds from *Amaranthus spinosus* L. and *Boerhavia erecta* L. En Zeitschrift Fur Naturforschung C-A. *Journal of Biosciences*. Vol 59, N°: 1-2. p 1-8.
- Stintzing, F.; Herbach, K.; Moßhammer, M.; Carle R., Yi, W.; Sellappan, S.; Akoh C. y Felker, P. (2005). Color, Betalain Pattern, and Antioxidant Properties of Cactus Pear (*Opuntia* spp.) Clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 442-451
- Stone, H. y Sidel, J. (2003). *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press. 3era Edición. eBook ISBN:9780080474359. California. EUA.
- Tesoriere, L., Butera, D., Allegra, M., Fazzari, M. y Livrea, M.A. 2005. Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 1266-1270.
- Torres, D.; Salvador, D.; Baltazar, R. y Siche, R. (2013). Optimización de las condiciones de deshidratación osmótica de espárrago (*Asparagus officinalis*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Agroindustrial Science*. Trujillo, Perú.
- Vergara, C. (2013). Extracción y estabilización de betalaínas de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario. Tesis de Doctorado. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Vidaurre, J. (2015). Modelamiento de la transferencia de calor durante el escaldado del loche (*Cucurbita moschata*) y Papa (*Solanum tuberosum*). Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú

- Von Elbe J.; Maing I.; Amundson, C. (1974) Colour stability of betanin. *J. Food Sci.* 39: 334-337.
- Von Elbe, J., Schwartz, S. (1996). Colorants. En Fennema RR (Ed.) *Food Chemistry*. Dekker. Nueva York, EUA. 651-722.
- Wu, L.; Hsiu-Wen, L.; Yun-Chen, C.; Chih-Chung, C.; Yu-In, L. y Ja-An, A. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chem.* 95:319-327
- Xu, Z. y Howard, L. (2012). Analysis Methods of Phenolic Acids, en *Analysis of Antioxidant Rich Phytochemicals*. Wiley-Blackwell. Oxford. UK.
- Zheng, L.; Ryu, G.; Kwon, B.; Lee, W. y Suk, K. (2008). Anti-inflammatory effects of catechols in lipopolysaccharide-stimulated microglia cells: inhibition of microglial neurotoxicity. *Eur. J. Pharmacol.* 588 (1) (pp. 106–13).
- Zhou, P. y Regenstein, J. (2004). Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. *J. Food Sci.* 69(5): 393 – 398.

ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico del proceso de elaboración de néctar a partir de ayrampo (*Opuntia apurimacensis*)



Figura 39. Recepción de jabas de ayrampo



Figura 40. Inmersión en agua a fruto ayrampo para lavado



Figura 41. Desinfección de ayrampos en una solución de agua + hipoclorito de sodio



Figura 42. Escaldado en agua de frutos de ayrampo



Figura 43. Frutos de ayrampo sumergidos en solución de soda cáustica para facilitar el pelado químico



Figura 44. Frutos de ayrampo pelados químicamente



Figura 45. Pulpeado mecánico de fruto de ayrampo



Figura 46. Cáscara y semilla de ayrampo



Figura 47. Pulpa de ayrampo fresco recién extraído



(a)



(b)



(c)

Figura 48. Proceso de adición de agentes clarificantes. (a) Pesado de bentonita y Endozym Protectzyme; (b) Dilución de agentes clarificantes en agua y (c) Adición de agentes clarificantes al jugo de ayrampo



Figura 49. Medición de pH y °Brix de la dilución de agua y pulpa de ayrampo, para calcular cantidad de ácido cítrico y azúcar a adicionar.



Figura 50. Control de temperatura realizado al proceso de pasteurización



Figura 51. Proceso de enfriado de botellas con néctar de ayrampo en agua

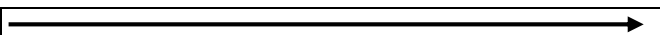
Anexo 2: Panel fotográfico del Análisis sensorial de néctar de ayrampo

Figura 52. Proceso de análisis sensorial



Figura 53. Panel no entrenado participante del análisis sensorial

Anexo 3: Cartilla de evaluación de la Prueba de Ordenamiento

Prueba de Ordenamiento			
Nombre: _____			
Fecha: _____			
INSTRUCCIONES			
<p>Frente a usted se presentan 3 muestras de Néctar de Ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>). Por favor, pruebe cada una de ellas y ordénelo de izquierda a derecha por orden de preferencia según intensidad de estímulo de sabor. Asigne el valor 1 a la que tenga el sabor menos aceptable; el 2 a la que le siga; y 3 a la que tenga el sabor más aceptable. Evite asignar el mismo valor a dos muestras.</p>			
Código			
Valor asignado			
x			

