



Caracterización físico-química en la optimización de la producción de pectina a partir de residuos de naranja (CITRUS SINENSIS) mediante hidrólisis ácida: un enfoque eficiente para su potencial aplicación como agente estabilizante, emulsificante y gelificante en la industria alimentaria

Physical-chemical characterization in the optimization of pectin production from orange waste (CITRUS SINENSIS) through acid hydrolysis: an efficient approach for its potential application as a stabilizing, emulsifying and gelling agent in the food industry

Caracterização físico-química na otimização da produção de pectina a partir de resíduos de laranja (CITRUS SINENSIS) por meio de hidrólise ácida: uma abordagem eficiente para sua potencial aplicação como agente estabilizante, emulsificante e gelificante na indústria alimentícia

Violeta Maricela Dalgo-Flores ^I
violeta.dalgo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4004-5938>

Jorge Daniel Cayambe-Criollo ^{II}
cayambejorge1997@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-1265-5042>

Valeria Isabel Rodríguez-Vinueza ^{III}
valeria.rodriguez@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5515-3539>

Katherine Gissel Tixi-Gallegos ^{IV}
katherine.tixi@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7545-9671>

John Marcos Quispillo-Moyota ^V
john.quispillo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7257-9694>

Correspondencia: violeta.dalgo@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de noviembre de 2023 * **Aceptado:** 13 de diciembre de 2023 * **Publicado:** 22 de enero de 2024

- I. Grupo de Investigación de Ambiente y Desarrollo (GIADE), Facultad de Ciencias, Carrera de Bioquímica y Farmacia, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Laboratorio Clínico El Ángel, Ecuador.
- III. Grupo de Investigación de Tecnología y Atención Farmacéutica de Ecuador (GITAFEC), Facultad de Ciencias, Carrera de Bioquímica y Farmacia, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Química, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- V. Grupo de Investigación de Tecnología y Atención Farmacéutica de Ecuador (GITAFEC), Facultad de Ciencias, Carrera de Bioquímica y Farmacia, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

La presente investigación tuvo por objetivo obtener pectina a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en el área alimenticia. Se realizó un estudio experimental de tipo cuantitativo - experimental, considerando como muestra los residuos de naranja que se generan en los restaurantes de la ciudadela La Cerámica, ubicado al norte de la ciudad de Riobamba. Para el análisis se realizó el tratamiento de los residuos de naranja, seguido de la extracción de pectina por hidrólisis ácida y se evaluó su aplicación mediante la elaboración de mermelada, helado y mayonesa. Como resultado se observó que el mejor tratamiento de extracción de pectina fue a pH 1,5, por 60 minutos y a una temperatura de 70°C, obteniendo un porcentaje de rendimiento de 5,59%. En el análisis físico-químico se obtuvo una humedad de 10,91%, acidez libre de 0,21, peso equivalente de 4190,22 mg/mEq, porcentaje de metoxilo de 7,10, grado de esterificación del 62% y porcentaje de ácido anhidro galacturónico de 68%. Se elaboraron tres productos con la pectina obtenida; como mermelada, helado y mayonesa comprobando las propiedades químico-físicas que la pectina de alto metoxilo presenta, por lo cual, los productos cumplieron con las normas de calidad a nivel organoléptico y físico químico. Se concluyó que la pectina se ajustó a los parámetros de calidad de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y se demostró su utilidad en el área alimenticia al ser una pectina de alto metoxilo que le confiere las propiedades emulsificante, estabilizante y gelificante. Se recomienda potenciar el uso de la pectina obtenida de residuos de naranja, al ser un producto de calidad y a la vez contribuir al medio ambiente con el uso de residuos orgánicos.

Palabras clave: Bioquímica y farmacia; Pectina; Naranja (*Citrus Sinensis*); Hidrólisis ácida; Análisis físico químico; Industria alimentaria.

