



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA



**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO PARA
OPTAR AL GRADO DE QUÍMICO Y FARMACÉUTICO**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana* L)
MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE
CAÑAR 2021”**

AUTORES:

ESPINOZA PRIETO YAMILET JOSELYN
GARCÍA PÁRRAGA REGIS JAVIER

TUTORA:

Q.F.MARÍA ELENA JIMENEZ HEINERT M. Sc.

GUAYAQUIL - ECUADOR

2021 - 2022

ANEXO X.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (<i>Physalis peruviana L</i>) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA'S PROVINCIA DE CAÑAR 2021		
AUTORES:	ESPINOZA PRIETO YAMILET JOSELYN GARCÍA PÁRRAGA REGIS JAVIER		
REVISOR (ES) / TUTOR (ES) (apellidos/nombres):	Q.F. MARIA ELENA JIMENEZ HEINERT M. Sc. (TUTORA) Q.F. KATHERINE BUSTAMANTE PESANTES (REVISORA)		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	QUÍMICO FARMACÉUTICO – TERCER NIVEL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2021	No. DE PÁGINAS:	100
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ciencias Básicas, Bioconocimiento y Desarrollo Industrial		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Hidrólisis ácida, pectinas, calidad, <i>Physalis peruviana L</i> , valoración		
<p>RESUMEN / ABSTRACT (150-250 palabras): La pectina es un heteropolisacárido usado como aditivo espesante o gelificante en diferentes industrias alimentarias y farmacéuticas. El presente trabajo se enfocó en la extracción de pectinas de la pulpa de uvilla (<i>Physalis peruviana L</i>) en dos ecotipos (ES) serrana y (EM) manzana propios del Ecuador por el método de hidrólisis ácida en condiciones de pH 2, temperatura de 90 °C por 70 minutos. Se adquirió aproximadamente 16 libras de uvilla de índice de madurez 3-4 de la finca Layla's ubicada en la provincia del Cañar. Para los análisis fisicoquímicos y estudios de calidad se utilizaron las metodologías descritas para cada parámetro acorde a las normativas internacionales FAO, WHO, USP, FARMACOPEA Y CODEX Alimentarius. Los datos obtenidos fueron los siguientes, rendimiento de pectina ES fue 5,33 % y 3,50 % para EM, contenido de humedad para ES de 5,87 % y EM de 5,78%, viscosidad aparente de 19,02 PAs para ES y 18,85 PAs para EM, peso equivalente de 86,42 % para ES y 134,03 % para EM, acidez libre de 2 % para ES y 2,32 % para EM, grado de esterificación de 60,84 % para ES y 60,65 % para el EM, porcentaje de metoxilación de 7,75 para ES y 7,63 para EM y por último porcentaje de ácido galacturónico de 79,79 para ES y 78,76 para EM; donde se evidenció que las pectinas extraídas de ambos ecotipos son de alta calidad pero de rendimientos relativamente bajos con alto grado de esterificación y bajo porcentaje de metoxilos.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="radio"/>	SI	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: Espinoza: 0968254946 García: 0939654417		E-mail: yamilet.espinozap@outlook.com biofarm.qf@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS		
	Teléfono: (04) 2293680		
	E-mail: www.fcq.eg.edu.ec		



ANEXO V.- CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Guayaquil, 21 de Septiembre 2021

Q.F. María Auxiliadora Alarcón Mgs.

DIRECTORA DE LA CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA

FACULTAD CIENCIAS QUÍMICAS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad.- GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. El Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de integración curricular **“ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana* L) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE CAÑAR 2021”** de los estudiantes **ESPINOZA PIETO YAMILET JOSELYN** con C.I. **0951327774**, **GARCÍA PÁRRAGA REGIS JAVIER** con C.I. **0956392799**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de integración curricular con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de integración curricular, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes **ESPINOZA PIETO YAMILET JOSELYN**, **GARCÍA PÁRRAGA REGIS JAVIER** están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**MARIA ELENA
JIMENEZ
HEINERT**

Q.F. MARÍA ELENA JIMÉNEZ HEINERT

TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

C.I. No. 0905366985

FECHA: 21 de Septiembre 2021



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 6 de Septiembre del 2021

Dra. Q.F. María Auxiliadora Alarcón Mgs.

DIRECTOR(A) DE LA CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Usted el Informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del trabajo de integración curricular “ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana L*) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE CAÑAR 2021” de los estudiantes **ESPINOZA PIETO YAMILET JOSELYN** con C.I. **0951327774**, **GARCÍA PÁRRAGA REGIS JAVIER** con C.I. **0956392799**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de **21** palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo **5** años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de integración curricular. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



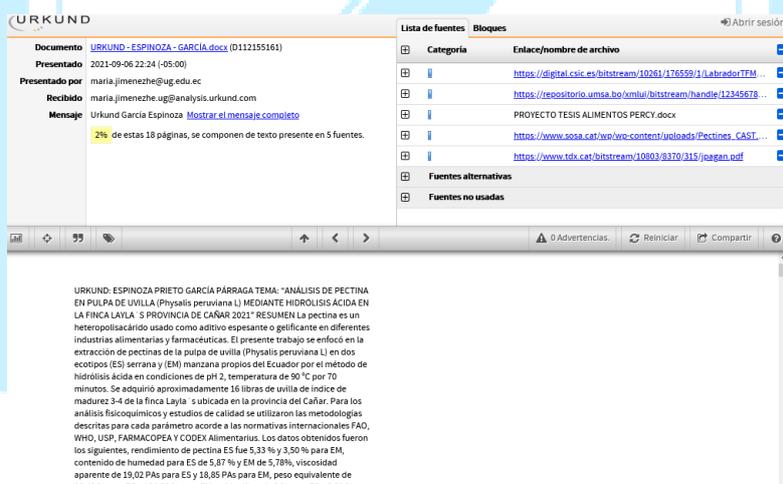
Firmado electrónicamente por:
KATHERINE ELIZABETH
BUSTAMANTE PESANTES

Q.F. KATHERINE BUSTAMANTE PESANTES
DOCENTE TUTOR REVISOR
C.I. No. 0921353686
FECHA: 6 de Septiembre 2021

ANEXO VI.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrada **Q.F. María Elena Jiménez Heinert**, tutor del trabajo de integración curricular certifico que el presente trabajo ha sido elaborado por **Yamilet Joselyn Espinoza Prieto Cl. No: 0951327774, Regis Javier García Párraga Cl. No: 0956392799**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químicos Farmacéuticos.

Se informa que el trabajo de integración curricular: **“ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana* L) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE CAÑAR 2021”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 2 % de coincidencia.



URKUND: ESPINOZA PRIETO GARCÍA PÁRRAGA TEMA: "ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana* L) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA 'S PROVINCIA DE CAÑAR 2021" RESUMEN La pectina es un heteropolisacárido usado como aditivo espesante o gelificante en diferentes industrias alimentarias y farmacéuticas. El presente trabajo se enfocó en la extracción de pectinas de la pulpa de uvilla (*Physalis peruviana* L) en dos ecotipos (ES) serrana y (EM) manzana propios del Ecuador por el método de hidrólisis ácida en condiciones de pH 2, temperatura de 90 °C por 70 minutos. Se adquirió aproximadamente 16 libras de uvilla de índice de madurez 3-4 de la finca Layla 's ubicada en la provincia del Cañar. Para los análisis físicoquímicos y estudios de calidad se utilizaron las metodologías descritas para cada parámetro acorde a las normativas internacionales FAO, WHO, USP, FARMACOPÉA Y CODEX Alimentarius. Los datos obtenidos fueron los siguientes, rendimiento de pectina ES fue 5,33 % y 3,50% para EM, contenido de humedad para ES de 5,87 % y EM de 5,78%, viscosidad aparente de 19,02 PAs para ES y 18,85 PAs para EM, peso equivalente de 476,44 g/mol para ES y 476,44 g/mol para EM.

<https://secure.urkund.com/old/view/106863616-246648-455544#q1bKLvayijY0sNQxNDTUMTQy1DEyOTEzidVRKs5Mz8tMy0xOzEtOVblyODMwNDUzMzE2N7cwNz3M3MDc0M6oFAA==>



Firmado electrónicamente por:

**MARIA ELENA
JIMENEZ
HEINERT**

Q.F. MARIA ELENA JIMENEZ HEINERT
DOCENTE TUTOR
C.I. No. 0905366985
FECHA: 6 de Septiembre 2021



URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: URKUND - ESPINOZA - GARCÍA.docx (D112155161)
Submitted: 9/7/2021 5:24:00 AM
Submitted By: maria.jimenezhe@ug.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

PROYECTO TESIS ALIMENTOS PERCY.docx (D37983443)
https://www.sosa.cat/wp/wp-content/uploads/Pectines_CAST.pdf
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/176559/1/LabradorTFMpectinasfresas.pdf>
<https://www.tdx.cat/bitstream/10803/8370/315/jpagan.pdf>
<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/9222/PG-1667-Condori%20Choque%2C%20Melina%20Gabriela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instances where selected sources appear:

5



Firmado electrónicamente por:

**MARIA ELENA
JIMENEZ
HEINERT**

Q.F. MARIA ELENA JIMENEZ HEINERT
TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
C.I. No. 0905366985
FECHA: 6 de Septiembre 2021

Guayaquil, 3 de Octubre 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutora del Trabajo de Titulación, Certifico: Que he asesorado, guiado y revisado el trabajo de titulación en la modalidad de investigación, cuyo título es: **“ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana* L) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE CAÑAR 2021”**, presentado por **YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO** con CI. No: **0951327774**, **REGIS JAVIER GARCÍA PÁRRAGA** con CI. No: **0956392799**, previo a la obtención del título Químicos y Farmacéuticos.

Este trabajo ha sido aprobado en su totalidad y se adjunta el informe de Anti-plagio del programa URKUND, quedando el 2 % de coincidencia.

Lo Certifico:



Firmado electrónicamente por:

**MARIA ELENA
JIMENEZ
HEINERT**

Q.F. MARIA ELENA JIMENEZ HEINERT
TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
C.I. No. 0905366985
FECHA: 3 de Octubre del 2021



Guayaquil, 3 de Octubre 2021

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrada **Q.F. Katherine Bustamante Pesantes**, tutor revisor del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana* L) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE CAÑAR 2021”**, certifico que el presente trabajo de titulación, laborado por **YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO** con CI. No: **0951327774**, **REGIS JAVIER GARCÍA PÁRRAGA** con CI. No: **0956392799**, con mi respectiva Supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químicos Farmacéuticos, en la Carrera Química y Farmacia de la Facultad de Ciencias Químicas, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
**KATHERINE ELIZABETH
BUSTAMANTE PESANTES**

Q.F. KATHERINE BUSTAMANTE PESANTES

DOCENTE REVISOR

C.I. No. 0921353686

FECHA: 3 de Octubre del 2021

Guayaquil, 20 de Octubre del 2021

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

ACTA DE REGISTRO DE LA SUSTENTACIÓN FINAL

El tribunal de Sustentación del Trabajo de Integración curricular de la Srta. **YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO** con C.I. **0951327774** y el Sr. **REGIS JAVIER GARCÍA PÁRRAGA** con C.I. **0956392799**, después de ser examinados en su presentación, memoria científica y defensa oral, da por aprobado el Trabajo de Titulación.



Firmado electrónicamente por:
**KATHERINE ELIZABETH
BUSTAMANTE PESANTES**

Q.F. KATHERINE BUSTAMANTE PESANTES
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**PILAR ASUNCION
SOLEDISPA
CAÑARTE**

Q.F. PILAR SOLEDISPA CAÑARTE
DOCENTE MIEMBRO 1 DEL TRIBUNAL GENERAL



Firmado electrónicamente por:
**ALEXANDRA MARIA
QUESADA DELGADO**

QF. ALEXANDRA MARIA QUESADA
**DOCENTE MIEMBRO 2 DEL TRIBUNAL
GENERAL**



Firmado electrónicamente por:
**FRANCISCO XAVIER
PALOMEQUE ROMERO**

AB. FRANCISCO PALOMEQUE ROMERO MGS.
SECRETARIO GENERAL

**ANEXO XI.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Nosotros, **YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO**, con C.I. No: **0951327774**, **REGIS JAVIER GARCÍA PÁRRAGA**, con C.I. No: **0956392799** certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de integración curricular, cuyo título es **“ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana L*) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE CAÑAR 2021”** son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO
C.I. No. 0951327774



REGIS JAVIER GARCÍA PÁRRAGA
C.I. No. 0956392799

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto de Tesis con todo mi cariño a mi mamá Sara Prieto, por el sacrificio y el esfuerzo que hizo por mí, por creer en mi capacidad, ella es el principal motor para la construcción de mi vida profesional, quien me dio valores de responsabilidad y deseos de superación, es mi ejemplo a seguir puesto que sus virtudes me llevan a admirarla día tras día.

A mi padre, mis hermanos, mis familiares que son personas que me han apoyado en cada paso de este camino profesional.

YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO

Este proyecto va dedicado principalmente a mi familia, a mi tía que con tanta dedicación quiso verme cumplir mis sueños, a mi padre que con tanto esfuerzo hizo todo esto posible, a mis amados abuelos que en paz descansen, quienes fueron baluartes de mi vida y a todos mis amigos que quisieron verme crecer y me brindaron la mano en las épocas más difíciles de mi vida.

REGIS JAVIER GARCÍA PÁRRAGA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre, quien me tuvo mucha paciencia en el largo proceso de desarrollo de esta Tesis, por creer en mí, por sus consejos, sus palabras, y por decirme que siga cuando quería abandonar todo. A mi papá, mis hermanos y familiares quienes supieron darme palabras de aliento para no rendirme.

A la Universidad de Guayaquil, por permitirme estudiar, a la Facultad de Ciencias Químicas, por sus excelentes docentes, quienes me han guiado en el camino de la enseñanza, en especial a la Dra. María Elena Jiménez quien ha tenido mucha paciencia con nosotros sus estudiantes durante el desarrollo de la Tesis.

A mis amigos más cercanos, quienes me han acompañado en estos 5 largos años de estudio, esas risas y llantos, estrés que hemos pasado juntos a lo largo de la carrera.

YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO

Hoy estoy aquí cumpliendo mis sueños gracias a Dios primeramente, quien me ha permitido llegar a donde estoy, gracias por haberme brindado a dos seres de amor infinito quienes me supieron guiar por el camino del bien, mi gratitud eterna a mi abuela Gladys Vélez Cabero quien fue una madre para mí, a mi tía Jacqueline García Vélez, quien sacrificó tanto para que yo sea feliz y a mi padre por salir cada día adelante pese a la dificultades, a mi pareja Alba Rodríguez por ser la luz de mi vida y quien me da fuerzas para salir adelante.

Le estoy agradecido a la Universidad de Guayaquil, quien me abrió sus puertas y me permitió formarme, le doy las gracias a cada docente que me brindo su consejo, me alentó a seguir y a los que me guiaron durante este camino, le doy gracias al Dr. Jhonny Vergara quien de forma desinteresada, me ha brindado su ayuda y conocimientos, durante el transcurso del proyecto y comienzos de mi vida profesional; a mi tutora Dra. María Elena Jiménez, quien estuvo de forma atenta ayudándonos durante la elaboración de esta tesis.

Y agradezco a mis queridos amigos Yamilet Espinoza, Idania Bravo, Kevin Quinteros, Darling Balón, Nicole Barba de quienes tengo hermosos recuerdos y me brindaron su amistad, cariño y apoyo en todos estos años.

REGIS JAVIER GARCÍA PÁRRAGA

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	XXI
ABSTRACT.....	XXII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PROBLEMA	3
I.1. Planteamiento	3
I.2. Formulación del problema	4
I.3. Justificación e Importancia	4
I.4. Hipótesis.....	5
I.5. Objetivos	5
I.5.1. Objetivo General.....	5
I.5.2. Objetivos Específicos	5
I.6. Variables.....	6
I.6.1. Operacionalización de las Variables.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
II.1. Antecedentes	7
II.2. Generalidades.....	8
II.2.1. Uvilla (<i>Physalis peruviana L</i>)	8
II.2.2. Clasificación taxonómica	8
II.2.3. Descripción Botánica	9
II.2.4. Origen y Distribución.....	10
II.2.5. Valor Nutricional	10
II.2.6. Composición Físicoquímica.....	10
II.2.7. Ciclo de cultivo – Cosecha	12
II.3. Pectinas	12

II.3.1. Estructura de la Pectina.....	13
II.3.2. Clasificación de las sustancias pécticas	14
II.3.3. Propiedades Fisicoquímicas de la Pectina	18
II.3.4. Uso de Pectinas.....	19
II.3.5. Métodos de Obtención de Pectina	23
II.3.6. Métodos de Cuantificación de la Pectina	26
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
III.1. Tipo de Investigación	29
III.2. Equipos, Aparatos, Materiales y Reactivos	29
III.2.1. Equipos	29
III.2.2. Materiales	30
III.2.3. Reactivos.....	30
III.3. Muestra	31
III.4. Metodología Experimental.....	31
III.4.1. Manejo y acondicionamiento de la materia prima.....	31
III.4.2. Extracción de la pectina por Hidrólisis Ácida.....	32
III.4.3. Determinación de las características fisicoquímicas de la uvilla (<i>Physalis peruviana L.</i>).....	34
III.4.4. Determinación de las características fisicoquímicas de la pectina.....	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	40
IV.1. Determinación de las características fisicoquímicas de la uvilla (<i>Physalis peruviana L.</i>).....	40
IV.1.1. Análisis Físicos.....	40
IV.1.2. Análisis Químicos	42
IV.2. Determinación de las características fisicoquímicas de la pectina	44
IV.2.1. Análisis Físicos.....	44

IV.2.2. Análisis Químicos	47
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
GLOSARIO.....	62
ANEXOS	63

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Definición Operacional de las Variables	6
Tabla II. Clasificación Taxonómica de <i>Physalis peruviana</i> L.....	9
Tabla III. Composición Nutricional de la <i>Physalis peruviana</i> L.....	10
Tabla IV. Resumen de la norma NTC 4580	11
Tabla V. Composición Físicoquímica.....	12
Tabla VI. Tiempo de Gelificación de pectinas según el grado de esterificación en metoxilos	16
Tabla VII. Principales aplicaciones de pectinas de bajo metoxilo.....	21
Tabla VIII. Principales aplicaciones de las pectinas comerciales de alto metoxilo	22
Tabla IX. Equipos utilizados para la obtención y cuantificación de pectina en uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L).....	29
Tabla X. Materiales utilizados para la obtención y cuantificación de pectina en uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L).....	30
Tabla XI. Reactivos utilizados para la obtención y cuantificación de pectina en uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L).....	30
Tabla XII. Calibres de la uvilla.....	34
Tabla XIII. Requisitos físicoquímicos de las uvillas de acuerdo a su estado de madurez	35
Tabla XIV. Peso promedio de las dos variedades de la uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L).....	40
Tabla XV. Diámetro promedio de las dos variedades de la uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.)	41
Tabla XVI. Sólidos Solubles Totales de los ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L)	42
Tabla XVII. pH promedio de dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.)	43
Tabla XVIII. Porcentaje promedio de Acidez Titulable de dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.)	43
Tabla XIX. Porcentaje de rendimiento de las pectinas extraídas de las dos variedades de la uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L)	45
Tabla XX. Porcentaje de contenido de humedad de la pectina de dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.).....	45
Tabla XXI. Viscosidad Aparente de la pectina obtenida de dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis</i>	

peruviana L)	46
Tabla XXII. Peso equivalente de la pectina extraída de los dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L)	47
Tabla XXIII. Acidez libre de pectina obtenida de dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.)	48
Tabla XXIV. Porcentaje de metoxilos que se encuentra en la pectina de dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.).....	48
Tabla XXV. Porcentaje de Ácido Anhidro galacturónico presente en la pectina en dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L).....	50
Tabla XXVI. Porcentaje de Grado de esterificación obtenido de la pectina de dos ecotipos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.).....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Physalis peruviana L.	8
Figura 2. Estructura molecular de la pectina	13
Figura 3. Esquema del equipo ultrasonido utilizado para la extracción de pectina	25
Figura 4. Esquema del equipo microondas utilizado para la extracción de pectina	26
Figura 5. Esquema de un equipo de HPLC	27
Figura 6. Flujograma global para la obtención de pectina	33
Figura 7. Escala de color de la uvilla para determinar su madurez.....	35
Figura 8. Uvilla ecotipo serrana (Physalis peruviana L).	66
Figura 9. Recolección de los dos ecotipos de la fruta Uvilla (Physalis peruviana L).	66
Figura 10. Uvilla ecotipo manzana (Physalis peruviana L).	66
Figura 11. Eliminación del capuchón	67
Figura 12. Lavado de la fruta.....	67
Figura 13. Secado de la fruta.....	67
Figura 14. Almacenamiento de la fruta en funda Ziploc	67
Figura 15. Muestra de pectina extraída por Hidrólisis Ácida.....	68
Figura 16. Pectina para posteriores análisis.	68
Figura 17. Muestra y Patrón de referencia de pectina con mezcla HCl y alcohol 60% (5:100)	69
Figura 18. Agitación de pectina de ambos ecotipos.....	69
Figura 19. Armado de bomba al vacío y Buchner.....	69
Figura 20. Lavado y Filtrado con mezcla HCl y alcohol 60% (5:100)	70
Figura 21. Prueba de cloruros	70
Figura 22. Transvaso y secado de patrón y muestras filtradas	70
Figura 23. Pesaje, agitación y colocación de fenolftaleína en mezcla de pectina con alcohol y agua	71
Figura 24. Titulación de pectina con NaOH 0,1 N	71
Figura 25. Titulación con NaOH 0,1 N en la mezcla transparente de pectina	72