Anexo 4: Cartilla de evaluación de la Prueba de aceptabilidad-preferencia

Prueba de aceptabilidad-preferencia				
Nombre: _____				
Fecha: _____				
INSTRUCCIONES				
<p>Frente a usted se presentan muestras de Néctar de Ayrampo (<i>Opuntia apurimacensis</i>). Por favor, observe y pruebe una de ellas yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.</p>				
Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría	
1	Me disgusta extremadamente	6	Me gusta levemente	
2	Me disgusta mucho	7	Me gusta moderadamente	
3	Me disgusta moderadamente	8	Me gusta mucho	
4	Me disgusta levemente	9	Me gusta extremadamente	
5	No me gusta ni me disgusta			
CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
987	8	6	7	7

Anexo 5: Instrumentos de recolección de información de la presente investigación



Figura 54. Refractómetro digital portátil Mettler Toledo, modelo Refracto 30 PX



Figura 55. Termómetro digital Traceable®, modelo único



Figura 56. Balanza analítica marca SARTORIUS modelo QUINTIX 224– 10BR



Figura 57. pHmetro portable OHAUS®, modelo ST20



Figura 58. Espectrofotómetro UV/visible, ThermoScientific, modelo: “Genesys 10S UV-Vis



Figura 59. Estufa esterilizadora, Marca: Memmert, Modelo: UN55

Anexo 6: Muestras de prototipos en botellas y en bolsa.



Figura 60. Muestras de néctar de ayrampo empleadas para el análisis sensorial



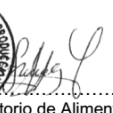


Figura 61. Muestras de néctar de ayrampo a diferente proporción de dilución



Anexo 7: Tabla de valores críticos de Chi-cuadrada. Bajo la probabilidad de que $H_0 \geq X^2$

Grados de libertad	Nivel de significancia					
	0.20	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.64	2.71	3.84	5.02	6.63	7.83
2	3.22	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6
3	4.64	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8
4	5.99	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5	7.29	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7
6	8.56	10.6	12.6	14.4	16.8	18.5
7	9.8	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3
8	11.03	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0
9	12.24	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6
10	13.44	16.0	18.3	20.5	23.2	25.2
11	14.63	17.3	19.7	21.9	24.7	26.8
12	15.81	18.5	21.0	23.3	26.2	28.3
13	16.98	19.8	22.4	24.7	27.7	29.8
14	18.15	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3
15	19.31	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8
16	20.46	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3
17	21.62	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7
18	22.76	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2
19	23.9	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6
20	25.04	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0
21	26.17	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4
22	27.3	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8
23	28.43	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2
24	29.55	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6
25	30.68	34.4	37.7	40.6	44.3	46.5
26	31.8	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3
27	32.91	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6
28	34.03	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0
29	35.14	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3
30	36.25	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7



Anexo 8: Informe Final del Ensayo N° 384 LAB/19 – Laboratorio de Alimentos y Bebidas