Abstract

The objective of this research was to obtain pectin from orange residues (*Citrus sinensis*) by the acid hydrolysis method and its application in the food area. A quantitative-experimental experimental study was carried out, considering as a sample the orange waste generated in the restaurants of the La Cerámica citadel, located north of the city of Riobamba. For the analysis, the treatment of orange waste was carried out, followed by the extraction of pectin by acid hydrolysis and its application was evaluated by making jam, ice cream and mayonnaise. As a result, it was

observed that the best pectin extraction treatment was at pH 1.5, for 60 minutes and at a temperature of 70°C, obtaining a yield percentage of 5.59%. In the physical-chemical analysis, a humidity of 10.91%, free acidity of 0.21, equivalent weight of 4190.22 mg/mEq, methoxyl percentage of 7.10, degree of esterification of 62% and percentage of 68% anhydrous galacturonic acid. Three products were made with the pectin obtained; such as jam, ice cream and mayonnaise, checking the chemical-physical properties that high methoxyl pectin presents, therefore, the products met the quality standards at an organoleptic and physical-chemical level. It was concluded that the pectin adjusted to the quality parameters of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and its usefulness was demonstrated in the food area as it is a high methoxyl pectin that gives it emulsifying properties, stabilizer and gelling agent. It is recommended to promote the use of pectin obtained from orange waste, as it is a quality product and at the same time contributes to the environment with the use of organic waste.

Keywords: Biochemistry and pharmacy; Pectin; Orange (Citrus Sinensis); Acid hydrolysis; Physical chemical analysis; Food industry.

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi obter pectina a partir de resíduos de laranja (Citrus sinensis) pelo método de hidrólise ácida e sua aplicação na área alimentícia. Foi realizado um estudo experimental quantitativo-experimental, considerando como amostra os resíduos de laranja gerados nos restaurantes da cidadela La Cerámica, localizada ao norte da cidade de Riobamba. Para a análise foi realizado o tratamento do resíduo de laranja, seguido da extração da pectina por hidrólise ácida e avaliada sua aplicação na confecção de geléias, sorvetes e maionese. Como resultado, observou-se que o melhor tratamento de extração de pectina foi em pH 1,5, por 60 minutos e temperatura de 70°C, obtendo-se um percentual de rendimento de 5,59%. Na análise físico-química, umidade de 10,91%, acidez livre de 0,21, peso equivalente de 4190,22 mg/mEq, percentual de metoxila de 7,10, grau de esterificação de 62% e percentual de 68% de ácido galacturônico anidro. Foram elaborados três produtos com a pectina obtida; como geléias, sorvetes e maioneses, verificando as propriedades físico-químicas que a pectina com alto teor de metoxila apresenta, portanto, os produtos atenderam aos padrões de qualidade a nível organoléptico e físico-químico. Concluiu-se que a pectina ajustou-se aos parâmetros de qualidade da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e foi demonstrada a sua utilidade na área alimentar por ser uma

pectina com alto teor de metoxil que lhe confere propriedades emulsionantes, estabilizantes e gelificantes. agente. Recomenda-se promover o uso da pectina obtida a partir de resíduos de laranja, pois é um produto de qualidade e ao mesmo tempo contribui com o meio ambiente com o aproveitamento de resíduos orgânicos.

Palavras-chave: Bioquímica e farmácia; Pectina; Laranja (Citrus Sinensis); Hidrólise ácida; Análise físico-química; Indústria de alimentos.

Introducción

La naranja es una de las frutas con mayor producción en el país, se considera que es un cultivo común en las zonas de clima tropical. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el cultivo de este cítrico se concentra principalmente en las provincias de Bolívar y El Oro, abarcando alrededor de 6.529 hectáreas de terreno y generando alrededor de 22,607 toneladas métricas de naranja comercializadas a nivel nacional e internacional (INEC 2017, p. 10).

En las fábricas de zumo de frutas, de cada tonelada de naranja, se transforma en zumo el 50% y el otro 50% es parte del subproducto o residuo. Actualmente a nivel mundial se produce 38.2 millones de toneladas de cítricos y de acuerdo a un estudio sobre “Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos”, se estimó la cantidad de residuos de naranja generados anualmente, dando un total de 5.131.660 toneladas que podrían ser aprovechadas por la industria (Riera 2019, p.235).