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Reporte de resultados de los parámetros para pectina en pulpa de uvilla ecotipo serrana	64
ANEXO B. Reporte de resultados de los parámetros para pectina en pulpa de uvilla ecotipo manzana	65
ANEXO C. Proceso de recolección de la fruta Uvilla (Physalis peruviana L.)	66
ANEXO D. Eliminación del capuchón, lavado, secado y almacenamiento del fruto Uvilla (Physalis peruviana L.).....	67
ANEXO E Procedimiento de extracción y cuantificación de pectina en Uvilla	68
ANEXO F. Proceso de Valoración de parámetros de calidad de la Pectina de los dos ecotipos de Uvilla (Physalis peruviana L).	69
ANEXO G. Cálculos para los parámetros de calidad de la pectina obtenida de ambos ecotipos	73
ANEXO H. USP 40.....	74

**“ANÁLISIS DE PECTINA EN PULPA DE UVILLA (*Physalis peruviana L*)
MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA EN LA FINCA LAYLA’S PROVINCIA DE
CAÑAR 2021”**

Autores: Yamilet Espinoza Prieto, Regis García Párraga

RESUMEN

La pectina es un heteropolisacárido usado como aditivo espesante o gelificante en diferentes industrias alimentarias y farmacéuticas. El presente trabajo se enfocó en la extracción de pectinas de la pulpa de uvilla (*Physalis peruviana L*) en dos ecotipos (ES) serrana y (EM) manzana propios del Ecuador por el método de hidrólisis ácida en condiciones de pH 2, temperatura de 90 °C por 70 minutos. Se adquirió aproximadamente 16 libras de uvilla de índice de madurez 3-4 de la finca Layla’s ubicada en la provincia del Cañar. Para los análisis fisicoquímicos y estudios de calidad se utilizaron las metodologías descritas para cada parámetro acorde a las normativas internacionales FAO, WHO, USP, FARMACOPEA Y CODEX Alimentarius. Los datos obtenidos fueron los siguientes, rendimiento de pectina ES fue 5,33 % y 3,50 % para EM, contenido de humedad para ES de 5,87 % y EM de 5,78%, viscosidad aparente de 19,02 PAs para ES y 18,85 PAs para EM, peso equivalente de 86,42 % para ES y 134,03 % para EM, acidez libre de 2 % para ES y 2,32 % para EM, grado de esterificación de 60,84 % para ES y 60,65 % para el EM, porcentaje de metoxilación de 7,75 para ES y 7,63 para EM y por último porcentaje de ácido galacturónico de 79,79 para ES y 78,76 para EM; donde se evidenció que las pectinas extraídas de ambos ecotipos son de alta calidad pero de rendimientos relativamente bajos con alto grado de esterificación y bajo porcentaje de metoxilos.

Palabras clave: *Physalis peruviana L*, hidrólisis ácida, pectinas, valoración y calidad.

ABSTRACT

Pectin is a heteropolysaccharide used as a thickening or gelling additive in different food and pharmaceutical industries. The present work focused on the extraction of pectins from the uvilla's pulp (*Physalis peruviana L*) in two ecotypes (SE) serrana and (ME) manzana from Ecuador by the acid hydrolysis method under conditions of pH 2, temperature of 90 °C for 70 minutes. Approximately 16 pounds of uvilla with a maturity index 3-4 were acquired from Layla's farm located in the province of Cañar. For the physicochemical analyzes and quality studies, the methodologies described for each parameter were used according to the international regulations FAO, WHO, USP, FARMACOPEA and CODEX Alimentarius. The data obtained were the following, SE pectin yield was 5.33% and 3.50% for ME, moisture content for SE of 5.87% and ME of 5.78%, apparent viscosity of 19.02 PAs for SE and 18.85 PAs for ME, equivalent weight of 86.42% for SE and 134.03% for ME, free acidity of 2% for SE and 2.32% for ME, degree of esterification of 60.84% for SE and 60.65% for ME, percentage of methoxylation of 7.75 for SE and 7.63 for SM and finally percentage of galacturonic acid of 79.79 for SE and 78.76 for ME; where it was evidenced that the pectins extracted from both ecotypes are of high quality but of relatively low yields with a high degree of esterification and a low percentage of methoxyls.

KEY WORDS: *Physalis peruviana L*, acid hydrolysis, pectins, valoration and quality.

INTRODUCCIÓN

La uvilla es una fruta exótica descrita por primera vez en 1763 por el científico naturista Carlos Lineo (1) quien años más tarde publicó el resultado de sus estudios en el volumen 2 y 5 de su libro *Species Plantarum* (2), la *Physalis peruviana* L proviene de la Cordillera de Los Andes, siendo Perú la región donde se encuentra la mayor cantidad de estos frutos, en la actualidad su arbusto crece en climas fríos, por lo general en países cercanos a la Cordillera Andina es posible, debido a su fácil adaptación a zonas geográficas altas, encontrarla entre 1800 y 3600 metros sobre el nivel del mar. (1)

En las últimas décadas el fruto ha sido renombrado y cotizado a nivel mundial debido a su alto valor nutricional, exquisito sabor y funcionalidad (3), si bien el fruto para el inicio del siglo no era tan conocido la demanda actual del fruto es notoria y ha ido en aumento, ganando mercado en países como Canadá, Reino Unido, Colombia, Holanda, México, España, Estados Unidos, etc. (4)

El fruto cuenta con una amplia variedad de analitos de interés, diversos estudios indican que su extracto sirve como un coadyuvante para la reducción de los niveles de colesterol en la sangre, disminuyendo la presión sistólica en pacientes hipertensos tratados con antihipertensivos (5), además sirve como modificador reológico en las formulaciones químicas para las distintas industrias, sirve para la producción de pastas dentales, ungüentos, desodorantes, champú, etc., debido a sus propiedades suavizantes y estabilizantes, sin embargo entre sus componentes destaca un heteropolisacárido conocido como pectina, el cual sirve como un espesante en alimentos bajos en calorías o dietéticos (6), se conoce que diversos frutos ácidos cuentan con este analito, el cual se encuentra en la pared celular de los tejidos vegetales y pulpas; la pectina es considerada un carbohidrato muy complejo y cuenta con una infinidad de usos para las diferentes industrias alimentarias, farmacéuticas y cosméticas, entre sus propiedades más destacadas se encuentra su poder texturizante y espesante para productos cuya consistencia sea baja.

A lo largo de los años diversos autores han destacado el contenido de pectina presentes en el fruto de la uvilla (6), además se describe que es utilizado como

espesante en medio ácido con alto contenido de azúcares, útil para determinadas preparaciones alimenticias tales como mermeladas, jugos o conservas, esto se debe gracias a la pectina y ácidos que posee el fruto que facilitan el proceso de solidificación.
(7)

El CODEX ALIMENTARIUS en su última revisión en el año 2019 clasifica a la pectina como un aditivo alimentario, de clase emulsionante, gelificante, estabilizante, espesante y como agente de glaseado (8); estas propiedades vuelven a la pectina en uno de los aditivos más usados. En la actualidad en el mercado nacional la acogida de este fruto para consumo no es tan aceptada, a esto se le suma el desconocimiento de sus propiedades, pese a ello diversos agricultores utilizan el fruto en mermeladas, jaleas, o zumos, sin aprovechar uno de los compuestos presentes en el fruto como lo es la pectina, pudiendo mejorar así la variedad y calidad de sus productos.

La pectina se puede obtener de diversas partes de un fruto, tales como el epicarpio o la pulpa e incluso de los residuos, sin embargo su contenido no siempre será igual, la pulpa ofrece mayor volumen para la obtención de contenido de pectinas, debido al tamaño y dimensión del fruto; al día de hoy se conocen en el país 2 dos variedades del fruto el ecotipo serrana y ecotipo manzana, de las cuales hasta el momento solo son producidas para exportación.

De allí el propósito de este proyecto de tesis, se centra en la obtención de pectina a partir de la uvilla (*Physalis peruviana L*) en sus dos ecotipos, por medio de la técnica de hidrólisis ácida y el análisis del contenido de dichas pectinas, a fin de conocer sus propiedades fisicoquímicas y su posible utilidad, a su vez plasmar una base de datos que sirva de referencia para futuras investigaciones acerca de las pectinas obtenidas de dos variedades ecuatorianas propias de los Andes.

CAPITULO I: PROBLEMA

I.1. Planteamiento

En la actualidad muchos países llevan a cabo estrategias al nivel agrícola para impulsar el comercio de frutas y hortalizas exóticas propias de cada región, la uvilla es una de ellas, en las últimas décadas el interés de este fruto ha ido en aumento en el mercado internacional, reconocida al nivel mundial como un fruto exótico no tradicional (9) debido a su sabor agridulce y propiedades nutricionales, la cosecha de estos frutos se centra principalmente en países cercanos a la Cordillera de los Andes, donde se promueve la comercialización del fruto y productos derivados del mismo.

Ecuador es uno de los pocos países donde el fruto se adaptó fácilmente, y creció como fruto silvestre (10), expandiéndose por la sierra Ecuatoriana, a inicio del siglo XXI en el país el consumo y comercialización de la uvilla era nula, sin embargo según las estadísticas de la CORPEI (2009) en el Ecuador, las exportaciones de la uvilla crecieron exponencialmente entre el 2004 y 2008, siendo particularmente importante el crecimiento experimentado entre el 2004 y 2005, estas exportaciones suman un total de USD 145,000, con una cantidad de 84,7 toneladas entre el periodo 2004 - 2008, siendo el año 2008 el de mayor exportación con (USD50.600), mientras que el año 2004 fue el de mayor cantidad exportada (45,7 toneladas) (11), sin embargo el panorama no es el mismo en el mercado nacional, pues el consumo a nivel local es bajo, al no ser tan conocido, a pesar de los esfuerzos del Gobierno Nacional, Litoral y Provincial de aumentar el consumo de este fruto, así también como su producción (12), enfrentándose a la falta de alternativas aprovechables de este fruto a nivel local, en donde existen pocos estudios de sus variedades.

En la uvilla se encuentra un heteropolisacárido llamado pectina el cual, forma parte de la fibra dietética y estructural de la planta compuesta de ácido galacturónico con grupos esterificados y metoxilos, gracias a sus propiedades gelificantes y de absorción se emplea en la industria de los alimentos, cosmética y farmacéutica. En el Ecuador anualmente la necesidad de pectina es de 44,88 toneladas y sigue en aumento cada año, la producción de pectina en el país es nula, por lo que todas las necesidades del

mercado interno deben satisfacerse con importaciones de otros países, a esto se le suma que el mercado artesanal y comercio local no se puede beneficiar de este aditivo, pues la demanda masiva corre por cuenta de grandes compañías, por lo que no pueden mejorar ni impulsar las calidades reológicas de sus productos, según el MAGAP (13) actualmente el Ecuador cuenta con 87 hectáreas y 52 productores de uvilla, de las cuales destinan al comercio en el mercado extranjero, sin embargo las uvillas que no cumplen con los requerimientos de los mercados internacionales, son comercializadas a nivel nacional, en donde no existe mucha acogida; este marco se reduce aún más para los productores minoritarios, donde en muchos casos el fruto es desperdiciado, en los últimos 5 años los productores agrícolas han optado realizar diversos productos con esta fruta, como es el caso de mermeladas, postres y zumos, queriendo así expandir más la utilidad de este fruto; el problema radica en la falta de conocimientos de las propiedades que impiden el aprovechamiento, utilidad y proceso de mejora de los productos derivados antes mencionados.

I.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad de la pectina presente en la uvilla (*Physalis peruviana L*) ecotipo manzana y ecotipo serrana, extraída por hidrólisis ácida de la Finca Layla's, provincia de Cañar año 2021?

I.3. Justificación e Importancia

Actualmente el Ecuador cuenta con cultivos de uvilla en varias provincias de perfil andino, la mayoría de ellas pertenecen a microempresarios que desconocen de las propiedades de los diferentes frutos que cosechan, entre ellos la uvilla; este sector está enfocado únicamente en producir para exportación sin embargo algunos de estos frutos no cumplen con las especificaciones técnicas, por lo que deben optar por productos derivados de la fruta o en el peor de los casos el descarte de las mismas, el propósito de este proyecto es dar a conocer las características físicas y químicas del fruto y de un analito de interés llamado pectina, necesario para mejorar la consistencia de productos alimenticios artesanales o comerciales, sirviendo como un agente gelificante útil en la formulación de múltiples productos alimenticios, con la adición de pocas cantidades de la misma, dado que confiere características reológicas

deseadas, como también la turbidez y espesor; este proyecto además sería uno de los primeros en registrar la caracterización y propiedades de las pectinas en un nuevo ecotipo denominado manzana, mediante el método conocido como hidrólisis ácida el cual permite la extracción de pectinas, al tratar la muestra con ácido clorhídrico caliente (70 – 85°C), con el fin de romper los enlaces de las grasas y proteínas del fruto; la protopectina presente en la uvilla se hidroliza en el medio, lo que permite remover la pectina (14) y ser precipitada o purificada con etanol al 96%, la importancia de este método radica en que es un procedimiento relativamente sencillo y económico para cualquier mediana o microempresa que desee producir este aditivo o dar a conocer sus posibles aplicaciones y expandir así el consumo en el mercado nacional.

I.4. Hipótesis

La aplicación de la hidrólisis ácida en la fruta uvilla (*Physalis peruviana L*) ecotipo manzana y serrana es un método que permite la obtención de pectinas con características óptimas para su utilización.

I.5. Objetivos

I.5.1. Objetivo General

Analizar el contenido de pectina en pulpa de uvilla (*Physalis peruviana L*) extraída de los dos ecotipos por el método de hidrólisis ácida, evaluando su utilidad en la Finca Layla´s provincia de Cañar año 2021.

I.5.2. Objetivos Específicos

1. Extraer la pectina de la pulpa de dos ecotipos de uvilla mediante el método de hidrólisis ácida.
2. Determinar las características fisicoquímicas del contenido de pectina presente en los dos ecotipos.
3. Evaluar la calidad de las pectinas según las especificaciones establecidas por la FAO, USP, WHO, FARMACOPEA ARGENTINA y el CODEX Alimentarius.

I.6. Variables

Variable Dependiente

Pectina en pulpa de uvilla

Variable Independiente

Método de Hidrólisis ácida

I.6.1. Operacionalización de las Variables

Tabla I. Definición Operacional de las Variables

VARIABLE	CARACTERÍSTICA	DIMENSIONES- CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADOR
INDEPENDIENTE	Obtención de pectina	Hidrólisis Ácida	%
	Caracterización de la pectina	Titulación	%
DEPENDIENTE	Calidad de pectina en pulpa de uvilla	Normas: <ul style="list-style-type: none">• FAO• WHO• CODEX Alimentarius.• USP• FARMACOPEA ARGENTINA	Cumple/no cumple

Fuente: Autores

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes

En el estudio realizado por Reyes, Guanilo, Ibáñez, García, Idrogo & Huamán, sobre el efecto del consumo de *Physalis peruviana L.* (aguaymanto) en el perfil lipídico de pacientes con hipercolesterolemia, se describe la composición química del fruto, el cual posee (19,6 g/100 g) de carbohidratos como fructosa, sacarosa y polisacáridos en los que se incluye la celulosa, almidón, hemicelulosa y la pectina; además contiene (0,05-0,3 g/100 g) de proteínas, (0,150 - 2 g/100 g) de lípidos, fósforo, calcio, hierro, potasio, ácido ascórbico, β -caroteno, provitamina A y complejos de vitamina B (15); en la investigación se recalca la importancia del contenido de pectina, principal fibra dietética del fruto, texto que tiene relación con estudio de Fawzy (16) sobre los fitoquímicos bioactivos, valor nutricional y propiedades funcionales de la uchuva (*Physalis peruviana L.*), donde se menciona la importancia del contenido de pectina en la fruta, la pectina también se menciona en la investigación de caracterización físico y físico-química de *Physalis* cultivada en el invernadero de Lavras en la República del Brasil, propuesta por Rodríguez, Santos, Rodríguez, Lara & Pasqual (17) en donde se adaptó el invernadero a las condiciones ambientales propicias para su cultivo, para el análisis se utilizó el fruto completo con índice de madurez entre 2 y 3, donde se demostró que el fruto tenía pectina, obteniendo 279, 119 mg de pectina por 100 g de fruta.

Las investigaciones citadas, se relacionan con este proyecto ya que ha establecido de forma bibliográfica que existe pectina en el fruto *Physalis peruviana L.*; sin embargo, los autores se basaron en diferentes ecotipos propios de su región de origen, por lo que existe poca información acerca del porcentaje de pectina del fruto cultivado en la región andina, siendo este el primer trabajo de investigación que detalle el porcentaje de pectina en la uvilla ecotipo serrana y en la uvilla ecotipo manzana, frutas que en la actualidad se cultivan en el territorio ecuatoriano, a fin de demostrar que el fruto es propicio para la obtención de este aditivo.

II.2. Generalidades

II.2.1. Uvilla (*Physalis peruviana* L)

La uvilla es una baya carnosa de piel lisa, brillante de color amarillo, dorado o naranja según su variedad, es un fruto comestible de forma ovoide o redonda, cuya pulpa tiene un sabor agridulce, se caracteriza por el cáliz acrescente que la protege, es considerada un fruto exótico en el mercado internacional, propia de las regiones Andinas, pertenece a la familia de las *Solanoideae*.

Figura 1. *Physalis peruviana* L.



Cita dentro del Texto (18)

La *Physalis peruviana* L o uvilla, presenta una variedad de nombres comunes de acuerdo al país o región en la que se encuentre, por ejemplo en Colombia se la conoce como uchuva o vejigón, en Bolivia como chirto, chilto o poga poga, en Venezuela como topotopo o chuchuva, en Estados Unidos como Golden Berry o *cape gooseberry*, en Chile como capulí o uchuva, en Perú como aguaymanto y en Ecuador como Uvilla o Uvilla serrana. (19)

II.2.2. Clasificación taxonómica

Según la base de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la clasificación taxonómica de la *Physalis peruviana* L. es:

Tabla II. Clasificación Taxonómica de *Physalis peruviana* L.

JERARQUÍA	DESCRIPCIÓN
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
Superdivisión	<i>Espermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Physalis</i> L.
Especie	<i>Physalis peruviana</i> L.

Cita dentro del texto (20)

II.2.3. Descripción Botánica

La uvilla viene del arbusto de uvilla, la cual es una planta herbácea, de la familia de las *Solanoideaes*, estas pueden llegar a medir hasta 50 cm de alto, presentan raíces pivotantes, fibrosas y ramificadas, de 0.5 a 0.8 m de profundidad.

Sus hojas son alternadas muy pecioladas, pubescentes y acorazonadas, tienen un tamaño de entre 5 a 15 cm de largo; su follaje es de color verde y puede llegar a contener hasta mil hojas, la flor de la que nace la uvilla es de color amarillenta, con puntos morados en su base, tiende a medir aproximadamente de dos a tres centímetros de ancho, el cáliz de la flor mide aproximadamente 5 cm está formado por 5 sépalos vellosos, con venas prominentes de color morado, es aquí donde va a desarrollar el fruto, este es de color verde pero va a variar de acuerdo a su maduración, su forma es ovoide.

Su fruto es globoso, ovoide, de pulpa carnosa y jugosa, es de color verde, con cambios de color a amarillo intenso al madurar, mide aproximadamente de 2.5 a 4 cm de largo por 2 a 3 cm de ancho, presenta sabor dulce, semiácido y con semillas en el interior.