	CENTRO DE INNOVACION PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA AGROINDUSTRIAL ICA Panamericana Sur Km. 293.2, Distrito Salas – Guadalupe Ica – Perú. TELEFONO (056)406056 TELEFAX (056)406224, E.MAIL: citeagroindustrial@citeagroindustrial.com.pe																		
LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS																			
INFORME FINAL DEL ENSAYO N° 384 LAB/19																			
DATOS GENERALES																			
Nombre del Solicitante: CENTRO DE INNOVACION PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA AGROINDUSTRIAL ICA Dirección: PREDIO LOS POBRES KM 293.2 PANAMERICANA SUR SALAS GUADALUPE																			
DATOS DE LA MUESTRA																			
Código de la Muestra: 63																			
Nombre de la Muestra: Fruto Airampo (<i>Opuntia soehrensii</i>) <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																			
Identificación y Estado: 01 muestra de fruta entera compuesta por 06 unidades. Identificada como "FRUTO DE AIRAMPO". <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																			
Marca: No indica	Fecha de Muestreo: 13.08.2019 <small>(Información proporcionada por el Solicitante)</small>																		
Lugar del Muestreo: CITEagroindustrial <small>(Información proporcionada por el Solicitante)</small>	Fecha de Recepción de la Muestra: 13.08.2019																		
Muestreado por: Sr. Juan Meneses <small>(Información proporcionada por el Solicitante)</small>	Fecha de Ejecución del Ensayo: 13.08.2019																		
RESULTADOS																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Determinación</th> <th style="width: 25%;">Unidad de medida</th> <th style="width: 25%;">Resultado</th> <th style="width: 25%;">Método</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contenido de Azúcar</td> <td>°Brix</td> <td style="text-align: center;">8.73</td> <td>Refractometría</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>Ad.</td> <td style="text-align: center;">2.92</td> <td>Potenciometría</td> </tr> <tr> <td>Acidez Total</td> <td>g Ac. Cítrico/ 100 mL</td> <td style="text-align: center;">0.185</td> <td>Titulación</td> </tr> </tbody> </table>				Determinación	Unidad de medida	Resultado	Método	Contenido de Azúcar	°Brix	8.73	Refractometría	pH	Ad.	2.92	Potenciometría	Acidez Total	g Ac. Cítrico/ 100 mL	0.185	Titulación
Determinación	Unidad de medida	Resultado	Método																
Contenido de Azúcar	°Brix	8.73	Refractometría																
pH	Ad.	2.92	Potenciometría																
Acidez Total	g Ac. Cítrico/ 100 mL	0.185	Titulación																
Condiciones ambientales del ensayo: Temperatura ambiente 25°C																			
CONDICIONES DEL INFORME		FIRMA																	
<ul style="list-style-type: none"> Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra analizada. Este informe no puede reproducirse, más que en su totalidad, sin la autorización por escrito del laboratorio. Los resultados del ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. 		 p.  Responsable del Laboratorio de Alimentos y Bebidas Ing. Ely Arichante Carrasco Fecha de Emisión del Informe: 13.08.2019																	
Código: SIG-PG-02-R10	Versión: 03	Fecha: 16-01-2019																	

Anexo 9: Informe Final del Ensayo N°486 LAB/19 – Laboratorio de Alimentos y Bebidas del CITEagroindustrial-Ica

	CENTRO DE INNOVACION PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA AGROINDUSTRIAL ICA Panamericana Sur Km. 293.2, Distrito Salas – Guadalupe Ica – Perú. TELEFONO (056)406056 TELEFAX (056)406224, E.MAIL: citeagroindustrial@citeagroindustrial.com.pe																										
LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS																											
INFORME FINAL DEL ENSAYO N° 486 LAB/19																											
DATOS GENERALES																											
Nombre del Solicitante: Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Agroindustrial Ica Dirección: Panamericana Sur Km. 293.2, Distrito Salas – Guadalupe Ica																											
DATOS DE LA MUESTRA																											
Código de la Muestra: 67																											
Nombre de la Muestra: Néctar <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																											
Identificación y Estado: 01 muestra compuesta por 350 mL aproximadamente. Identificada como "NECTAR DE AIRAMPO". <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																											
Marca: No indica	Fecha de Muestreo: No indica <small>(Información proporcionada por el Solicitante)</small>																										
Lugar del Muestreo: No indica <small>(Información proporcionada por el Solicitante)</small>	Fecha de Recepción de la Muestra: 18.09.2019																										
Muestreado por: No indica <small>(Información proporcionada por el Solicitante)</small>	Fecha de Ejecución del Ensayo: 20.09.2019 al 27.09.2019																										
RESULTADOS																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Determinación</th> <th style="width: 25%;">Unidad de medida</th> <th style="width: 25%;">Resultado</th> <th style="width: 25%;">Método</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contenido de Azúcar</td> <td>°Brix</td> <td>11.57</td> <td>Refractometría</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>Ad.</td> <td>3.55</td> <td>Potenciometría</td> </tr> <tr> <td>Acidez</td> <td>g/L Ac. cítrico</td> <td>6.70</td> <td>Titulación</td> </tr> <tr> <td>Humedad</td> <td>%</td> <td>85.42</td> <td>Analizador de Humedad</td> </tr> <tr> <td>Cenizas Totales</td> <td>%</td> <td>0.04</td> <td>AOAC 923.03</td> </tr> </tbody> </table>				Determinación	Unidad de medida	Resultado	Método	Contenido de Azúcar	°Brix	11.57	Refractometría	pH	Ad.	3.55	Potenciometría	Acidez	g/L Ac. cítrico	6.70	Titulación	Humedad	%	85.42	Analizador de Humedad	Cenizas Totales	%	0.04	AOAC 923.03
Determinación	Unidad de medida	Resultado	Método																								
Contenido de Azúcar	°Brix	11.57	Refractometría																								
pH	Ad.	3.55	Potenciometría																								
Acidez	g/L Ac. cítrico	6.70	Titulación																								
Humedad	%	85.42	Analizador de Humedad																								
Cenizas Totales	%	0.04	AOAC 923.03																								
<small>Condiciones ambientales del ensayo: Temperatura ambiente 25°C</small>																											
CONDICIONES DEL INFORME		FIRMA																									
<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra analizada. • Este informe no puede reproducirse, más que en su totalidad, sin la autorización por escrito del laboratorio. • Los resultados del ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. 		 Responsable del Laboratorio de Alimentos y Bebidas Ing. Ely Anchante Carrasco Fecha de Emisión del Informe: 27.09.2019																									
<small>Código: SIG-PG-02-R10</small>	<small>Versión: 03</small>	<small>Fecha: 16-01-2019</small>																									