II.2.4. Origen y Distribución

La uvilla es una fruta nativa de Perú (21), era parte de los cultivos de los Incas en el periodo incásico y pre-incásico, en esta época el fruto era sembrado en los jardines reales (22) posteriormente a la llegada de los españoles el fruto fue desapareciendo como cosecha habitual y paso a estado silvestre.

La uvilla llegó al Ecuador como una baya silvestre, gracias a las condiciones climáticas andinas, la facilidad de propagación de la semilla y su corto tiempo de espera para su fructificación, estos factores hicieron posible su distribución y permanencia en la zona andina, siendo Perú, Colombia y Ecuador las zonas con mejor adaptación del fruto.

II.2.5. Valor Nutricional

Según la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) la uvilla ecuatoriana contiene por cada 100 gramos:

Tabla III. Composición Nutricional de la *Physalis peruviana L.*

NUTRIENTES	CANTIDAD
Fibra (g)	5.10
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	1.70
Proteína (mg)	1.30
Vitamina A (mg)	243.33
Vitamina C (mg)	43
Grasa total (g)	0.30
Colesterol (mg)	0
Glúcidos (mg)	18.10
Energía (Kca)	72

Cita dentro del texto (23)

II.2.6. Composición Fisicoquímica

La pulpa de uvilla se caracteriza por su alto contenido en vitaminas como A, B y C,

además de fibras y minerales; Chancosi (24) afirma que la uvilla en un estado de madurez 3 a 5 es una fuente abundante de vitaminas A, C y pectina lo que le atribuye propiedades nutraceuticas, debido a su capacidad antioxidante.

Tabla IV. Resumen de la norma NTC 4580

COLOR	ASPECTO EXTERNO DEL FRUTO	BRIX MÍNIMO	% DE ÁC. CÍTRICO MÁXIMO	ÍNDICE DE MADUREZ: BRIX / % ÁCIDIO
Color 0	Fruto desarrollado, de color verde oscuro.	9,4	2,69	3,5
Color 1	Fruto de color verde ligeramente más claro.	11,4	2,7	4,2
Color 2	El fruto mantiene la coloración verde cerca del cáliz y aparecen tonalidades de color naranja hacia el centro.	13,2	2,56	5,2
Color 3	Fruto de color naranja claro con tonalidad verdosa cerca del cáliz	14,1	2,34	6
Color 4	Fruto de color naranja claro.	14,5	2,03	7,1
Color 5	Fruto de color naranja.	14,8	1,83	8,1
Color 6	Fruto de color naranja intenso.	15,1	1,68	9

Cita dentro del texto (25)

La uvilla también presenta gran cantidad de compuestos nitrogenados solubles con un 50% de aminoácidos libres, además la uvilla también se destaca por su contenido fibra, y pectina siendo especialmente apropiadas para productos alimenticios como se detalla en la tabla V a continuación:

Tabla V. Composición Fisicoquímica

PARÁMETRO	CANTIDAD
Acidez total (%) (Mg%)	1,56 ± 0.211
pH	3,95 ± 0.04
Sólidos solubles (° Brix) (SST)	13,3 ± 0.225
Ceniza	1,0 ± 0,18
Humedad	82,07±0,95%
Azúcares reductores (%)	26,85 ± 1,00
Índice de Madurez (SST/ATT)	8,7 ± 0.99

Cita dentro del texto (26)

II.2.7. Ciclo de cultivo – Cosecha

Moises Macancela agrícola y propietario de la finca Layla's ubicada en la provincia de Cañar, indica que el tiempo que demora la planta en dar frutos desde la siembra hasta que la cosecha es de 6 a 7 meses, a partir de aquí el arbusto dará frutos todas las semanas durante 8 a 9 meses, el tiempo de máximo de vida productiva del fruto puede llegar hasta 2 a 3 años, la cosecha va depender del grado de maduración que se desee del fruto, sin embargo lo recomendable es recolectar los frutos semanalmente, para evitar que el arbusto se estrese o se madure demasiado la baya, la cosecha es de forma manual, debido a que los frutos pueden madurar de forma heterogénea, además el manejo de maquinarias puede magullar el fruto, por lo que es necesario cortar con tijera el pedúnculos, se debe obtener el fruto unido al cáliz, un grado ideal para el mercado nacional es un grado tres donde la tonalidad del cáliz es entre verde y amarillo, se recomienda realizar la cosecha en tempranas horas de la mañana, evitando los días con lluvia, para no secar los capuchones luego de la cosecha, la producción cotidiana de uvilla en fincas medianas o pequeñas como Layla's con un número de 600 arbustos es de 20 gavetas con 17 libras de uvilla por semana, sin embargo fincas más grandes con 6 hectáreas pueden llegar a cosechar hasta 1000 kilogramos cada semana.

II.3. Pectinas

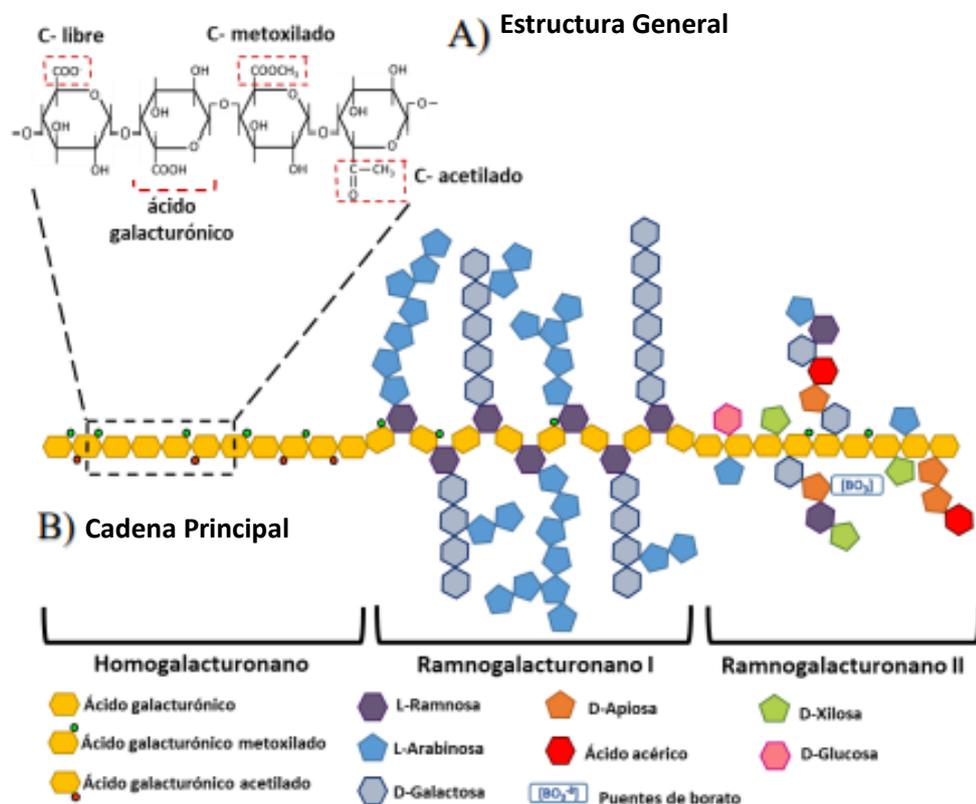
La pectina es un biopolímero polisacárido muy complejo constituido principalmente por unidades de ácido galacturónico (27), además están asociadas con otros componentes de la pared celular como la celulosa, hemicelulosa y la lignina, siendo responsables de la firmeza de algunos productos.

Los subproductos de la industria de zumos de frutas, bagazo de manzanas y albedos de cítricos son básicamente las fuentes industriales de pectinas. El rendimiento de pectinas: cítricos 20–35%, manzana 10-15%, girasol, 15.25%, remolacha 10-20% y maracuyá 15-20%. (28)

II.3.1. Estructura de la Pectina

La pectina es un heteropolisacárido de gran peso molecular, compuesto por una cadena lineal de ácido galacturónico unido por medio de enlaces covalentes. En esta cadena se encuentran ramificaciones homólogas (Homogalacturonanos) diversificadas (Ramnogalacturonanos tipo I y II). (29)

Figura 2. Estructura molecular de la pectina



Cita dentro del Texto (29)

El ácido D – galacturónico es un monosacárido de 6 átomos de carbono que presenta un grupo aldehído en el carbono 1 y un grupo carboxilo en el carbono 6. En la pectina, siendo el componente principal se lo encuentra como ácido poligalacturónico. (29)

Según lo anterior, la pectina se compone de tres copolímeros:

- **El homogalacturonano (HG; 65%),** Formada por enlaces α -(1- 4) de ácido galacturónico que integran la cadena principal de la pectina, los cuales pueden estar parcialmente esterificados con grupos metilo en el carbono 6 y con un grupo acetilo esterificado en el carbono 2 o 3. (29)
- **El ramnogalacturonano I (RG-I; 20-30%),** Forman zonas ramificadas con repeticiones del disacárido (1-2)- α -L-ramnosa-(1- 4)- α -D-galacturónico; y el ramnogalacturonano II (RG-II) formados por residuos de galactosa, arabinosa y ramosa unidos al ácido D-galacturónico mediante enlaces α -(1-4). (29)
- **El ramnogalacturonano II (RG-II; 1-8%),** Tiene una cadena principal similar al HG que se une a una amplia variedad de azúcares como ramnosa, fucosa, xilosa o galactosa y otros poco comunes como apiosa, ácido acérico o ácido 3-deoxi-mano-octulosónico. (30)

Estos copolímeros pueden contener residuos de azúcares neutros principalmente arabinosa y galactosa, aunque también pueden contener xilosa, ramnosa y glucosa, en forma de regiones ramificadas o cadenas laterales. (29)

II.3.2. Clasificación de las sustancias pécticas

Las sustancias pécticas se pueden clasificar según los parámetros a comparar como la cantidad de grupos carboxílicos que están esterificados, el grado de esterificación, el proceso de extracción, la composición química de la cadena polimérica. (31)

Según la cantidad de grupos carboxilos que están esterificados en la cadena o polímero:

- **Protopectina:** Carboxilos completamente esterificados. Éstas son insolubles en agua y se hallan en mayor cantidad en los tejidos de los frutos no maduros o

verdes y la cual le da rigidez al fruto. (31)

- **Ácidos pectínicos o Ácidos Poligalacturónicos:** Sólo una parte mayoritaria de los carboxilos está esterificada. En condiciones adecuadas de solubilidad y pH pueden formar geles. (31)
- **Pectinas:** Ácidos pectínicos, solubles en agua caliente, con un contenido medio de éster metílico. Una de sus características principales es su capacidad de formar geles en sólidos solubles, ácidos o iones polivalentes. (31)
- **Ácidos pépticos:** No poseen grupos carboxílicos esterificados. (31)

De acuerdo al grado de esterificación o grado de metoxilación:

- **Pectinas de Alto Metoxilo (>50% de grupos metoxilos):** En solución acuosa dan origen a suspensiones de elevada viscosidad formando geles fuertes y cohesivos, son termorresistentes (32). No forman geles si no son en medios muy azucarados con un 60% de azúcar y el pH debe estar comprendido entre 2,7 y 3,4. (33)

Según su porcentaje esterificación en metoxilos y formación de gel se clasifican:

- Ultra-Rapid Set 150 ° SAG (URS 150°)
- Rapid Set 150 ° SAG (RS 150°)
- Medium Rapid Set 150 ° SAG (MRS 150°)
- Slow Set 150° SAG (SS 150 °)

Nota: El poder de gelificación se expresa en grados SAG significa que un gramo de pectina es capaz de gelificar 150 gramos de azúcar para formar un gel de firmeza adecuada a un pH de aproximadamente 3,0 y con un 65 % de sólidos solubles. (34)

Las pectinas de alto grado de metoxilación se clasifican en:

- **Rápida gelificación:** Grado de metoxilación de 70%. La fuerza de los geles que se forman suelen depender del peso molecular, no influye el grado de metoxilación. Mayor peso molecular, mayor fuerza del gel. (31)

- **Lenta gelificación:** Grado de metoxilación del 50 al 70%, la cantidad de ácido requerido suele ser casi proporcional al número de carboxilos libres. (31)

Tabla VI. Tiempo de Gelificación de pectinas según el grado de esterificación en metoxilos

TIPOS DE PECTINAS	GRADOS DE ESTERIFICACIÓN	TIEMPO DE GELIFICACIÓN
Gelificación rápida	72-75	20-70
Gelificación normal	68-71	100-135
Gelificación lenta	62-66	180-250

Cita dentro del texto (35)

- **Pectinas de Bajo Metoxilo (<50% de grupos metoxilos):** La familia de las pectinas LM se divide en bajo metoxilo convencionales las cuales pueden formar geles y LMA que es bajo metoxilo amidadas. Son tixotrópicas, pueden actuar como gelificantes según la dosificación y temperatura de hidratación; por ello no necesitan de azúcar para gelificar. (32)

Las pectinas de bajo metoxilo son casi insensibles a los cambios de pH, pueden formar geles en un rango e pH de entre 2,5 a 6,5 estas tienen una fuerza de gelificación constante, es por ello que actualmente no existe grado internacional análogo al grado SAG ni de ningún método de control unificado para este tipo de pectina. (33)

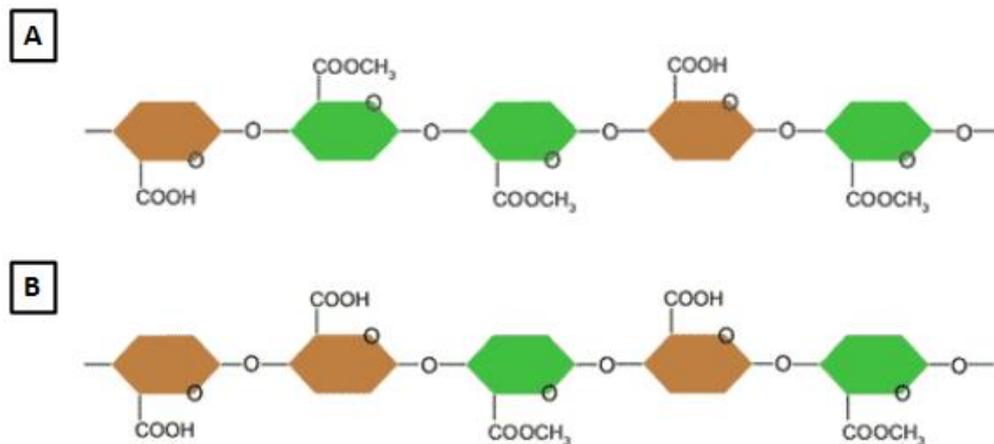
La pectina de bajo grado de esterificación en metoxilos se clasifica según su reactividad con iones calcio en:

- **Pectina rápida:** tiene alta reactividad con el ion calcio, un grado de esterificación del 30% y un grado de amidación del 18%. (31)
- **Pectina rápida media:** Tiene una reactividad media con iones calcio, un grado de esterificación aproximadamente del 32% y un grado de

amidación del 18%. (31)

- **Pectina lenta:** Posee una reactividad media con el ion calcio, con un grado de esterificación del 35% y un grado de amidación del 15%. (31)

Figura 3. Estructura de las pectinas de acuerdo a su contenido de metoxilo a) Pectinas de alto metoxilo b) Pectinas de bajo metoxilo



Cita dentro del texto (36)

De acuerdo a la composición química de la cadena polimérica se clasifican en:

- **Galacturonanos:** Son polímeros de ácido galacturónico. (31)
- **Ramnogalacturanos:** Polímeros mixtos de ácido galacturónico y ramnosa. (31)
- **Arabinogalactanos:** Polímeros mixtos compuestos por arabinosa y galactosa. (31)
- **Arabinanos:** Polímeros compuestos por arabinosa. (31)

Según el proceso de extracción de las pectinas se clasifican en:

- **Pectinas solubles en agua:** Extraíbles con agua y disueltas en soluciones salinas. (33)
- **Pectinas quelato-solubles:** Extraíbles con soluciones de agentes quelantes calcificados como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), el CDTA (ácido ciclohexanodiaminotetraacético) o un hexametafostato. (33)

- **Protopectina:** Extraíbles en altas temperaturas con soluciones alcalinas o ácidos diluidos. (33)

II.3.3. Propiedades Fisicoquímicas de la Pectina

Las propiedades fisicoquímicas de las pectinas normalmente están determinadas por su grado de metoxilación de los grupos ácido carboxílicos, factores intrínsecos de la molécula como su masa molecular, estado de madurez del fruto de la forma y condiciones de extracción y almacenamiento, entre otros. (36)

II.3.3.1. Solubilidad

Las pectinas son muy solubles en sustancias como agua, formamida, dimetilformamida y glicerina en estado caliente. Insoluble en solventes orgánicos, detergentes cuaternarios, polímeros, proteínas y cationes polivalentes. Los últimos mencionados son agentes que se usan normalmente para precipitar la pectina de ciertas soluciones después de una hidrólisis. (37)

II.3.3.2. Acidez

Se consideran que las pectinas son neutras cuando se encuentran en estado natural, tienen carácter ácido cuando están en solución y dependen mucho del medio y de su grado de esterificación. El pH de la pectina puede estar entre 2.8 y 3.4 según su grado de esterificación. (37)

II.3.3.3. Viscosidad

Las pectinas al contacto con el agua forman soluciones viscosas, esta propiedad depende del grado de polimerización de la pectina, pH, temperatura, concentración y por la presencia de electrolitos. (38)

“Cuanto más alto es el peso molecular mayor es su viscosidad, por consiguiente mayor es su grado de gelificación”. (38)

El calcio y otros iones que sean polivalentes pueden aumentar la viscosidad de las soluciones de pectinas y algunas pectinas que tienen un grado de metoxilación baja

pueden gelificar si la concentración de calcio supera un cierto límite. (38)

II.3.3.4. Poder de gelificación en geles de pectina

Las pectinas forman geles termorreversibles a pH 3 y en presencia de iones Ca^{2+} . La formación de geles de pectina es directamente proporcional al peso molecular e inversamente al grado de esterificación. Cuando las pectinas tienen menos grado de esterificación o metoxilación necesitan un pH muy bajo y/o iones de Ca^{2+} cuando hay presencia de menores concentraciones de azúcar. Caso contrario, las que tienen un grado alto de esterificación necesitan concentraciones crecientes de azúcar, es decir cuanto más esterificado sea la pectina mayor formación de gel se da.

Un exceso en la concentración del azúcar puede producir cristalización en el almacenamiento. (37)

II.3.3.5. Longitud de las Cadenas

Según la longitud que tengan las cadenas de pectina puede determinar la consistencia del gel, por lo cual está muy relacionado con el grado de gelificación. (37)

II.3.3.6. Peso molecular

La molécula de la pectina puede tener entre 100 mil unidades o más, correspondiente al peso molecular, por lo que depende mucho de la materia prima que sea empleada. El conocimiento de la viscosidad intrínseca ayuda en la determinación del peso molecular y consiste en la capacidad de la molécula del polímero a incrementar la viscosidad. (37)

II.3.4. Uso de Pectinas

En la industria alimentaria, la pectina se lo agrega a las mermeladas, jaleas, salsas, alimentos congelados, dulces y productos de panadería. En el caso de las jaleas, específicamente de confitería, se la usa para dar una buena estructura y para obtener un buen sabor. También se la usa como estabilizador de bebidas de proteína ácidas como yogur, mejorando la textura, la sensación en la boca y la estabilidad de la pulpa en bebidas que son a base de jugo, e incluso como sustituto de la grasa en productos horneados o como sustitutos de azúcar. (39)

Alfonso (40) menciona que la propiedad más importante de la pectina es desde el punto de vista alimentario su capacidad para formar geles. Estos geles son moléculas poliméricas con enlaces entrecruzados en la red, que están interconectados e inmersos en un líquido en geles de pectinas y en otros sistemas de alimentos que contienen pectina, se puede decir que este líquido es agua, dando resultado interacciones complejas entre el soluto y el solvente que es el agua, la naturaleza y la magnitud de las fuerzas intermoleculares permitiendo una gran capacidad de retención de agua al momento de mantener la integridad del gel.

“Es muy importante saber que si la gelificación disminuye si se disminuye el grado de esterificación; por ellos los geles de pectina de alto metoxilo son más rápidos en alcanzarse que los geles de pectina de baja metoxilación bajo la misma temperatura de enfriamiento”. (40)

Ferreira (34) señala en su tesis que en la industria de quesos la pectina como pectinato de calcio al adherirlo al queso puede tener efecto en el rendimiento y la sinéresis. Los resultados de este estudio demostraron que hubo un aumento de un 25% de rendimiento y una disminución de la sinéresis de aproximadamente un 15% a 18%, también se observó que esta sustancia facilita la separación del material sólido de la base acuosa después de que el cuajo se someta al cortado.

En la industria farmacéutica, la pectina se emplea en la formulación y preparación de formas farmacéuticas de liberación prolongada. Un ejemplo citado por Ferreira (34) para la desintegración de tabletas con formulaciones diferentes pectina/pectinato de calcio y pectina/goma guar, en la actualidad se puede encontrar tabletas de pectina con contenido de 500 mg y 1 g disponibles para el público. También se la utiliza en la reducción de niveles de colesterol en la sangre como trastornos gastrointestinales. Tiene otros tipos de aplicaciones en películas comestibles como estabilizadores de emulsiones sea agua/aceite, también como modificador reológico y plastificante, agente de encolado para papel, textiles, entre otros. (39)

En la industria cosmética, la pectina se emplea en formulaciones de pastas dentales, ungüentos, aceites, cremas, desodorantes, tónicos capilares, lociones de baño y champú, por sus propiedades suavizantes y estabilizantes. También se le emplea en la

producción de plásticos así como en la fabricación de productos espumantes, como agentes de clarificación y aglutinantes; lo que demuestra el potencial y las aplicaciones futuras que se esperan de la pectina. (27)

Las pectinas tienen una clasificación según el contenido de metoxilos que contengan, de acuerdo a esto también se puede encontrar usos y aplicaciones que se nombran a continuación:

- **Pectinas de bajo metoxilo:** Este tipo de pectinas presentan un gran campo de utilización que va desde su utilización en productos azucarados como también en productos lácteos, en ambos productos como reemplazo del azúcar.

Saavedra (33) en su investigación nombra algunas aplicaciones de pectinas de bajo metoxilo de acuerdo a ciertas condiciones de varios parámetros de calidad que se usan detalladas en la tabla VII:

Tabla VII. Principales aplicaciones de pectinas esterificadas de bajo metoxilo

TIPO (% ESTERIFICACIÓN)	UTILIZACIÓN	CONDICIONES DE EMPLEO
28 - 39	Confituras y mermeladas gelificadas	SS= 45-55%; pH= 3,0 – 3,3 Textura bien gelificada
26 - 36	Confituras clásicas espesas, confituras modernas y mermeladas de frutas, jaleas de fantasía, productos dietéticos e hipoglucídicos, confituras para diabéticos	SS= 63-65%; pH= 3,2 – 3,5 SS= 35-55%; pH= 3,3 – 3,8 Textura espesa – rígida SS= 20-55%; pH= 3,3 – 3,8 Soporta pasteurización rápida
18 - 30	Frutas espesas o en suspensión Leche gelificada aromatizada, flanes, postres, yogurts naturales o aromatizados	SS= 35-50%; pH= 3,3 – 3,8 SS= 18-35%; pH= 6,4 – 6,8 Textura fundente, sin sinéresis
26 – 36	Recubrimiento en caliente para pasteles con fruta. Rellenos para	SS= 65%; pH= 3,4 – 3,7 Gel reversible, aspecto

	pastelería industrial	brillante, textura gelificada fundente
26 - 36	Confitura gelificada recubierta (aromas no ácidos). Interiores de dulces, rellenos	SS= 78-82%; pH= 3,9 – 4,2 Textura gelificada fundente

Cita dentro del texto (33)

Los resultados de las condiciones mencionadas en la tabla VII y en la tabla VIII están expresadas en una aproximación, por lo que es necesario realizar ensayos preliminares antes de establecer las condiciones óptimas. (33)

- **Pectinas de alto metoxilo:** Necesitan de un pH, SST y grados SAG específicos para tener aplicaciones. Por ejemplo las jaleas patrón, estas jaleas normalmente han sido elaboradas con pectinas de alto metoxilo y de un ritmo lento de gelificación la cual le confiere tiempo suficiente para que las burbujas de aire que se encuentren atrapadas puedan escapar. Las pectinas de gelificación rápida producen jaleas de pH de 3.3 a 3.5, pectinas con un tiempo lento de gelificación producen jaleas de un pH de 2.8 a 3.2 y una mezcla de ambas pectinas desarrollan un tipo de tixotropía a una jalea. (40)

En la tabla VIII se detalla las principales aplicaciones de las pectinas comerciales de alto metoxilo:

Tabla VIII. Principales aplicaciones de las pectinas esterificadas comerciales de alto metoxilo

TIPO (% ESTERIFICACIÓN)	UTILIZACIÓN	CONDICIONES DE EMPLEO
URS 150°	Confituras de frutas enteras (bayas, ciruelas, albaricoques), jaleas (cortezas en suspensión).	SS= 63-66%; pH= 3,1 – 3,4 Gelificación muy rápida (menos de 3 minutos)
RS 150°	Confituras rápidas cocidas al aire libre, Rellenos para pastelería industrial (ricos	SS= 63-66%; pH= 2,9 – 3,3 Gelificación rápida (4-8 minutos)

	en pulpa).	SS= 70-72%; pH= 3,2 – 3,6 Gelificación muy rápida
MRS 150°	Confituras clásicas cocidas a presión reducida. Confituras de frutas ácidas cocidas al aire libre. Jaleas ácidas.	SS= 63-66%; pH= 2,8 – 3,1 Gelificación lenta (15-25 minutos)
SS 150°	Confituras de frutas ácidas cocidas a presión reducida. Jaleas muy ácidas.	SS= 63-66%; pH= 2,6 – 2,9 Gelificación muy lenta (30-120 minutos)

Cita dentro del texto (33)

II.3.5. Métodos de Obtención de Pectina

II.3.5.1. Hidrólisis Ácida

La hidrólisis ácida es un método de extracción química de pectinas que se da por dos etapas principales. La primera es la extracción de las paredes celulares mediante hidrólisis, mayormente usando ácidos orgánicos como el acético, cítrico, láctico, málico e inorgánicos como nítrico, clorhídrico, fosfórico y sulfúrico. La segunda parte o etapa es el aislamiento de la pectina extraída por precipitación alcohólica.

La extracción de pectina se da a elevadas temperaturas hidrolizando la protopectina mediante una serie de etapas múltiples de procesos fisicoquímicos, en cuyos procesos de hidrólisis y extracción intervienen diferentes factores, principalmente la temperatura, el pH y el tiempo. (40)

Se considera un procedimiento en el que el ácido prótico se utiliza para catalizar la escisión de un enlace químico a través de una reacción de sustitución nucleófila, con adición de agua. (41)

Este método es utilizado comúnmente para obtener azúcares reductores para formar bioetanol.

II.3.5.2. Hidrólisis Enzimática

La hidrólisis enzimática tiene como finalidad producir azúcares fermentables, es decir, glucosa, mediante el uso de enzimas (42). Estas enzimas pueden ejercer un efecto

catalítico hidrolizante, conocido como las rupturas de enlaces por agua.

Se conoce muy pocos trabajos sobre extracción enzimática de pectinas, este método para pectina usa pectinesterasa o pectinmetilesterasa, la cual hace que las pectinas de alto metoxilo pasen a metoxilos de bajo grado sin que la molécula de pectina se despolimerice.

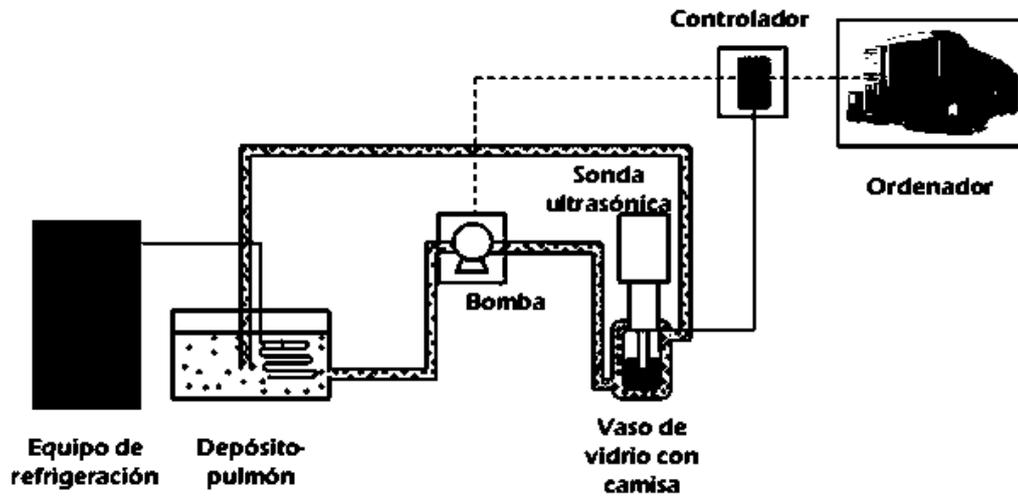
Según Rengifo y Macías (43), este proceso aporta muchos beneficios en la industria alimentaria por los efectos fisicoquímicos y organolépticos que produce, por ejemplo como la disminución de la viscosidad ayuda a mejorar la filtrabilidad, la disminución de la cristalización, clarificación y estabilización de líquidos para la conservación, insolubilización de macromoléculas, fermentabilidad, entre otros.

II.3.5.3. Hidrólisis Ácida asistida con ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido es un proceso que utiliza energía acústica y disolventes para extraer compuestos objetivos de diversas matrices vegetales. (44)

Es un tratamiento suave, no necesita calor y puede aplicarse a múltiples procesos alimentarios. Para extraer pectinas, se produce una sonificación, lo que hace que se obtengan pectinas de alta calidad, estas destacan por su contenido en ácido anhidrouónico, metoxilo y pectato de calcio, así como también su grado de esterificación. Algo importante es que este tipo de extracción ultrasónica evita que se desarrolle una degradación térmica a pectinas sensibles al calor. (39)

Figura 3. Esquema del equipo ultrasonido utilizado para la extracción de pectina



Cita dentro del texto (45)

Como el tratamiento ultrasónico puede controlarse con gran precisión, ciertas propiedades de la pectina pueden verse modificadas e influenciadas por el ajuste de la amplitud, temperatura, presión, tiempo de retención y el disolvente. Los disolventes más usados para este tipo de extracción son agua, ácido cítrico, solución de ácido nítrico o también oxalato de amonio o ácido oxálico. (39)

Los extractos de pectina ultrasónicos son excelentes:

- Alta capacidad gelificante
- Dispersibilidad
- Color pectina
- Pectato alto en calcio
- Menor degradación
- Amigable con el medio ambiente.

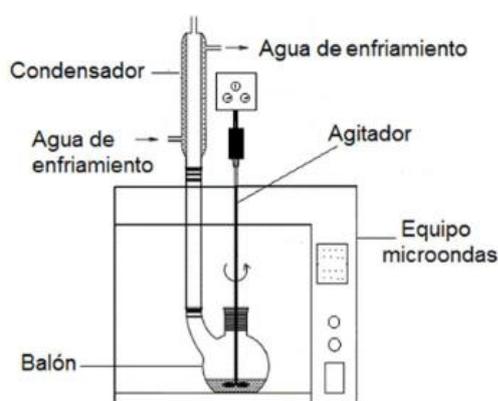
II.3.5.4. Hidrólisis Ácida asistida con microondas

La extracción asistida por microondas es un método que ha sido utilizado de manera reciente con el propósito de liberar pectina a partir de diversas materias primas, la cual se han encontrado buenos resultados para la extracción de pectina como la reducción

de los tiempos de extracción, altos rendimientos en pectina y buena calidad del producto obtenido. (46)

Esta técnica se basa en el uso de energía de microondas para conseguir que compuestos de interés pasen de manera rápida de la muestra a un disolvente adecuado. Una de sus ventajas es que utiliza volúmenes pequeños de solvente y se pueden controlar parámetros que pueden afectar la eficacia de su extracción. (46)

Figura 4. Esquema del equipo microondas utilizado para la extracción de pectina



Cita dentro del texto (46)

II.3.6. Métodos de Cuantificación de la Pectina

El análisis rutinario de pectinas en productos vegetales requiere de técnicas cuantitativas rápidas y precisas, uno de esos métodos son los colorimétricos los más usados debido a su mayor selectividad con respecto a los volumétricos y gravimétricos, y su mayor sencillez en relación a las técnicas cromatográficas y electroforéticas.

II.3.6.1. Análisis Volumétrico

Se entiende como análisis volumétrico al procedimiento basado en la medida del volumen de reactivo necesario para que reaccione con el analito, en donde a una disolución que contiene al analito se le añaden incrementos de volumen de una disolución del reactivo conocido como valorante hasta que la reacción sea completa. A partir del volumen de valorante consumido se puede calcular la cantidad de analito que hay en la disolución valorada. (47)

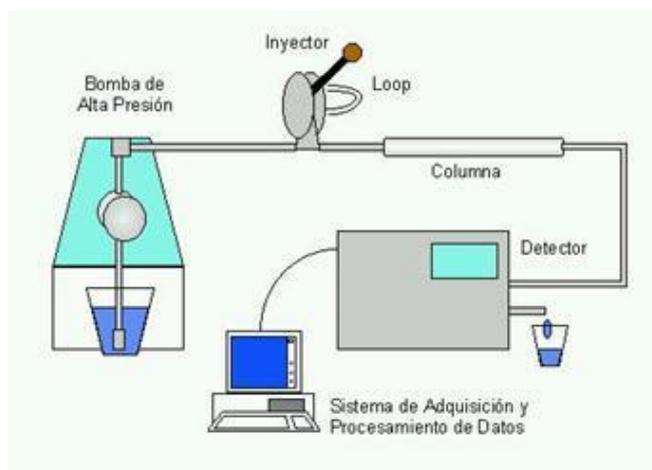
Cabe destacar que es necesario un punto de equivalencia, en donde este es un punto en que la cantidad de reactivo valorante añadido es exactamente la necesaria para que reaccione estequiometricamente con el analito. Se necesita de un indicador la cual es el compuesto con una propiedad física que cambia bruscamente de color cerca del punto de equivalencia. (47)

II.3.6.2. HPLC

La cromatografía Líquida de alta resolución o HPLC es una técnica para la separación (48), se basa en la interacción de la molécula de pectina previamente tratada bajo las condiciones experimentales frente a una columna cuyo material de relleno permite separar una amplia gama de compuestos orgánicos ácidos y compuestos aromáticos, la muestra y fase móvil utilizada son forzada a atravesar la fase estacionaria donde se producirá interacciones hidrofóbicas y electrostáticas de mayor o menor afinidad de cada uno de los componentes de la muestra por la fase móvil, es decir los componentes que tienen mayor afinidad con la fase estacionaria se desplazan con menor velocidad que los que presentan menor afinidad, dando origen a su separación.

El componente de pectina más afín a la fase estacionaria se retiene y tarda más en eludir y el más afín a la fase móvil se retiene menos y sale rápidamente, gracias a la sensibilidad de la columna permite la retención de la molécula frente a la longitud de onda específica.

Figura 5. Esquema de un equipo de HPLC



Cita dentro del texto (49)

II.3.6.3. Colorimetría

La colorimetría es una de las técnicas más utilizadas en los laboratorios de Bioquímica, porque da información tanto cuantitativa como cualitativa de una sustancia en disolución. Esta es una técnica que se basa en la medida de absorción de radiación de la zona visible por sustancias coloreadas a una determinada longitud de onda, hay casos en que hay que emplear reactivos para dar lugar a sustancias coloreadas. (50)

Existen varios métodos colorimétricos para la cuantificación de sustancias pécticas como los métodos de Carbazol y el m-hidroxifenilfenol. Estos métodos se basan en la reacción del ácido 5-formail-2-furanocarboílico, que se obtiene de ácido sulfúrico caliente sobre el ácido galacturónico más un reactivo colorimétrico dando como resultado un producto coloreado determinado a partir de una longitud de onda. (51)

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de titulación es de carácter experimental con enfoque cuantitativo, en donde a partir de la pectina extraída de las muestras de uvilla (Serrana y Manzana) por hidrólisis ácida, se procede a analizar su contenido acorde a los parámetros indicados por organizaciones internacionales.

Se evalúa las características físicas y químicas tanto de la fruta uvilla en ambos ecotipos, como también de las pectinas obtenidas, para su posterior comparativa.

Se menciona que la investigación utiliza citas de años inferiores al 2017 debido a que la información pertinente a la misma es de carácter fundamental, y no existe actualización de los conceptos e investigaciones citadas, por lo que su información es válida.

III.2. Equipos, Aparatos, Materiales y Reactivos

III.2.1. Equipos

Tabla IX. Equipos utilizados para la obtención y cuantificación de pectina en uvilla (*Physalis peruviana L*)

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN
Balanza analítica	AS 210X2 PLUS
Centrífuga	Hermle Labortechnik Z 206 A
Hornilla eléctrica	Tenko (Tipo espiral)
Mufla	Thermo Scientific FD1540M-33
Sistema de filtro al vacío	Capacidad 500 ml

Fuente: Autores

III.2.2. Materiales

Tabla X. Materiales utilizados para la obtención y cuantificación de pectina en uvilla (*Physalis peruviana L*)

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Agitador magnético	Marca Ika
Vasos de precipitado	250 ml y 500 ml
Gradilla	Metálica
Papel Filtro	Whatman 41
Embudo	Vidrio
Matraz Erlenmeyer	100 y 250 ml
Mortero	Porcelana
Pipetas	De 1, 5 y 10 ml
Probeta	100 ml
Viscosímetro	BROOKFIELD DVE Viscometer
Cronómetro	Digital
Potenciómetro	OHAUS 3100
Embudo Buchner	Fisherbrand
Bureta	Brand 50ml

Fuente: Autores

III.2.3. Reactivos

Tabla XI. Reactivos utilizados para la obtención y cuantificación de pectina en uvilla (*Physalis peruviana L*)

REACTIVOS	CONCENTRACIÓN
Agua	Destilada y tipo 1
HCl	0,2 N - 0,5 N
Etanol	96%
Na(OH)	0,1 N – 0,5 N
Fenolftaleína	Colorante

Fuente: Autores

III.3. Muestra

Para la extracción de pectinas por hidrólisis ácida se utilizó la muestra vegetal de la uvilla de la especie *Physalis peruviana L*, ecotipo manzana y serrana sin capuchón.

III.4. Metodología Experimental

El proceso para la obtención de pectina, se considera un proceso general en diferentes materias primas, es decir que no cambia, la esencia de este proceso es el mismo para todas las materias primas, comenzando por la inactivación de las enzimas pécticas en la pulpa, para posteriormente proceder a la hidrólisis ácida y la precipitación de la pectina.

III.4.1. Manejo y acondicionamiento de la materia prima

- **Muestreo selección y transporte:** Para la recolección de la materia prima, se contactó con la Finca Layla's, lugar en donde se cosechan las uvillas ecotipos manzana y serrana, el muestreo se realizó en altas horas de la mañana, seleccionando solamente las frutas con un estado de madurez tipo 3-4 según la INEN 2485, luego se verificó de manera visual que no exista presencia de moho, manchas o sustancias extrañas que puedan afectar la calidad del producto de interés (pectina).

Una vez seleccionada la materia prima, fueron transportadas en contenedores libres de humedad y calor a la ciudad de Guayaquil, donde se procedió a entregar al laboratorio de análisis, el lapsus de tiempo desde su recolección hasta llegar al laboratorio de análisis fue de 1 día, para evitar daños o maduración en la fruta.

- **Lavado, desinfección y secado:** Una vez en el laboratorio se procedió a hacer el lavado de la materia prima mediante la remoción de impurezas con abundante agua, seguido de la desinfección del fruto con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% por 3 minutos y su remoción con agua destilada; finalmente se procedió a secar el fruto a temperatura ambiente, a fin de evitar contaminación cruzada.
- **Almacenamiento:** Una vez secada la materia prima, es almacenada en un

ambiente controlado de refrigeración y libre de humedad, por lo que se procedió a envasar los frutos en fundas ziploc para evitar la maduración o alteración de las propiedades fisicoquímicas hasta la realización de su análisis.

Los posteriores análisis se realizaron en el laboratorio CROMANOVA SCIENTIFICS S.A. ubicado en la "Comuna San Pedro Mz 0067 02/EC/Chongón – Guayaquil.