Anexo 10: Informe Final del Ensayo N° 759 LAI/2019 – Laboratorio Agroindustrial

	<p>CENTRO DE INNOVACION PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA AGROINDUSTRIAL ICA Panamericana Sur Km. 293.2, Distrito Salas – Guadalupe Ica – Perú. TELEFONO (056)406056 TELEFAX (056)406224; E. MAIL : citeagroindustrial@citeagroindustrial.com.pe</p>																						
LABORATORIO AGROINDUSTRIAL																							
INFORME DE ENSAYO N° 759 LAI/2019																							
DATOS GENERALES																							
Nombre del Solicitante: AGROTURISMO & NEGOCIACIONES WASIPUNCO SRL Dirección: N° S/N Cas. San Luis de Pajonal bajo Nazca - Ica																							
DATOS DE LA MUESTRA																							
Nombre de la Muestra: NECTAR / NECTAR DE AIRAMPO <small>(Descripción por el Solicitante)</small>	Código de la Muestra: 55																						
Identificación y Estado: 01 muestra de Néctar de airampo contenido en un envase de vidrio de 330mL, identificada como "MUESTRA N° 1 – TB - 12608". <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																							
Lugar del Muestreo: CITEAGROINDUSTRIAL <small>(Descripción por el Solicitante)</small>	Muestreado por: CITEAGROINDUSTRIAL <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																						
Fecha de Recepción de la Muestra: 24-09-2019	Fecha de Ejecución del Ensayo: 24-09-2019 al 30-09-2019																						
RESULTADOS																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;">DETERMINACIONES</th> <th style="width: 15%;">UNIDAD</th> <th style="width: 15%;">RESULTADO</th> <th style="width: 35%;">MÉTODO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recuento de Enterobacterias</td> <td>UFC/g</td> <td><10</td> <td>Recuento en placas Petrifilm</td> </tr> <tr> <td>Recuento de Aerobios</td> <td>UFC/g</td> <td><10</td> <td>Recuento en placas Petrifilm</td> </tr> <tr> <td>Recuento de Mohos</td> <td>UFC/g</td> <td><10</td> <td>Recuento en placas Petrifilm</td> </tr> <tr> <td>Recuento de Levaduras</td> <td>UFC/g</td> <td><10</td> <td>Recuento en placas Petrifilm</td> </tr> </tbody> </table>				DETERMINACIONES	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	Recuento de Enterobacterias	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm	Recuento de Aerobios	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm	Recuento de Mohos	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm	Recuento de Levaduras	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm
DETERMINACIONES	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO																				
Recuento de Enterobacterias	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm																				
Recuento de Aerobios	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm																				
Recuento de Mohos	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm																				
Recuento de Levaduras	UFC/g	<10	Recuento en placas Petrifilm																				
<p>Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Control Analítico de CITEagroindustrial Ica Condiciones ambientales del ensayo Temperatura máxima ambiental 25°C.</p>																							
CONDICIONES DEL INFORME		FIRMA																					
<ul style="list-style-type: none"> Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra analizada. Este informe no puede reproducirse, más que en su totalidad, sin la autorización por escrito del laboratorio. Los resultados del ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Laboratorio queda liberada de responsabilidad cuando el Solicitante (cliente) proporciona información acerca de la muestra y pueda afectar la validez de resultados. 		 Quim. Estel Sánchez Fuentes Responsable del Laboratorio Agroindustrial Fecha de Emisión del Informe: 30/09/2019																					
Código: SIG-PG-02-R10	Versión: 05	Fecha: 26-06-2019																					