III.4.2. Extracción de la pectina por Hidrólisis Ácida

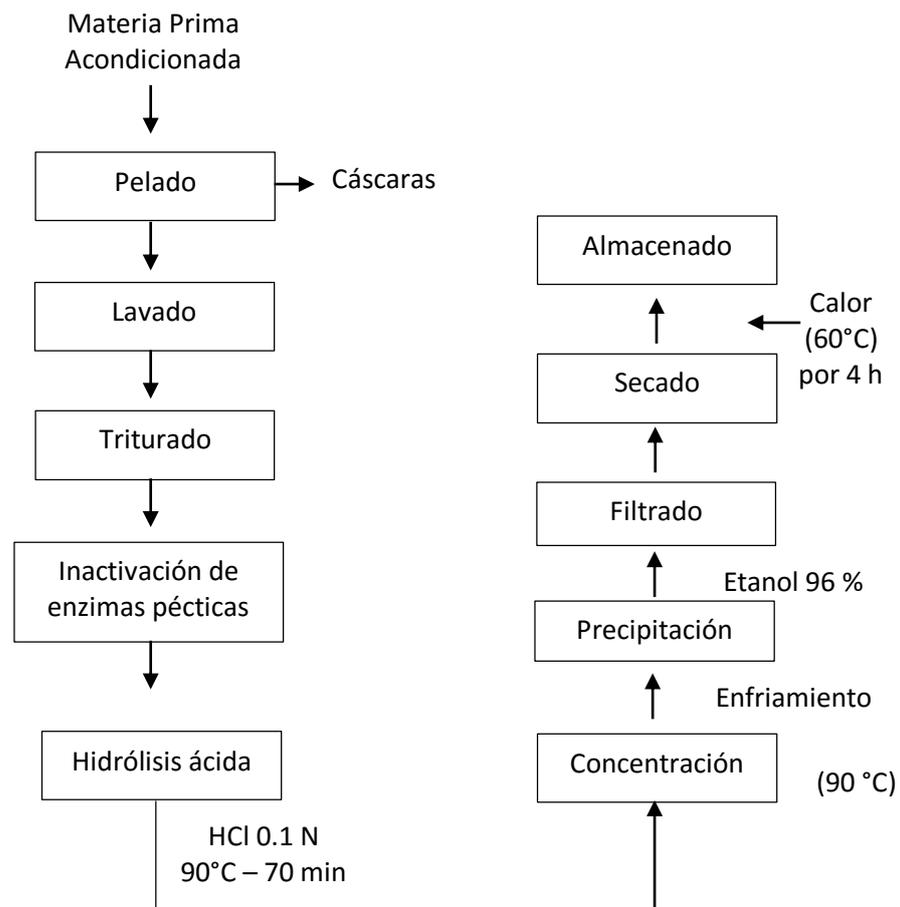
- **Preparación:** Se eliminó el epicarpio del fruto, se pesó un aproximado de 16 libras de uvilla, la cual posteriormente fue lavada y cortada en pequeños trozos para facilitar su trituración mediante un molino de cuchillas.
- **Inactivación de enzimas pécticas:** Se colocó el aproximado de muestra en un beaker, se le adicionó 1 litro de solución de ácido clorhídrico al 0.2 N y se calentó a una temperatura de 90 °C por 70 minutos, este proceso de cocción se lo realizó a fin de inhibir las enzimas pécticas que pueden estar presentes en la materia prima, en específico inactivar la pectinasa, que es la enzima degradante de la pectina, además de cualquier otro organismo que puede estar presente en la mezcla.
- **Filtración:** El filtrado se realizó en tamiz para separar el sólido del líquido hasta obtener la mayor cantidad de líquido.
- **Concentración de la solución:** Con el fin de concentrar la solución, el líquido fue calentado a 90 °C en plancha de calentamiento hasta reducir su volumen a una tercera parte con el fin de concentrar la solución, el líquido obtenido es sometido a un enfriamiento brusco sumergiéndolo en agua helada.
- **Precipitación:** Ya enfriado se le agregó etanol al 96 % a baja temperatura y con agitación constante para precipitar, luego se lo dejó reposar por máximo de 18 horas. Pasado las 18 horas, se filtró la pectina precipitada.
- **Purificación:** Este proceso se aplica para eliminar las impurezas y trazas de HCl que queden y que pueden afectar la solubilidad, el aspecto y la calidad de la

pectina, la cual consta de los siguientes pasos:

La pectina obtenida anteriormente se la agregó a un Beaker y se lo disolvió con 300 ml de agua, luego se filtró y se recuperó el sobrenadante en el cual se encuentra disuelta la pectina. Por último, con etanol al 96% se precipitó la pectina que estaba disuelta y se filtró nuevamente la pectina purificada.

- **Secado:** La pectina purificada se secó en una estufa a temperatura de 60 ° C durante 4 horas o hasta obtener un peso constante, luego esta se pesó con el fin de determinar la cantidad obtenida por medio de la diferencia entre el peso final e inicial, y por último almacenado.

Figura 6. Flujograma global para la obtención de pectina



Fuente: Autores

III.4.3. Determinación de las características fisicoquímicas de la uvilla (*Physalis peruviana L.*)

La calidad de la uvilla está basada en la información que se encuentra en el CODEX Alimentario, la cual tiene una lista de normas generales y específicas relacionadas a la seguridad alimentaria.

Actualmente existe una norma técnica ecuatoriana INEN 2 485 para uvilla del 2009, donde se comparó los resultados obtenidos con los que se encuentra en esta norma.

En los siguientes puntos se describen varios procedimientos para la evaluación de las características fisicoquímicas de la fruta uvilla (*Physalis peruviana L.*):

III.4.3.1. Calibre y masa Promedio

La NTE INEN 2485 (52) menciona que el calibre de la uvilla se determina por el diámetro en mm de la sección ecuatorial de la fruta y la masa expresada en g.

En la tabla XII se detallan los calibres y masa promedio que puede tener la uvilla según la norma INEN 2 485:

Tabla XII. Calibres de la uvilla

CALIBRE	DIÁMETRO ECUATORIAL (MM)	MASA PROMEDIO (G)	
		Con capuchón	Sin capuchón
Grande	> 22	> 3,0	> 2,8
Mediana	18 - 22	3,0 – 2,0	2,8 – 1,8
Pequeña	< 18	< 2,0	< 1,8

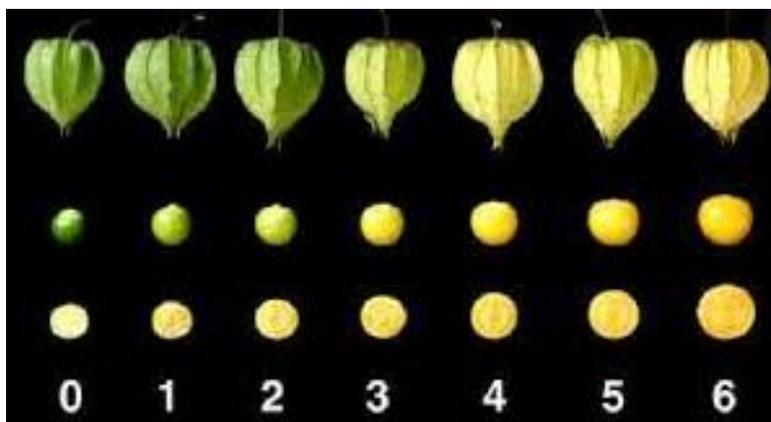
Citado dentro del texto (52)

III.4.3.2. Índice de madurez

La NTE INEN 2 485 también hace mención sobre la madurez de la uvilla, esta puede determinarse visualmente por medio de la coloración que se ve de manera externa, la cual varía de verde a naranja a medida que madura el fruto. La madurez puede confirmarse determinando el contenido total de sólidos solubles. (52)

A continuación, se presenta la escala de color de la uvilla para evaluar la madurez y una tabla con los requisitos fisicoquímicos de acuerdo a su estado de madurez:

Figura 7: Escala de color de la uvilla para determinar su madurez



Cita dentro del texto (52)

Cabe destacar que la variación de colores en el capuchón no indica la madurez del fruto.

Tabla XIII. Requisitos fisicoquímicos de las uvillas de acuerdo a su estado de madurez

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	MADUREZ DE CONSUMO		MÉTODO DE ENSAYO
	Min	Máx	
Acidez titulable % (ác. Cítrico)	-	2,50	NTE INEN 381
Sólidos solubles totales, ° Brix	10,0	-	NTE INEN380

Cita dentro del texto (52)

III.4.4. Determinación de las características fisicoquímicas de la pectina

En los siguientes puntos se describen varios procedimientos para la evaluación de las características fisicoquímicas de la pectina:

III.4.4.1. Determinación de rendimiento

Para la determinación del rendimiento de pectina se calculó en base a la pulpa de uvilla utilizada y los gramos de pectina extraída seca por triplicado de acuerdo con el

método de Seggiani (53), donde la cantidad de pectina pura se calculó libre de humedad.

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{pectina pura (g)}}{\text{Peso prom. de la pulpa de uvilla en base seca (g)}} \times 100$$

III.4.2.2. Determinación del Contenido de Humedad

Para la determinación del contenido de humedad se empleó la técnica de AOAC 934.06 (37), se tomó 2 gramos de pectina previamente pesada, y se lo llevó a secar a 60°C durante 24 horas. Luego se procedió a retirar el crisol de porcelana que contenía la pectina y se lo enfrió con cloruro de calcio, se pesa lo obtenido y se determinó el porcentaje de humedad, mediante la pérdida de peso con relación a la sustancia humedad.

El contenido de humedad se expresa como porcentaje en masa (p/p) es decir gramos de humedad por 100 gramos.

$$\% \text{Humedad} = \frac{M \text{ agua } (M_1 - M_2)}{M \text{ muestra } (M_1 - M_0)} * 100$$

Donde:

- M agua= masa de agua perdida por desecación
- M muestra= masa de muestra empleada en el análisis
- M₀= masa del crisol y arena
- M₁= Masa del crisol, arena y muestra antes del desecado
- M₂= Masa del crisol, arena y muestra después del desecado

III.4.2.3. Determinación de Viscosidad

El método usado para determinar la viscosidad aparente fue el que describe Vriesmann en su artículo "Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid" citado por Mendoza, Jiménez y Ramírez (53) para lo cual se prepararon dos conservas de la fruta (mermelada) una con la pectina del estándar y otra como con la pectina extraída por hidrólisis ácida, bajo la siguiente formulación: Se pesaron por duplicado 200 g de pulpa, 200 g de azúcar, 40 ml de agua y 25 mg de cloruro de calcio y 5,4 g de la pectina tanto estándar como la obtenida por

hidrólisis ácida. Luego se procedió agitar individualmente ambas preparaciones bajo temperatura de ebullición de 98°C por 45 minutos y se dejó en reposo hasta llegar a su enfriamiento. La viscosidad fue determinada por medio de un viscosímetro rotacional.

III.4.2.4. Determinación del peso equivalente y acidez libre

El peso equivalente y la acidez libre de la pectina se determinó por medio de la metodología de Owens (54), se realizó una valoración con NaOH 0,1 mol/L, pesando previamente 500 mg de la pectina extraída y agregándola en un Erlenmeyer de 250 mL con 100 mL de agua; para obtener el cálculo se relacionó el peso de la muestra en miligramos y los miliequivalentes de NaOH gastados en la titulación:

$$\text{Peso equivalente (Pe)} = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{meq (A)NaOH}}$$

Donde:

- **Meq A (NaOH):** son los miliequivalentes de hidróxido de sodio utilizados en la titulación.
- **Componente ácido:** son los miligramos de pectina.

$$\% \text{ Acidez libre (Al)} = \frac{\text{Pe} \times \text{N (NaOH)} \times \text{V}}{\text{mg componente ácido}} \times 100$$

Donde:

- **Pe:** peso equivalente obtenido.
- **N (NaOH):** concentración en normalidad de hidróxido de sodio.
- **V:** volumen de hidróxido de sodio usado en la valoración.
- **Componente ácido:** son los miligramos de pectina.

III.4.2.5. Determinación del Grado de Esterificación

Para obtener el grado de esterificación se utilizó el método de valoración por titulación compendiado por la USP 40, que se encuentra en el ANEXO H.

En un beaker de 250 ml, se agregó 5.0 g de pectina extraída, a la que se le adicionó una mezcla (5: 100) de ácido clorhídrico concentrado y alcohol 60 %, durante 15 minutos se agitó y sonicó hacia la muestra hasta su total disolución; posteriormente se la transfirió a un embudo de Buchner, con filtro de poro grueso, se lavó con 6 porciones de 15 ml de la mezcla (5 : 100) de ácido clorhídrico concentrado y alcohol 60 %, se lavó finalmente con 20 ml de alcohol al 60%, hasta que quede libre de cloruros, para lo cual se realizó una prueba en el líquido resultante de la filtración, con el reactivo nitrato de plata, el cual reacciona con los cloruros y torna turbia o blanca la solución, en dicho caso se volvió a lavar hasta que este color no estuvo más presente en la solución, finalmente se dejó secar a 105 °C, durante 1 hora, se enfrió y se pesó.

Se transfirió un décimo del peso neto total de muestra seca, a un matraz Erlenmeyer de 250 ml y se humedeció con 2 ml de alcohol al 60%, se agregó 100 ml de agua exenta de dióxido de carbono y se agitó con rotación suave hasta disolución.

Se le agregó 5 ml de fenolftaleína SR y se valoró con hidróxido de sodio 0,1 N SV la cual corresponde a V1 o titulación inicial; posteriormente se agregó 20 ml de hidróxido de sodio 0,5 N, se agito y se dejó en reposo durante 15 minutos, pasado este tiempo se agregó 20 ml de ácido clorhídrico 0,5 N, se agitó hasta que el color rosado desapareció, se agregó más fenolftaleína y se valoró con hidróxido de sodio 0,1N; hasta que se percibió la coloración rosado pálido, por último se registró los ml consumidos de esta segunda valoración.

$$\text{Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1 + V_s)} \times 100$$

Donde:

- **Vs**= Título de la segunda valoración (ml)
- **V1**= Título inicial (ml)

III.4.2.6. Determinación del porcentaje de Ácido Galacturónico

Se utilizó la metodología compendiada en la USP 40 dentro del *ANEXO H*, en donde para obtener el porcentaje de ácido galacturónico, se calculó en relación con cada ml de

hidróxido de sodio 0,1 N, usado en la valoración total (inicial más la segunda titulación) en la valoración de grado de esterificación equivalen a 19,41 mg de ácido galacturónico:

$$\% \text{ de Ácido Galacturónico} = \frac{19,41 * (V_1 + V_s)}{W} \times 100$$

Donde:

- V_s = Título de la segunda valoración (ml)
- V_1 = Título inicial (ml)
- W = Peso de pectina, calculado con respecto a la sustancia seca, tomado para preparar la solución de la valoración.

III.4.2.7. Determinación del porcentaje de metoxilo

Se utilizó la metodología compendiada en la USP 40 que se encuentra en el ANEXO H, para obtener el porcentaje de ácido galacturónico, se calculó en relación con cada ml de hidróxido de sodio 0,1 N, usados en el título de la segunda valoración, en la valoración de grado de esterificación equivale a 3,10 mg de metoxilo, se calculó acorde a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Porcentaje de metoxilos} = 3,10 \times \left(\frac{V_s}{W}\right) \times 100$$

Donde:

- V_s = Título de la segunda valoración (ml)
- W = Peso de pectina, calculado con respecto a la sustancia seca, tomado para preparar la solución para la valoración.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

IV.1. Determinación de las características fisicoquímicas de la uvilla (*Physalis peruviana L.*).

Para la determinación de las características fisicoquímicas de la fruta uvilla (*Physalis peruviana L.*) se utilizaron aproximadamente 16 libras de frutos de uvilla sin capuchón de las dos variedades tanto ecotipo manzana como serrana en grado de madurez cuatro según la norma INEN 2 485. (52)

Los parámetros físicos que se determinaron son: peso promedio, diámetro promedio y los parámetros químicos fueron: índice de madurez, sólidos solubles totales representados en grados Brix, pH y acidez titulable a partir del porcentaje del ácido cítrico.

IV.1.1. Análisis Físicos

En las tablas XIV y XV se muestran los valores obtenidos para los parámetros de peso y diámetro promedio con su respectiva desviación estándar y coeficiente de variación de los frutos de uvilla de las dos variedades de ecotipo manzana y serrana.

Tabla XIV. Peso promedio de las dos variedades de la uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: PESO PROMEDIO				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	3,23 g	3,31g	>2,8 g	INEN 2 485
2	3,20 g	3,22 g	>2,8 g	INEN 2 485
3	3,16 g	3,27 g	>2,8 g	INEN 2 485
Promedio	3,20 g	3,27 g	-	-
Desv. est	0,04	0,05	-	-
CV (%)	1,10	0,84	-	-

Fuente: Autores

Tabla XV. Diámetro promedio de las dos variedades de la uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: DIÁMETRO				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	2,33 cm	2,50 cm	>2.2 cm	INEN 2 485
2	2,35 cm	2,46 cm	>2.2 cm	INEN 2 485
3	2,31 cm	2,49 cm	>2.2 cm	INEN 2 485
Promedio	2,33 cm	2,48 cm	-	-
Desv. est	0.02	0.02	-	-
CV (%)	0.86	0.84	-	-

Fuente: Autores

Según los datos obtenidos el peso promedio de la uvilla tipo serrana fue de 3,20 g con un diámetro promedio de 2,33 cm y para el ecotipo manzana el peso promedio fue de 3,27 g y un diámetro promedio de 2,48 cm, ambos ecotipos dieron un coeficiente de variación bajo, por lo que existe poca dispersión de los datos, se concluye que ambas frutas cumplen con las especificaciones que estipula la Norma ecuatoriana INEN 2485 (2009) donde se afirma que los frutos pertenecen al calibre grande, porque tienen un diámetro ecuatorial mayor a 2,2 cm para ambos frutos y su peso sin capuchón fue mayor a 3 g, también pertenecen a la categoría extra porque cumplieron con los requisitos generales de calidad, no presentaron manchas por hongos o por humedad, estando por debajo del 5% de tolerancia de calidad correspondiente al área total del fruto sin capuchón. (52)

Vinueza (55) en la investigación de caracterización fisicoquímica del fruto *Physalis peruviana L* obtuvo un peso promedio de 4,30 g y un diámetro promedio de 2,45 cm, siendo el índice de madurez de sus muestras de 3 a 5, en comparación a los resultados obtenidos en esta investigación, el índice de madurez fue similar, el peso promedio de ambos ecotipos fue menor, sin embargo el diámetro promedio del ecotipo manzana superó con 0,04 cm el diámetro del fruto de Vinueza debido a los diferentes proveedores y cultivos.

IV.1.2. Análisis Químicos

En las tablas XVI, XVII Y XVIII se muestran los valores obtenidos de los parámetros químicos: ° Brix, pH, índice de madurez y acidez titulable de la uvilla en las dos variedades de ecotipo manzana y serrana:

Tabla XVI. Sólidos Solubles Totales de los ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L*)

PARÁMETRO: ° BRIX (SST)				
	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	14,20	14,50	14,2 - 14,70	NTC 4580
2	14,30	14,40	14,2 - 14,70	NTC 4580
3	14,30	14,50	14,2 - 14,70	NTC 4580
Promedio	14,27	14,45	-	-
Desv. est	0,06	0,06	-	-
CV (%)	0,4	0,4	-	-

Fuente: Autores

Los datos promedios obtenidos para medir el cociente total de materia seca disuelta en un líquido (° Brix) para el ecotipo serrana fueron de 14,27 °Bx y para el ecotipo manzana fue de 14,45 ° Bx, por lo que no hubo presencia de variación significativa; acorde a lo especificado en la norma NTC 4580 los ° Brix óptimos para el fruto en mención son de 14,2 a 14,7 ° Bx por lo que ambos cumplen con las especificaciones técnicas, además tienen relación con el índice de madurez de los frutos en mención los cuales son de 3 a 4. (25)

Cuesta (56) detalla en su investigación que obtuvo 12,5 ° Bx de sólidos solubles totales (SST) en la uvilla, la cual fue considerablemente baja en comparación a los resultados obtenidos en esta investigación que fueron de 14,27 ° Bx para la variedad serrana y 14,45 ° Bx para la variedad manzana, esto se debe a que el grado de maduración de las muestras de Cuesta estaban dentro del rango de 5 a 6 mientras que las muestras de esta investigación estuvieron dentro del rango de 3 a 4.

Vinueza (55) menciona que la concentración de SST representados en ° Brix

disminuye a medida que la altitud del cultivo aumenta, por ende las uvillas de la presente investigación cultivadas en la provincia de Cañar con una altitud de entre 2385 a 2945 mts obtuvieron mayor °Bx que las uvillas de Cuesta en donde se las cultivaron a un rango de altitud de 2000 a 3000 mts.

Tabla XVII. pH promedio de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: pH				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	2,08	2,10	2,0 (±) 1	NTC 4580
2	2,08	2,09	2,0 (±) 1	NTC 4580
3	2,07	2,11	2,0 (±) 1	NTC 4580
Promedio	2,08	2,10	-	-
Desv. est	0,01	0,01	-	-
CV (%)	0,28	0,48	-	-

Fuente: Autores

Tabla XVIII. Porcentaje promedio de Acidez Titulable de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: ACIDEZ TITULABLE % (ÁC. CÍTRICO)				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	2,11	2,15	< 2,5	NTE INEN 2 485
2	2,10	2,18	< 2,5	NTE INEN 2 485
3	2,13	2,14	< 2,5	NTE INEN2 485
Promedio	2,11	2,16	-	-
Desv. est	0,02	0,02	-	-
CV (%)	0,72	0,97	-	-

Fuente: Autores

Los frutos de uvilla del ecotipo manzana presentaron un valor promedio de pH de 2,10 por lo que cumplen con los criterios de calidad acorde a la normativa vigente NTC 4580 (25); el promedio de acidez titulable fue de 2,16 % (g/100 g de ácido cítrico) lo que

hace que la uvilla ecotipo manzana sea una fruta de características ácidas; por su parte el ecotipo serrano presentó un valor promedio de pH de 2,08 y acidez titulable de 2,11 % lo que también hace que esta variedad de uvilla sea una fruta de características ácidas, a pesar de tener porcentajes más bajos. (52)

González, Sánchez y Paredes (57) en su investigación mencionan que obtuvieron un pH promedio de la uvilla en la primera semana de 4,22 y una acidez promedio de 1,98 %, gradualmente al ir aumentando el tiempo de almacenamiento (cuarta semana) el pH disminuyó considerablemente obteniéndose un pH promedio de 3,95 y una acidez titulable de 1,54 %, que comparándolos con los resultados obtenidos en esta investigación fueron diferentes debido a la madurez del fruto, se considera que la madurez va decreciendo a medida de que avanza el proceso de maduración.

Se destaca que la disminución de pH y la acidez titulable del artículo previamente mencionado, se dio por el proceso de acidificación durante la maduración del fruto y porque los ácidos en el fruto son usados como substrato de respiración ya que al igual que los carbohidratos, son fuente de carbono e hidrógeno. (58)

IV.2. Determinación de las características fisicoquímicas de la pectina

Se realizó una caracterización fisicoquímica de la pectina obtenida de los dos ecotipos manzana y serrana de la uvilla por triplicado. Los parámetros físicos que se determinaron fueron: porcentaje de rendimiento, porcentaje de contenido de humedad, viscosidad aparente y los parámetros químicos fueron: peso equivalente, porcentaje de acidez libre, porcentaje de metoxilos, grado de esterificación y porcentaje de ácido galacturónico.

IV.2.1. Análisis Físicos

En la tabla XIX se indican los alores obtenidos para el % de rendimiento de las diferentes pectinas extraídas de dos ecotipos de la fruta uvilla:

Tabla XIX. Porcentaje de rendimiento de las pectinas extraídas de las dos variedades de la uvilla (*Physalis peruviana L*)

PARÁMETROS: RENDIMIENTO (%)			
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES
1	5.36	3.45	Informativo
2	5,25	3.50	Informativo
3	5,38	3,55	Informativo
Promedio	5,33	3,50	-
Desv. est	0,07	0,05	-
CV (%)	1,32	1,42	-

Fuente: Autores

La extracción de pectina se realizó con HCL 0,2 N a pH 2 a la temperatura de 90 °C y por un tiempo de extracción de 70 minutos, obteniéndose un rendimiento promedio de pectina de 5,33 % para la variante ecotipo serrana y un promedio de 3,50 % para la variante ecotipo manzana, evidenciando que el mayor rendimiento en condiciones ya mencionadas de temperatura, tiempo de extracción y pH fue para la pectina de la uvilla ecotipo serrana, sin embargo ambos ecotipos tuvieron rendimientos muy bajos con el método de hidrólisis ácida por medio de HCl.

Apolo (59) menciona que para obtener buen rendimiento de pectina es recomendable hacer la hidrólisis con ácido láctico y en cocción en donde presentó un 27,65 % de rendimiento de pectina en los residuos de la granadilla en comparación al rendimiento obtenido con ácido clorhídrico que fue de 4,81 % de pectina.

Tabla XX. Porcentaje de contenido de humedad de la pectina de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	5,85	5,78	Máximo 12.0 %	FAO
2	5,88	5,80	Máximo 12.0 %	FAO

3	5,88	5,78	Máximo 12.0 %	FAO
Promedio	5,87	5,78	-	-
Desv. est	0,02	0,01	-	-
CV (%)	0,29	0,20	-	-

Fuente: Autores

Los resultados de la humedad se obtuvieron mediante la pérdida de peso en desecación con relación a la muestra, en donde se evidencia que la pectina extraída de la uvilla ecotipo manzana presentó menor contenido de agua con un 5,78%, valor promedio de las tres replicas, mientras que la pectina de la uvilla serrana tuvo un 5,87%.

Según el estudio de Tovar (60) sobre Valoración integral de cascaras de naranja mediante extracción de pectina y elaboración de carbón activado, las características de la pectina en relación a la humedad dieron como resultado un 10,3% por lo que la pectina extraída de la uvilla en ambos ecotipos presento mejores resultados, que la extraída de la naranja con el mismo método pero a diferentes condiciones de pH de 4.2 y temperatura de 95 °C.

Tabla XXI. Viscosidad Aparente de la pectina obtenida de dos ecotipos de uvilla
(*Physalis peruviana L*)

PARÁMETROS: VISCOSIDAD (PAs)			
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES
1	19,090	18,890	Informativo
2	19,000	18,800	Informativo
3	19,050	18,870	Informativo
Promedio	19,020	18,850	-
Desv. est	0,03	0,05	-
CV (%)	0,15	0,25	-

Fuente: Autores

De acuerdo a los perfiles de viscosidad aparente (VA) para las formulaciones evaluadas realizadas, la VA promedio de las dos variedades de uvilla fueron: para la

ecotipo manzana fue de 19,020 PA s y para la ecotipo serrana fue de 18,850 PA s, observándose menor poder de gelificación en la uvilla ecotipo serrana, el coeficiente de variación para ambos ecotipos fluctuó entre 0.15 y 0.25 por lo que existe poca dispersión de los datos.

En el trabajo de Mendoza, Jiménez y Ramírez (53) la viscosidad aparente obtenida en su estudio de Evaluación de pectinas extraídas enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto del cacao (*Theobroma cacao L*), dio como un promedio máximo de 6.0437 PA s, el mismo método de viscosidad utilizado fue el mismo que en el presente trabajo, por lo que la viscosidad obtenida de la presente investigación supera a la viscosidad de pectinas extraídas de otros frutos, además hace relación con la pectina de comercial donde su VA fue de 14.059 PA s por lo que la pectina de uvilla supera por 4.96 PA s a la pectina comercial de grado alimenticio.

IV.2.2. Análisis Químicos

En la tabla XXII y XXIII se muestran los valores obtenidos de peso equivalente y porcentaje de acidez libre de pectinas de las dos variedades de uvilla ecotipo manzana y ecotipo serrana.

Tabla XXII. Peso equivalente de la pectina extraída de los dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L*)

PARÁMETRO: PESO EQUIVALENTE (%)			
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES
1	86,42	134,025	Informativa
2	86,41	134,026	Informativa
3	86,42	134,025	Informativa
Promedio	86,42	134,025	-
Desv. est	0,01	0,0	-
CV (%)	0,01	0,0	-

Fuente: Autores

Tabla XXIII. Acidez libre de pectina obtenida de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: ACIDEZ LIBRE MEQ. Carboxilos libres/g			
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES
1	2,00	2,32	Informativa
2	2,01	2,33	Informativa
3	2,00	2,32	Informativa
Promedio	2,00	2,32	-
Desv. est	0,01	0,01	-
CV (%)	0,29	0,52	-

Fuente: Autores

Los valores promedios de los pesos equivalentes de la tabla XXII, dieron como resultado para el ecotipo manzana de un 134,025 % y un 86,42 % para el ecotipo serrana; la acidez libre de la uvilla serrana fue de 2,00 % mientras que la uvilla ecotipo manzana obtuvo 2.32 % demostrándose que la pectina obtenida de la uvilla ecotipo manzana obtuvo los mayores resultados, donde Ferreira (34) menciona que la diferencia se debe a que el valor del peso equivalente aumenta a medida que el pH de extracción se hace más ácido mientras que con la acidez libre aumenta a medida que el pH de la extracción se hace menos ácido y que el ácido y el procedimiento de extracción se vuelve menos drásticos.

En los resultados de Higuera (61) se reporta un peso equivalente de 1578,70 en la extracción de pectina, destaca también que el peso equivalente indica la firmeza del gel la cual es proporcionado por el número de residuos de ácido galacturónico en la molécula, es decir a mayor peso equivalente mayor es la fuerza del gel.

Tabla XXIV. Porcentaje de metoxilos que se encuentra en la pectina de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: METOXILOS (%)				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	7,55	7,43	Mínimo 6.7 %	FAO

2	7,79	7,79	Mínimo 6.7 %	FAO
3	7,91	7,67	Mínimo 6.7 %	FAO
Promedio	7,75	7,63	-	-
Desv. est	0,18	0,18	-	-
CV (%)	2,38	2,38	-	-

Fuente: Autores

La valoración a los grupos metoxilos presentes en las pectinas extraídas dieron como resultado un promedio por triplicado de 7,55 % para las pectinas obtenidas del ecotipo serrana, mientras que las pectinas del ecotipo manzana dieron un promedio de 7,36 % por lo que el promedio más alto fue el de su ecotipo serrana, sin embargo, ambas pectinas superan las especificaciones mínimas para pectinas comerciales de la FAO (62), además indicaría que la cadena principal del ácido galacturónico se encuentra esterificada con grupos metanol (63), las cuales se las clasificaría como pectinas de bajos metoxilos, que son aquellas cuyo porcentaje es menor al 50 %, por ende estas pectinas pueden formar geles de mejor consistencia en presencia de Ca⁺ o cationes divalentes en un amplio rango de pH con o sin presencia de azúcar

A pesar de que la pectina de esta investigación se la clasifica como de bajo metoxilo, su porcentaje fue muy alto en comparación a los resultados de Mendoza, Jiménez y Ramírez (53), ellos analizaron 3 tipos de pectina la primera pectina de tipo comercial pero de gelificación rápida, la segunda una pectina comercial de gelificación lenta y la tercera una pectina extraída en condiciones favorables, todas las pectinas estuvieron por debajo del 7 % clasificándolas como pectinas de bajo metoxilo, Mendoza justifica sus resultados por una desesterificación al momento de agregar el HCl durante el proceso de ajuste de pH de la pectina, la cual pudo afectar el porcentaje y disminuir la metoxilación.

Caso contrario, Higuera (61) reportó una pectina alta en metoxilos basándose en los estándares de pectinas comerciales, destacó también la importancia que tiene el porcentaje de metoxilación, este influye de manera directa en la solubilidad y en las condiciones de gelatinización, las pectinas de alto metoxilación pueden formar geles en

sistemas acuosos con elevados contenidos de sólidos solubles y bajos valores de pH.

Nota. Se realizó la corrección con el blanco, cuyo consumo fue 2,7 ml y se restó para cada valor de saponificación, el valor reflejado en estas operaciones es el resultado de dichas correcciones.

Tabla XXV. Porcentaje de Ácido Anhidro galacturónico presente en la pectina en dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L*)

PARÁMETRO: ÁCIDO GALACTURÓNICO (AAG%)				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	Referencia
1	78,29	77,58	Mínimo 65%	FAO
2	80,55	79,75	Mínimo 65%	FAO
3	80,53	78,96	Mínimo 65%	FAO
Promedio	79,79	78,76	-	-
Desv. est	1,29	1,10	-	-
CV (%)	1,62	1,39	-	-

Fuente: Autores

El porcentaje de ácido galacturónico promedio de la pectina extraída para el ecotipo manzana fue de 78,76 % y para el ecotipo serrana fue de 79,79 % siendo esta la de mayor porcentaje, los valores para ambas superan las especificaciones mínimas establecidas en la FAO, Farmacopea Argentina y la USP (64) quienes rondan entre 65-75 %, por lo que es una pectina que cumple con las especificaciones, grado comercial y farmacéutico estos resultados indican que su estructura básica está compuesta por el analito de interés, en el estudio de Ferreira (34) el porcentaje de ácido galacturónico en el fruto de uvilla variedad colombiana, por hidrólisis ácida a pH 3,2 a 80°C por 45 - 75 minutos fue de 37.50 la máxima, lo que demuestra que para mayor porcentaje de ácido galacturónico se debe someter a mayor temperatura y tiempo la muestra (90° C por 90 min) y a un pH mínimo de 2.

Nota. Se realizó la corrección con el blanco, cuyo consumo fue 2,7 ml y se restó para cada valor de saponificación, el valor reflejado en estas operaciones es el resultado de

dichas correcciones.

Tabla XXVI. Porcentaje de Grado de esterificación obtenido de la pectina de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana L.*)

PARÁMETRO: GRADO DE ESTERIFICACIÓN (%)				
Muestra N°	SERRANA	MANZANA	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA
1	60,40	60,00	Máximo 60 %	FAO
2	60,58	61,17	Máximo 60 %	FAO
3	61,54	60,78	Máximo 60 %	FAO
Promedio	60,84	60,65	-	-
Desv. est	0,61	0,59	-	-
CV (%)	1,01	0,98	-	-
Tipo de pectina		Baja en metoxilo, Alta en grado de esterificación.		

Fuente: Autores

Los datos obtenidos se basaron en los resultados reales de la valoración por triplicado de la pectina extraída, en comparación con un estándar y siguiendo el método compendiado por la USP 40 que se encuentra en el ANEXO H, los valores reflejados tienden a un promedio de 60,84% de grado de esterificación para la pectina obtenida de la uvilla ecotipo serrana y un 60,65% para la del ecotipo manzana, con un coeficiente de variación entre (0,98-1,00), por lo que la dispersión de los resultados es poca, estos valores indicaron que ambas pectinas son altas en grupos esterificados, por lo que cumplen con las especificaciones de normativa de la FAO donde se estipula que el mínimo requerido es de 60%; se destaca que la pectina del ecotipo manzana tuvo menor porcentaje de grado de esterificación debido a que la metodología empleada para la valoración del contenido no es específica para el ecotipo, pudiendo haber quedado grupos carboxilo esterificados con otros grupos como etoxilo o formando amida.

Los valores reflejados se asemejan a los obtenidos en el estudio de Ferreira (34) sobre el aislamiento, caracterización y producción de pectinas a partir de frutas tropicales, en donde el análisis de grado de esterificación de la pectina extraída por hidrólisis ácida en la uvilla osciló entre 62 y 72.33%, dichos análisis se realizaron a partir de la pectina

extraída por hidrólisis ácida cuyas condiciones de temperatura y tiempo varían un poco con las del presente trabajo, sin embargo en ambas la presencia de grupos esterificados es moderadamente elevada, esto puede influir sobre sus propiedades dado que a mayor grado de esterificación mayor será la temperatura de gelificación, Sánchez, Aguilar y Arciga (65) indican que las pectinas mayores al 65 % se consideran de pectinas de acción rápida, por lo que se puede definir que la pectina obtenida fue de acción moderada-lenta.

Nota. Se realizó la corrección con el blanco, cuyo consumo fue 2,7 ml y se restó para cada valor de saponificación, el valor reflejado en estas operaciones es el resultado de dichas correcciones.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se pudo extraer por hidrólisis ácida las pectinas, mediante la hidrolización de las sustancias pécticas (protopectinas) que se encuentran en la pulpa de uvilla de sus dos ecotipos, a través de la acidificación del medio a pH de 2 con temperatura constante de 90 °C, un tiempo de hidrólisis de 70 minutos y la purificación de las pectinas por precipitación alcohólica al 96 %, obteniendo rendimientos relativamente bajos para ambos ecotipos, con un 3 % de pectina para el ecotipo serrana y 5 % de pectina para ecotipo manzana, siendo este último el de mayor rendimiento.

Se pudo determinar las características fisicoquímicas del contenido de pectinas mediante los análisis realizados de forma experimental acorde a lo establecido en la FAO los cuales son porcentaje de contenido de humedad, viscosidad aparente, peso equivalente, acidez libre, porcentaje de esterificación, metoxilos y ácido anhidrogalacturónico, siendo estas características óptimas para su uso como aditivo alimentario y de productos de bajas calorías debido a que no necesitan de azúcares para gelificar sin embargo se necesita de Ca⁺ o iones divalentes para potenciar sus características .

Se pudo evidenciar en las pectinas obtenidas de ambos ecotipos de uvilla superan las especificaciones de los parámetros de calidad evaluados para pectinas comerciales, alimentarias y farmacéuticas registradas en las normativas internacionales FAO, WHO USP CODEX Alimentarius, siendo estas pectinas de alto grado de esterificación, bajo grado de metoxilación y de óptimo porcentaje de ácido galacturónico.

Se concluye que a pH de baja acidez, con una mayor temperatura y tiempo en la hidrólisis se obtiene pectinas de elevada calidad pero de bajo rendimiento como se puede evidenciar en los datos obtenidos del presente trabajo.

RECOMENDACIONES

Por lo evidenciado en el presente trabajo bibliográfico experimental, las pectinas de las uvillas de variedad ecuatoriana ecotipo manzana y serrana superan las especificaciones mínimas de las normativas internacionales, sin embargo el porcentaje de rendimiento es bajo, esto se debe a que las condiciones de la hidrólisis ácida influyen en la obtención de pectina de calidad, por lo que se recomienda aplicar diferentes metodologías para asegurar características similares de las pectinas obtenidas pero con mejor rendimiento, por lo que se sugiere métodos como extracción por ácido sulfúrico, microondas o hidrólisis a diferentes pH, rango de tiempo y temperatura.

Se recomienda la investigación de grupos amidas que pueden estar presentes en la esterificación del grupo carboxilo del ácido galacturónico, dichos análisis pueden observarse en la metodología compendiada por la FAO, presente en los anexos de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castro Cabrera J, Naspud Villafuerte M. Actividad Biológica de las pectinas obtenidas de semillas de achotillo (*Nepelium lappaceum*) y uvilla (*Physalis peruviana* L.), Riobamba, 2019 - 2020. Universidad Nacional del Chimborazo - Facultad de Ciencias de la Salud - Carrera de Medicina. 2020.
2. Linneo C. *Species Plantarum*. 2nd ed.; 1797.
3. Álvarez Herrera J, Fischer G, Vélez J. Análisis de la producción de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el ciclo de cosechas en invernadero con diferentes láminas de riego. *Revista Academia Colombia*. 2021 Enero;: p. 109.
4. López Merchan A, Naranjo Goya K. Estudio de la factibilidad para la exportación de la uvilla deshidratada hacia el mercado de Estados Unidos. Universidad Católica de Santiago de Gauayquil. 2017.
5. Arrieta Cajahuaman G. Efecto hipotensor coadyuvane del consumo de *Physalis peruviana* L. Aguaymanto en pacientes hipertensos tratados con Antihipertensivos en el centro de salud Carmen de la Legua de Callao. Universidad César Vallejo. 2018.
6. Ortega Pompeyo A, Moreno Dueñas S, Torres Díaz M. Exportación uchuvas (fruta exótica colombiana) Colombia - Canadá. Tesis de Grado. 2019.
7. Pérez Panduro S. Viabilidad de exportación de mermelada de aguaymanto orgánico *physalis peruviana* L. a New York, Estados Unidos. Universidad Ricardo Palma - Facultad de Ciencias Económicas y empresariales. 2019.
8. CODEX ALIMENTARIUS. Norma General para los aditivos alimentarios. [Online].; 2019 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf.
9. ANALDEX. ¡Uchuva / Goldenberry nuestra Embajadora de frutas Colombianas para el mundo! [Online].; 2020 [cited 2021 Agosto 22. Available from: <https://www.analdex.org/2020/06/30/uchuva-goldenberry-nuestra-embajadora-de-frutas-colombianas-para-el-mundo/>.
- 10 El Heraldo. Uvilla Fruto Incaico. [Online].; 2021 [cited 2021 Agosto 22. Available from: <https://www.elheraldo.com.ec/uvilla-fruto-incaico/>.
- 11 CORPEI. Perfil de Uvilla. Centro de Información e Inteligencia Comercial. 2009 Noviembre.
- 12 La Hora. Impulsan producción de cuy y uvilla en Quisapincha. [Online].; 2020 [cited 2021 Agosto 22. Available from:

- <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102335443/impulsan-produccion-de-cuy-y-uvilla-en-quisapincha>.
- 13 MAGAP. Primer envío de uvilla ecuatoriana con destino a Estados Unidos. [Online].; 2019 [cited 2021 Junio 12. Available from: <https://www.agrocalidad.gob.ec/primer-envio-de-uvilla/#>.
 - 14 Román Mora MN. Efecto clarificante de las enzimas pectinasas extraídas de la guayaba (*Psidium gajava* L.) en el jugo de tamarindo. Trabajo de titulación. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias; 2020 Septiembre.
 - 15 Reyes Beltrán M, Guanilo Reyes C, Ibañez Cárdenas M, García Coallo C, Idrogo Alfaro J, Huamán Saavedra J. Efecto del consumo de *Physalis peruviana* L. (aguaymanto) sobre el perfil lipídico de pacientes con hipercolesterolemia. *Scielo*. 2015; 32: p. 196.
 - 16 Fawzy Ramadan M. Fisicoquímicos bioactivos, valor nutricional y propiedades funcionales de la capa Grosella (*Physalis peruviana*): Una descripción general. Elsevier. 2010; p. 1831.
 - 17 Rodrigues F, Santos E, Rodrigues J, Lara R, Pasqual M. Caracterización física, química y fisicoquímica de *Physalis peruviana* cultivada en invernadero. *Ciencia Rural*. 2014; 44: p. 1413.
 - 18 rootbfruitsecu21. Be Fruits. [Online].; 2020 [cited 2021 Junio 5. Available from: <http://bfruitsecuador.com/2020/05/uvilla/>.
 - 19 Escobar Hernández S. Elaboración de licor artesanal de uvilla (*Physalis peruviana*). [Online].; 2019 [cited 2021 Junio 12. Available from: <https://itsep.edu.ec/wp-content/uploads/2021/01/tesisGabrielaEscobar.pdf>.
 - 20 USDA. Plants: *Physalis peruviana* L. [Online]. [cited 2021 Junio 5. Available from: <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=PHPE4>.
 - 21 Morocho Quintuña C. Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada en la ciudad de Azogues, provincia del Cañar. [Online].; 2017 [cited 2021 Junio 12. Available from: [http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/474/1/Trabajo de Investigacion Morocho Quintuña Carlos Eduardo.pdf](http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/474/1/Trabajo%20de%20Investigacion%20Morocho%20Quintu%C3%91a%20Carlos%20Eduardo.pdf).
 - 22 Torres E. Estudio de la uvilla: propuestas innovadoras para las preparaciones gastronómicas. [Online].; 2019 [cited 2021 Junio 12. Available from: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3863/1/T-UIDE-2226.pdf>.
 - 23 FUNIBER. Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos. [Online].; 2020 [cited 2021 Junio 5. Available from:

- <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/UVILLA-5>.
- 24 Chancosi Congalo D. Evaluación del efecto de la temperatura del almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas de la uvilla *Physalis peruviana* L con cáliz. [Online].; 2017 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6521/1/03_EIA_439_TRABAJO_DE_GRADO.pdf.
- 25 NTC 4580. Frutas Frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma. Bogotá: Norma Técnica Colombiana, ICONTEC; 1999.
- 26 Obregón AJ, Contreras López E, Arias Arroyo GC, Bracamote Romero M. Características Físicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutos Nativas. *Revista de investigaciones Altoandinas*. 2021 Enero-Marzo; 23(1): p. 17-25.
- 27 Serrat Díaz CM, De la Fé Isaac D, Montero Cabrales C. Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. *Revista Cubana de Química*. 2018 Mayo; 30(3): p. 522 - 538.
- 28 Cobeñas Silva V, Guerrero Cruz JB. Caracterización de la Pectina obtenida a partir de la cáscara de Cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante variación del ácido y temperatura. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial. 2018.
- 29 Martínez Castillo JI. Evaluación de pectinas cítricas de toronja (*Citrus paradisi* var. Star Ruby) y mandarina (*Citrus reticulata* blanco var. Tangerina) como agentes encapsulantes de extractos acuosos de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Tesis para obtener el grado académico de: Maestro en Ciencias en Innovación Biotecnológica. 2018 Diciembre.
- 30 Piccinni FE. Caracterización de enzimas activas sobre carbohidratos de un aislamiento de *Cellulomonas* sp. para degradación de biomasa lignocelulósica. Tesis Doctoral. México: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales; 2019 Octubre.
- 31 Bravo Matías AM, Condo Franco El. Comparación de la pectina obtenida a partir del aprovechamiento de las cáscaras de banano y cacao por el método de hidrólisis ácida. Trabajo de titulación presentado como requisito previo para optar el grado de Químico Farmacéutico. 2015.
- 32 Sosa Ingredients, SL. Sosa Ingredients. [Online].; 2020 [cited 2021 Mayo 15. Available from: https://www.sosa.cat/wp/wp-content/uploads/Pectines_CAST.pdf.
- 33 Saavedra Martinez A. Uso Integral del maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) en la extracción de pectina y formulación de mermeladas. Tesis de Grado para la obtención del título de Ingeniero Químico. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería

- Química; 2015.
- 34 Ferreira Ardilla S. Pectinas: Aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial. 1st ed. Kratzer M A, editor. Bogotá: Proceditor Ltda; 2007.
- 35 i Gilabert JP. Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón España: Universitat de Lleida - Servei de Publicacions; 2001.
- 36 Muñoz Labrador A. Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas. Master en Química Agrícola y Nuevos Alimentos. 2016 Septiembre.
- 37 Estrada Villares NO. Extracción y caracterización de pectina a partir de la pulpa de *Artocarpus heterophyllus* lam. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad Ciencias de la Ingeniería; 2018.
- 38 Valencia Arias DH. Extracción y caracterización de pectina de cáscara de plátano cultivado en Colombia y de la especie *Musa paradisiaca* para su aplicación en la preparación de nanopartículas. Trabajo de grado como requisito parcial para optar el título de Químico. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería; 2019.
- 39 DANDM. Pectinas (E440): daño y beneficio. [Online].; 2019 [cited 2021 Mayo 25. Available from: <https://dandm.ru/es/wall/pektiny-e440-pektin-vred-i-polza-primenenie-i-svoistva/>.
- 40 Grande Coreas CL, Romero Hernandez JC. Estudio del comportamiento reológico de mezclas de pectina cítrica y extractos acuosos de maní. Trabajo de Graduación. El Salvador: Universidad del El Salvador, Facultad de Química y Farmacia; 2020.
- 41 Corea Vega GE, Morales García PD. Análisis del proceso de obtención de bioetanol a partir del bagazo de la caña de azúcar, por hidrólisis ácida diluida, fermentación separada. Managua.; 2019.
- 42 Sánchez Banda F. Hidrólisis enzimática, etapa indispensable para producir bioetanol. [Online].; 2018 [cited 2021 Junio 12. Available from: <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/biotecnologia/20950-hidrolisis-enzimatica-indispensable-bioetanol>.
- 43 Rengifo Alava YJ, Macías Moreíra JC. Informe de Trabajo de Titulación previa la obtención del título magíster en Agroindustrias de cuarto nivel: Evaluación de dos métodos de extracción de pectina de la cáscara de cacao. [Online].; 2019 [cited 2021 Junio 12. Available

- from: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1056/1/TTMAI6.pdf>.
- 44 Otálora Orrego D, Martín DA. Técnicas emergentes de extracción de β -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador Técnico*. 2020 Octubre; 85(1): p. 110-115.
- 45 Cánovas de la Nuez J. INFLUENCIA DEL PROCESADO Y LA DIGESTIÓN IN VITRO EN LAS PROPIEDADES BIOACTIVAS DE LOS EXTRACTOS DE HOJA DE OLIVO Valencia; 2017.
- 46 Urango Anaya KJ, Ortega Quintana FA, Vélez Hernández G, Pérez Sierra ÓA. Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando Microondas. *Información Tecnológica*. 2017 Agosto; 29(1): p. 129-136.
- 47 Vicerectorat de Convergencia Europea iQualitat de la UV. Fundamentos de las valoraciones. [Online].; 2020 [cited 2021 Agosto 17. Available from: <https://www.uv.es/gammm/Subsitio%20Operaciones/5%20Volumetrias.htm>.
- 48 Corzo A. Técnicas de Análisis en Química Orgánica Cromatografía. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales; 2019. Report No.: 978-987-1676-86-6.
- 49 Suarez Ospina D, Morales Hernández Y. Principios Básicos de la cromatografía líquida de alto rendimiento para la separación y análisis de mezclas. *Revista Semilleros: Formación Investigativa*. 2018 Enero; 4(1).
- 50 Aparicio Canela EG. Técnicas Colorimétricas. *Visión Criminológica - Criminalística*. 2017 Agosto 31.
- 51 Arroyo Becerra MA. Efecto del tratamiento térmico en las propiedades reológicas de salsas de ajíes nativos del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Industrias Alimentarias. 2017.
- 52 NTE INEN 2 485. Frutas Secas. Uvilla. Requisitos. [Online].; 2009 [cited 2021 Junio 20. Available from: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2485.pdf>.
- 53 Mendoza Vargas L, Jiménez Forero J, Ramírez Niño M. Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 2017 Junio 131-138; 20(1).
- 54 Owens HS. Methods used at Western Regional Research Laboratory for extraction and analysis of pectic materials. Bureau of Agricultural and Industrial Chemistry, Agricultural Research Administration, U.S. Dept. of Agriculture. 2013.
- 55 Vinuesa López CN. Estudio del efecto de las condiciones de secado del capuchón en el comportamiento poscosecha de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) durante el almacenamiento

- refrigerado. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria; 2015.
- 56 Cuesta Ulcuango DA. Desarrollo de un refresco de Uvilla (*Physalis peruviana* L.). Trabajo previo a la obtención del Título de INgeniero de Alimentos. Quito: Univercidad UTE, Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; 2018.
- 57 González Cabrera V, Sánchez Herrera E, Paredes Peralta AV. Determinación de la capacidad conservante del aceite esencial de canela sobre uvilla como tratamiento poscosecha. *Conciencia Digital*. 2020 Mayo; 3(2.1).
- 58 García Pesantez DA. Cambios Físicoquímicos durante el proceso de maduración de la Uvilla orgánica. Trbajo previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ingeniería en la carrera de Ingeniería de Alimentos; 2015.
- 59 Apolo Cisneros MC. Estudio comparativo del rendimiento de la obtención de pectina a partir de los residuos de especies del género *Passiflora* mediante hidrólisis con diferentes ácidos. Tesis para la obtención del título Química de Alimentos. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas; 2019.
- 60 Tovar Arce AK. Valoración Integral de cáscaras de naranja mediante extracción de pectina y elaboración de carbón activado. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología en la Especialidad de Ingeniería Ambiental. Santiago de Querétaro: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica; 2017.
- 61 Higuera Mora MC. Aprovechamiento de la cáscara de Gulupa como fuente de pectina para la industria alimentaria. Bogotá: Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería de Alimentos; 2017.
- 62 FAO. Pectins. [Online].; 2001 [cited 2021 Agosto 28. Available from: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa_additives/docs/Monograph1/Additive-306.pdf.
- 63 Posada Quintero ER. Evaluación de la incidencia del método de extracción en las propiedades físicoquímicas y reológicas de pectina obtenida de la cáscara de curuba (*passiflora millisima*). Trabajo de Grado. Bogotá: Universidad de La Salle, Ingeniería de Alimentos; 2019.
- 64 FARMACOPEA. Pectina. [Online].; 2009 [cited 2021 Agosto 28. Available from: http://www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/flip_pages/Farmacopea_Vol_II/files/assets/basic-html/page722.html.

65 Sánchez Solano P, Aguilar Ruiz O, Arciga Rojas H. Pegamento a base de mucilago de nopal.
· Tesis de Grado. Coacalco: Universidad del Valle de México, Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud; 2017. Report No.: CIN2017A10277.

GLOSARIO

Base seca: Material o producto libre de contenido de agua.

Biopolímeros: Son macromoléculas sintetizadas por los seres vivos, es decir sustancias de alto peso molecular y gran tamaño que al estar en contacto con el tejido humano puede ocasionar reacciones peligrosas para el organismo.

Energía de Microondas: Son radiaciones electromagnéticas que pertenecen a la categoría de radiaciones no ionizantes, cuando entran en contacto con los alimentos las moléculas de agua del alimento comienzan a rotar produciendo un aumento de temperatura.

Espesantes: Sustancias que aumenta la viscosidad de un alimento o solución sin modificar otra de sus propiedades.

Esterificación: Es la reacción que sufre un ácido carboxílico con el alcohol para formar éster y agua

Grados SAG: Son los números de kg de azúcar en una solución acuosa que se necesitan para formar una buena jalea con 1 kg de pectina.

Gelificantes: Sustancias que aumenta la textura a un alimento mediante la formación de geles.

Heteropolisacárido: Polímero formado por la unión de varios monómeros de azúcares.

Índice de madurez: Valor relativo al grado de madurez del fruto

Protopectina: Sustancia pécticas insoluble en agua, precursora de la pectina.

Polivalentes: Sustancia que dispone de varias valencias

Sonificación: Proceso que permite la disolución de compuestos mediante la aplicación de energía sónica o ultrasonidos.

Sustancias pécticas: Complejos polisacáridos ácidos localizados en la matriz de la pared celular de las plantas.

ANEXOS

ANEXO A. Reporte de resultados de los parámetros para pectina en pulpa de uvilla ecotipo serrana



**CERTIFICADO DE ANALISIS
MATERIA PRIMA**

Numero: **1,181**
Código: **RCC-09-06-21118**

page- 1

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO
Dirección: 41 Y LA J, BATALLON DEL SUBURBIO
Contacto: YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO

Telefono: 0993473003

DATOS DE MUESTRA

Tipo de Muestra: SOLIDO
Numero de Muestra: 1
Presentación: CAJA
Colecta de Muestra: CLIENTE

Cantidad: 100 G
Lote: 20210602
Fecha de Recepción: 02/06/2021
Fecha de Entrega: 08/06/2021

CONDICIONES DE ANALISIS

Temperatura (°C): 21
Fecha Inicio Analisis: 02/06/2021
Producto: UVILLA NORMAL
Fecha Elaboración: N/A

Humedad (%): 50
Fecha Final Analisis: 08/06/2021
Fecha Caducidad: N/A

Característica	Especificaciones	Resultados	Metodo/Referencia
HUMEDAD	De 0 a 0 %	89.105	AOAC 934.06
VISCOSIDAD	De 0 a 0 MPA S	18895	MET. VRIESMANN
RENDIMIENTO DE PECTINA	De 0 a 0 %	5.361	MET. SEGGIANI
PESO EQUIVALENTE	De 0 a 0 %	86.425	MET. OWENS
ACIDEZ LIBRE	De 0 a 0 %	2.00	AOAC 942.15A

Declaración:	<p>*Sin la aprobación del laboratorio no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que puede proporcionar seguridad de que partes de un informe no se sacan de contexto.</p> <p>*Los resultados emitidos son validos unicamente para la muestra ingresada del item de ensa</p>	
DICTAMEN: APROBADO	Observación: N/A	
8/junio/2021 Fecha de Analisis	<p>M.Sc. Q.F. DIANA SANCHEZ</p> <p>CROMANOVA S.A. DIRECCIÓN TÉCNICA</p>	<p>ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD</p> <p>CROMANOVA S.A. ANALISTA</p>

CROMANOVA: Dirección: Comuna San Pedro Mz 0067 02/EC/CHONGON - GUAYAQUIL
CORREO ELECTRONICO: diana_joushine83@hotmail.com
CONTACTO TELEFONICO: 0996268103

print- 09/06/2021

ANEXO B. Reporte de resultados de los parámetros para pectina en pulpa de uvilla ecotipo manzana



**CERTIFICADO DE ANALISIS
MATERIA PRIMA**

Numero: **1,180**
Código: **RCC-09-06-21118**

page- 1

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: **YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO**
Dirección: **41 Y LA J, BATALLON DEL SUBURBIO**
Contacto: **YAMILET JOSELYN ESPINOZA PRIETO**

Telefono: **0993473003**

DATOS DE MUESTRA

Tipo de Muestra: **SOLIDO**
Numero de Muestra: **1**
Presentación: **CAJA**
Colecta de Muestra: **CLIENTE**

Cantidad: **100 G**
Lote: **20210602**
Fecha de Recepción: **02/06/2021**
Fecha de Entrega: **08/06/2021**

CONDICIONES DE ANALISIS

Temperatura (°C): **21**
Fecha Inicio Analisis: **02/06/2021**
Producto: **UVILLA ECOTIPO MANZANA**
Fecha Elaboración: **N/A**

Humedad (%): **50**
Fecha Final Analisis: **08/06/2021**
Fecha Caducidad: **N/A**

Característica	Especificaciones	Resultados	Metodo/Referencia
HUMEDAD	De 0 a 0 %	91.094	AOAC 934.06
VISCOSIDAD	De 0 a 0 MPA S	19094	MET. VRIESMANN
RENDIMIENTO DE PECTINA	De 0 a 0 %	3.457	MET. SEGGIANI
PESO EQUIVALENTE	De 0 a 0 %	134.025	MET. OWENS
ACIDEZ LIBRE	De 0 a 0 %	2.32	AOAC 942.15A

Declaración:	*Sin la aprobación del laboratorio no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que puede proporcionar seguridad de que partes de un informe no se sacan de contexto. *Los resultados emitidos son validos unicamente para la muestra ingresada del item de ensa	
DICTAMEN: APROBADO	Observación: N/A <i>Diana Sanchez</i>	ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD
8/junio/2021 Fecha de Analisis	M.Sc Q.F DIANA SANCHEZ CROMANOVA S.A. DIRECCIÓN TÉCNICA	CROMANOVA S.A. ANALISTA <i>ASB</i>

CROMANOVA: Dirección: Comuna San Pedro Mz 0067 02/EC/CHONGON - GUAYAQUIL
CORREO ELECTRONICO: diana_jousthine83@hotmail.com
CONTACTO TELEFONICO: 0996268103

print- 09/06/2021

ANEXO C. Proceso de recolección de la fruta Uvilla (*Physalis peruviana* L.)



Figura 8. Uvilla ecotipo serrana (*Physalis peruviana* L.).



Figura 9. Recolección de los dos ecotipos de la fruta Uvilla (*Physalis peruviana* L.).



Figura 10. Uvilla ecotipo manzana (*Physalis peruviana* L.).

ANEXO D. Eliminación del capuchón, lavado, secado y almacenamiento del fruto
Uvilla (*Physalis peruviana* L.)



Figura 11. Eliminación del capuchón

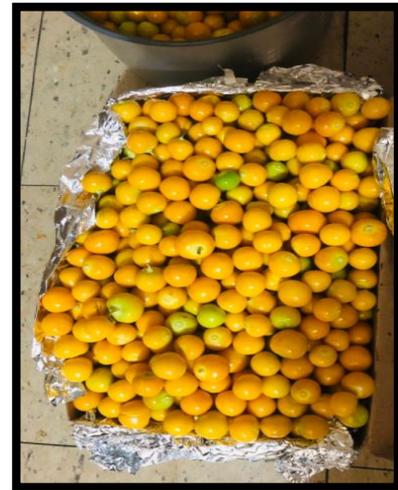


Figura 12. Lavado de la fruta



Figura 13. Secado de la fruta



Figura 14. Almacenamiento de la fruta en funda Ziploc

ANEXO E Procedimiento de extracción y cuantificación de pectina en Uvilla



Figura 15. Muestra de pectina extraída por Hidrólisis Ácida.



Figura 16. Pectina para posteriores análisis.

ANEXO F. Proceso de Valoración de parámetros de calidad de la Pectina de los dos ecotipos de Uvilla (*Physalis peruviana L.*)



Figura 17. Muestra y Patrón de referencia de pectina con mezcla HCl y alcohol 60% (5:100)



Figura 18. Agitación de pectina de ambos ecotipos

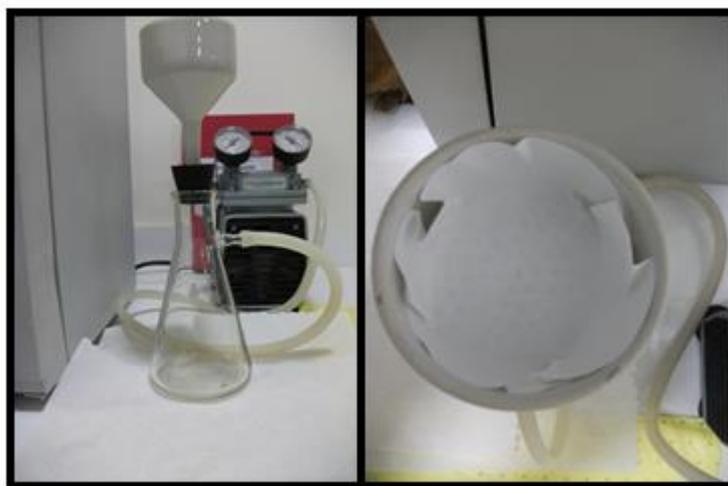


Figura 19. Armado de bomba al vacío y Buchner



Figura 20. Lavado y Filtrado con mezcla HCl y alcohol 60% (5:100)

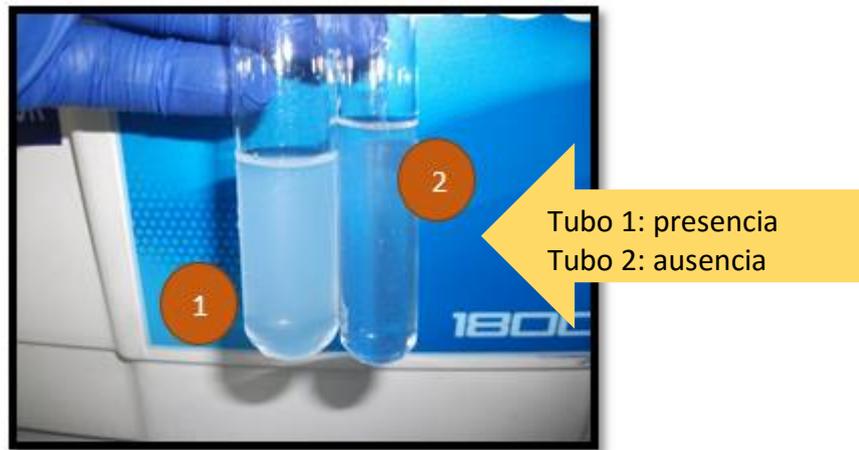


Figura 21. Prueba de cloruros



Figura 22. Transvaso y secado de patrón y muestras filtradas



Figura 23. Pesaje, agitación y colocación de fenolftaleína en mezcla de pectina con alcohol y agua



Figura 24. Titulación de pectina con NaOH 0,1 N



Se le añadió HCl 0,5N para desaparecer el color rosa de la mezcla



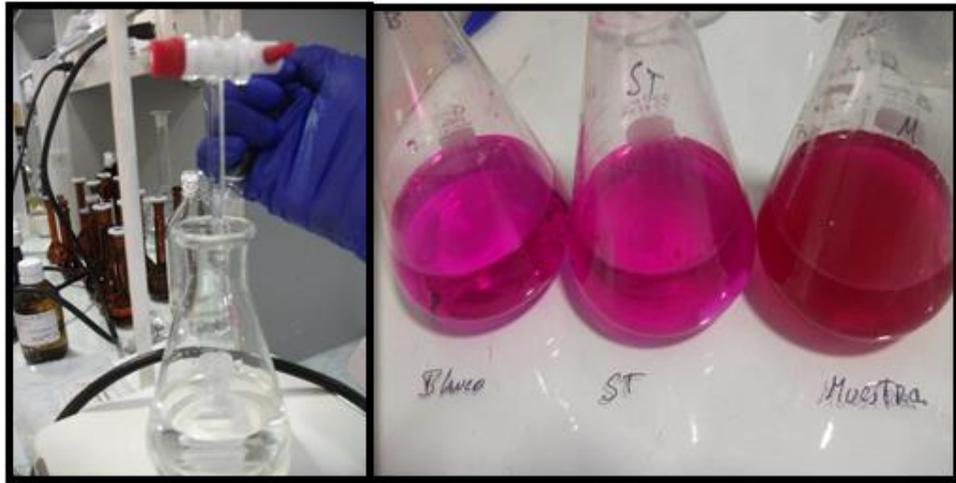


Figura 25. Titulación con NaOH 0,1 N en la mezcla transparente de pectina

ANEXO G. Cálculos para los parámetros de calidad de la pectina obtenida de ambos ecotipos

Valoración del porcentaje de grado de esterificación

Blanco (Consumo): 2,7 ml

Ecotipo Serrana

Muestra 1

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(6,1)}{(4+6,1)} \times 100 = 60,40 \%$

Muestra 2

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(6,3)}{(4,1+6,3)} \times 100 = 60,58 \%$

Muestra 3

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(6,4)}{(4+6,4)} \times 100 = 61,54 \%$

Ecotipo Manzana

Muestra 1

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(6)}{(4+6)} \times 100 = 60,00 \%$

Muestra 2

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(6,3)}{(4+6,3)} \times 100 = 61,17 \%$

Muestra 3

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(6,2)}{(4+6,2)} \times 100 = 60,78 \%$

Estándar

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(8,2)}{(4,2+8,2)} \times 100 = 66,13 \%$

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(8)}{(4,3+8)} \times 100 = 65,04 \%$

- $\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{V_s}{(V_1+V_s)} \times 100 = \frac{(8,3)}{(4,3+8,3)} \times 100 = 65,87 \%$

Valoración del porcentaje de ácido anhidro galacturónico

Blanco (Consumo): 2,7 ml

Ecotipo Serrana

Muestra 1

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4 + 6,1)}{250,4} x 100 = 78,29\%$$

Muestra 2

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4,1 + 6,3)}{250,62} x 100 = 80,55\%$$

Muestra 3

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4 + 6,4)}{250,67} x 100 = 80,53\%$$

Ecotipo Manzana

Muestra 1

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4 + 6)}{250,2} x 100 = 77,58\%$$

Muestra 2

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4 + 6,3)}{250,7} x 100 = 79,75\%$$

Muestra 3

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4 + 6,2)}{250,75} x 100 = 78,96\%$$

Estándar

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4,3 + 8,0)}{250,38} x 100 = 95,35\%$$

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4,2 + 8,2)}{250,23} x 100 = 96,19\%$$

$$\text{AAG\%} = \frac{19,41 * (V1 + Vs)}{W} x 100 = \frac{19,41 * (4,3 + 8,3)}{250,30} x 100 = 97,71\%$$

Valoración del porcentaje de Metoxilos

Blanco (Consumo): 2,7 ml

Ecotipo Serrana

Muestra 1

- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,1}{250,4}\right) \times 100 = 7,55 \%$

Muestra 2

- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,3}{250,62}\right) \times 100 = 7,79 \%$

Muestra 3

- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,3}{250,62}\right) \times 100 = 7,91 \%$

Ecotipo Manzana

Muestra 1

- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,0}{250,62}\right) \times 100 = 7,43 \%$

Muestra 2

- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,3}{250,7}\right) \times 100 = 7,79 \%$

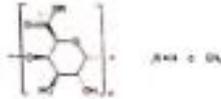
Muestra 3

- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,2}{250,75}\right) \times 100 = 7,67 \%$

Estándar

- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,1}{250,38}\right) \times 100 = 9,90 \%$
- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,1}{250,23}\right) \times 100 = 10,16 \%$
- $\% \text{ porcentaje de metoxilo} = 3,10 \times \left(\frac{V_S}{W}\right) \times 100 = 3,10 \times \left(\frac{6,1}{250,3}\right) \times 100 = 10,28 \%$

Pectina



Pectin;
Pectina [9000-69-5].

DEFINICIÓN

La Pectina es un polímero hidrocarbonado purificado constituido principalmente por una cadena lineal de unidades de ácido D-galacturónico parcialmente metoxilado unidas por enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$. Se obtiene a partir del extracto ácido diluido de la cáscara de los frutos cítricos o de la pulpa de la manzana. No se emplean durante la producción disolventes orgánicos diferentes de metanol, etanol e isopropanol. La Pectina produce no menos de 74,0% de ácido galacturónico ($C_6H_{10}O_7$), calculado con respecto a la sustancia seca.

[NOTA—La pectina comercial para la producción de productos alimenticios gelatinosos se estandariza por conveniencia a "grado 150 de gelatinización" mediante la adición de dextrosa u otros azúcares y algunas veces contiene citrato de sodio u otras sales amortiguadoras. Esta monografía se refiere a la pectina sin el agregado de tales sustancias.]

IDENTIFICACIÓN

• PROCEDIMIENTO

Solución madre de la muestra: Transferir una cantidad de Pectina, equivalente a 0,05 g con respecto a la sustancia seca, a un recipiente adecuado y humedecer con 250 μ L de 2-propanol. Agregar 50 mL de agua al recipiente y mezclar la solución usando un agitador magnético. Ajustar el pH de la solución a 12 con hidróxido de sodio 0,5 N, detener el agitador y dejar la solución en reposo sin mover a temperatura ambiente durante 15 minutos. Ajustar el pH a 7,0 con ácido clorhídrico 0,5 N y diluir con agua hasta 100 mL.

Solución amortiguadora de tris: Transferir 6,055 g de tris(hidroximetil)aminometano y 0,147 g de cloruro de calcio ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) a un matraz volumétrico de 1000 mL que contenga 950 mL de agua. Ajustar el pH a 7,0 con ácido clorhídrico 1 N y diluir con agua a volumen.

Solución de enzima: Mezclar pectato lisa¹ con solución amortiguadora de tris para obtener una solución (1 en 100).

Blanco de muestra: Mezclar 0,5 mL de solución amortiguadora de tris, 1,0 mL de solución madre de la muestra y 1,0 mL de agua en una cubeta de cuarzo.

Blanco de enzima: Mezclar 0,5 mL de solución amortiguadora de tris, 1,5 mL de agua y 0,5 mL de solución de enzima en una cubeta de cuarzo.

Solución muestra: Mezclar 0,5 mL de solución amortiguadora de tris, 1,0 mL de solución madre de la muestra, 0,5 mL de agua y 0,5 mL de solución de enzima en una cubeta de cuarzo.

Análisis

Muestras: Blanco de muestra, Blanco de enzima y Solución muestra

Realizar la prueba con las Muestras usando un espectrofotómetro ultravioleta/visible adecuado (ver Espectroscopía Ultravioleta-Visible (857)) y usando agua como blanco. Medir la absorbancia a 235 nm inmediatamente después de mezclar las soluciones bien y registrar el valor al tiempo 0 para el Blanco de enzima, $A_{0,10}$

para el Blanco de muestra, $A_{0,10}$ y para la Solución muestra, $A_{0,15}$. Después de la incubación a temperatura ambiente durante 10 minutos, determinar la absorbancia nuevamente a 235 nm para el Blanco de enzima, $A_{10,10}$ para el Blanco de muestra, $A_{10,10}$ y para la Solución muestra, $A_{10,15}$. Calcular la absorbancia corregida A_0 al tiempo 0 y la absorbancia corregida A_{10} a los 10 minutos:

$$A_0 = A_{0,10} - (A_{0,10} + A_{0,15})$$

$$A_{10} = A_{10,15} - (A_{10,10} + A_{10,15})$$

Calcular la cantidad de producto no saturado producido:

$$\text{Resultado} = (A_{10} - A_0)/(E_{235} \times L)$$

E_{235} = coeficiente de extinción molar del producto de reacción ($4600 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

L = longitud de paso de la cubeta de reacción, 1 cm

Criterios de aceptación: La cantidad de producto no saturado es no menos de $0,5 \times 10^{-4} \text{ M}$.

VALORACIÓN

• GRADO DE ESTERIFICACIÓN

Muestra: 5,0 g

Análisis: Transferir la Muestra a un vaso de precipitados adecuado y mezclar durante 10 minutos con una mezcla de 5 mL de ácido clorhídrico y 100 mL de alcohol al 60%. Transferir a un filtro de vidrio sinterizado (típicamente de 30 a 60 mL o tipo Büchner, de poro grueso) y lavar con seis porciones de 15 mL de una mezcla de ácido clorhídrico-alcohol al 60%, seguida de alcohol al 60% hasta que el filtrado esté exento de cloruros. Finalmente, lavar con 20 mL de alcohol, secar durante 1 hora a 105° , enfriar y pesar. Transferir exactamente un décimo del peso neto total de la Muestra seca (que representa 500 mg de la Muestra original sin lavar) a un matraz Erlenmeyer de 250 mL y humedecer con 2 mL de alcohol. Agregar 100 mL de agua exenta de dióxido de carbono, tapar y agitar por rotación suave ocasionalmente hasta que la Pectina se haya disuelto por completo. Agregar 5 gotas de fenoltaleína SR y valorar con hidróxido de sodio 0,1 N SV. Realizar una determinación con un blanco y hacer las correcciones necesarias. Registrar los resultados como título inicial, V_1 (mL).

Agregar 20,0 mL de hidróxido de sodio 0,5 N SV, tapar, agitar vigorosamente y dejar en reposo durante 15 minutos. Agregar 20,0 mL de ácido clorhídrico 0,5 N SV y agitar hasta que el color rosado desaparezca. Agregar fenoltaleína SR y valorar con hidróxido de sodio 0,1 N SV hasta un color rosado pálido que persista después de agitar vigorosamente. Realizar una determinación con un blanco y hacer las correcciones necesarias. Registrar este valor como el título de saponificación, V_2 (mL). Calcular el grado de esterificación:

$$\text{Resultado} = [V_2/(V_1 + V_2)] \times 100$$

V_1 = título de saponificación (mL)

V_2 = título inicial (mL)

Criterios de aceptación: El valor del Grado de Esterificación está dentro del intervalo indicado en la etiqueta.

• **ÁCIDO GALACTURÓNICO:** Cada mL de hidróxido de sodio 0,1 N usado en la valoración total (el título inicial más el título de saponificación) en la Valoración de Grado de Esterificación equivale a 19,41 mg de $C_6H_{10}O_7$. Calcular el porcentaje de ácido galacturónico en la porción de Pectina tomada:

$$\text{Resultado} = 19,41 \times [(V_1 + V_2)/W] \times 100$$

V_1 = título inicial (mL)

V_2 = título de saponificación (mL)

¹ Se puede obtener una enzima para adecuada de Megazyme International Ireland Ltd., Bray Business Park, Bray, Co. Wicklow, Ireland (www.megazyme.com).

W = peso de la Pectina original sin lavar, calculado con respecto a la sustancia seca, tomado para preparar la solución para la valoración (mg)

- Criterios de aceptación: No menos de 74,0%
 • **Grupos Metoxilo:** Cada mL de hidróxido de sodio 0,1 N usado en el título de saponificación en la Valoración de Grado de Esterificación equivale a 3,10 mg de $-OCH_3$. Calcular el porcentaje de grupos metoxilo en la porción de Pectina tomada:

$$\text{Resultado} = 3,10 \times (V_5/W) \times 100$$

V_5 = título de saponificación (mL)

W = peso de la Pectina original sin lavar, calculado con respecto a la sustancia seca, tomado para preparar la solución para la valoración (mg)

Criterios de aceptación: El porcentaje de grupos metoxilo está dentro del intervalo indicado en la etiqueta.

IMPUREZAS

- **ARSÉNICO, Método II (211):** No más de 3 ppm

• **Plomo**

Solución madre del estándar: 1000 µg/mL de plomo. [NOTA—Usar una solución certificada disponible comercialmente.]

Solución estándar: 2 µg/mL de plomo, que se prepara inmediatamente antes de usar, pipeteando y transfiriendo 0,10 mL de *Solución madre del estándar* a un matraz volumétrico de 50 mL que contenga 30 mL de agua, 4 mL de ácido clorhídrico al 20% y 4 mL de EDTA 0,1 M. Diluir con agua a volumen y mezclar.

Solución de referencia: 0,4 µg/mL de plomo, que se prepara pipeteando y transfiriendo 5,0 mL de la *Solución estándar* a un matraz volumétrico de 25 mL que contenga 10 mL de agua, 2 mL de ácido clorhídrico al 20% y 2 mL de EDTA 0,1 M. Diluir con agua a volumen y mezclar.

Solución muestra: Transferir 2,0 g de Pectina a un vaso de precipitados limpio de vidrio de 100 mL, agregar 25 mL de ácido nítrico al 70%, cubrir con un vidrio de reloj, y calentar a un calor bajo a moderado sobre una placa de calentamiento en una campana de extracción durante 2 horas. Retirar el vidrio de reloj y continuar calentando hasta que la muestra esté seca y sin humos visibles. Agregar 0,5 mL de ácido nítrico al 70% y calentar hasta sequedad. Entrar a temperatura ambiente y agregar 2 mL de ácido clorhídrico al 20% y 2 mL de EDTA 0,1 M. Transferir cuantitativamente la solución a un matraz volumétrico de 25 mL, diluir con agua a volumen y mezclar.

Solución blanco: Agregar 30 mL de agua, 4 mL de ácido clorhídrico al 20% y 4 mL de EDTA 0,1 M a un matraz volumétrico de 50 mL. Diluir con agua a volumen y mezclar.

Análisis: Se determina el plomo usando un espectrómetro de emisión atómica por plasma inductivamente acoplado (ICP-AES, por sus siglas en inglés) (ver *Espectroquímica de Plasma (730)*) midiendo la emisión a 220,35 nm con los ajustes optimizados según las instrucciones del fabricante. Se debe verificar el desempeño del instrumento para cumplir con las especificaciones del fabricante con respecto a la resolución y la sensibilidad. Antes de analizar las muestras, el instrumento debe pasar una prueba de verificación del desempeño adecuada. Calibrar el instrumento con la *Solución blanco* y la *Solución estándar*. Luego analizar la *Solución de referencia* y la *Solución muestra*.

Criterios de aceptación: La concentración de la *Solución muestra* es no mayor que la de la *Solución de referencia*, correspondiente a no más de 5 ppm de plomo.

- **DIÓXIDO DE AZUFRE, Método V (525)**

Muestra: 100 g

Análisis: Suspender la Muestra en 500 mL de metanol, luego transferir esta mezcla al matraz (C). Preparar una mezcla de 20 mL de ácido clorhídrico y 10 mL de agua y transferirla al embudo de separación (B). Agregar 10 mL de solución de peróxido de hidrógeno al vaso (C). Someter a reflujo durante 2 horas antes de retirar el vaso (G).

Criterios de aceptación: No más de 50 ppm

- **AZÚCARES Y ÁCIDOS ORGÁNICOS**

Muestra: 1 g

Análisis: Colocar la Muestra en un matraz de 500 mL, humedecer con 3-5 mL de alcohol, verter rápidamente en 100 mL de agua, agitar, y dejar en reposo hasta disolver completamente. Agregar a esta solución 100 mL de alcohol que contenga 0,5 mL de ácido clorhídrico, mezclar y filtrar rápidamente. Medir 25 mL del filtrado en una cápsula tarada, evaporar el líquido en un baño de vapor y secar el residuo en una estufa al vacío a 50° durante 2 horas.

Criterios de aceptación: El peso del residuo no excede de 20 mg, correspondiente a no más de 16% de azúcares y ácidos orgánicos.

- **METANOL (ALCOHOL METÍLICO), ETANOL (ALCOHOL) E ISOPROPANOL (2-PROPANOL)**

[NOTA—Los alcoholes residuales son volátiles. Deben almacenarse en un lugar fresco y seco. Al preparar la *Solución madre del estándar*, la *Solución estándar* y la *Solución madre de estándar interno* para los alcoholes residuales, mezclar meticulosamente y mantener las soluciones a 20° al diluirlas con agua a volumen.]

Solución madre de estándar interno: 5000 µg/mL de ER 2-Butanol USP. [NOTA—Esta solución se puede almacenar a 5°-8° durante 3 meses.]

Solución madre del estándar: Usar ER Alcohol Metílico USP, ER 2-Propanol USP y alcohol para preparar una solución con concentraciones conocidas de 5000 µg/mL de alcohol metílico, de 2-propanol y de alcohol.

Solución estándar: Agregar 2,5 mL de *Solución madre del estándar* y 2,5 mL de *Solución madre de estándar interno* a un matraz volumétrico de 250 mL. Diluir con agua a volumen y mezclar. Esta solución contiene 50 µg/mL de alcohol metílico, de 2-propanol y de alcohol. [NOTA—Esta solución se puede almacenar a 5°-8° durante 3 meses.] Transferir 1,0 g de esta solución a un vial para muestreo de fase gaseosa de 10 mL.

Solución muestra: Transferir 1,0 g de Pectina y 5 g de sacarosa a un matraz Erlenmeyer de 100 mL con tapón que contenga 90 mL de agua, agregar 1,0 mL de *Solución madre de estándar interno* y diluir con agua hasta 100 mL. Mezclar la solución usando un agitador magnético. Continuar mezclando hasta que toda la Pectina se haya disuelto por completo; por lo general tarda aproximadamente 1-2 horas. Esta solución contiene 50 µg/mL de ER 2-Butanol USP. Transferir 1,0 g de esta solución a un vial para muestreo de fase gaseosa de 10 mL.

Sistema cromatográfico

(Ver *Cromatografía (621)*, *Aptitud del Sistema*.)

Modo: Cromatografía de Gases con muestreador de fase gaseosa superior (headspace GC)

Detector: Ionización a la llama

Columna: Capilar; de 0,32 mm × 30 m; capa de fase G43 de 1,8 µm. [NOTA—Se puede usar una columna capilar alternativa de 0,32 mm × 25 m ligada con una capa de fase S3 de 5 µm, siempre y cuando se cumpla con los requisitos de aptitud del sistema.]