El uso de la naranja (Citrus sinensis) en la industria alimenticia es diverso y muy cotizada por el consumidor está presente en forma de jugos, zumos, compotas, mermeladas, y otros. Esto se debe a la fuerte expansión agrícola en climas cálidos y tropicales, además es transportada a todos los centros de abastos del país, donde la accesibilidad para el ciudadano es muy fácil debido a que está presente en todas las zonas costeras del país, puesto que es una fruta presente en la dieta de los ecuatorianos por su alto valor nutricional y sus propiedades para el organismo, también se convierte en valiosa fuente de materias primas para la producción y obtención de la pectina, debido a que encuentra de manera natural en los todos los vegetales y frutos. En nuestro país existen muchas variedades de naranjas para conseguir subproductos distintos del jugo, tales como: aceites esenciales, fertilizantes, concentrados y pectina.

La finalidad fue aprovechar los residuos de naranja que son generados a nivel de los establecimientos o restaurantes de ventas de comidas, para desarrollar un procedimiento óptimo a nivel de laboratorio para la obtención de pectina mediante hidrólisis ácida en el que las variables pH, tiempo y temperatura de extracción influyeron en el rendimiento.

A partir de la pectina obtenida se planteó su uso en el área de alimentos por su poder gelificante y de absorción, siendo usada principalmente para modificar o crear textura en jaleas, compotas, salsas y mayonesa. En la industria láctea es usada para la elaboración de yogurt con bajo contenido en grasa, yogurt con frutas y en la industria de bebidas se utiliza para elaborar refrescos dietéticos con bajo contenido en carbohidratos, debido a su propiedad de incrementar la viscosidad y como estabilizante (Silva et al. 2015, p. 180).

Metodología

El presente trabajo tuvo un diseño cuantitativo con enfoque experimental, utilizando residuos de cáscara de naranja de la especie *Citrus sinensis* clase Valencia, recolectadas mediante muestreo selectivo correspondiente a un tamaño experimental de 10 kilogramos.

Se realizó un diseño experimental al azar (DCA) con 3 repeticiones, que permitió comparar 3 tratamientos, obteniendo un experimento tipo: 2A*2B*2C*3D. Condiciones: pH de extracción (1,5 y 3), temperatura de extracción (70oC y 90oC), tiempo de extracción (45 minutos y 60 minutos).

El rendimiento de la pectina se evaluó y verifico estadísticamente utilizando el análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, y la prueba de FISHER para la comparación de medias, se trabajó con una probabilidad de error del 5% ($p < 0.05$) tipo 1, utilizando el software estadístico MINITAB versión 18.

Proceso de extracción de la pectina

El Pre-tratamiento consistió inicialmente con la recolección de muestras, lavado con agua destilada, secado del material del cual se extraerá la pectina hasta aproximadamente un 10% de humedad, y la inactivación enzimática de los residuos de naranja (Patiño 2021).

La extracción se realizó mediante hidrólisis ácida de naranjas en ácido cítrico en diferentes condiciones de pH, temperatura y tiempo, con el fin de medir la variación del porcentaje de rendimiento de la pectina en cada proceso. (Ramírez 2019).

Tabla 1: Condiciones de operación del proceso de hidrólisis ácida

Materia prima	Tratamiento	pH	Tiempo	Temperatura
Residuos de naranja	T1	1,5	45 min	60°C
	T2	1,5	45 min	70°C
	T3	1,5	60 min	60°C
	T4	1,5	60 min	70°C
	T5	3	45 min	60°C
	T6	3	45 min	70°C
	T7	3	60 min	60°C
	T8	3	60 min	70°C

A continuación, se realizó el proceso de filtrado para poder reducir los azúcares a 0o Brix, homogenización en donde se realiza la clarificación de la solución obtenida después de la hidrolisis acida. En la precipitación se agregó etanol a una concentración de 96% y se realizó una agitación constante por un tiempo de 5 minutos y luego se dejó en reposo 4 horas. El filtrado 2 se realizó utilizando un filtro de liencillo. La pectina fue secada en la estufa a 90oC por 24 horas, hasta obtener un peso constante. Finalmente se realizó la molienda de la pectina para poder reducir su tamaño con la ayuda de un mortero hasta que se obtuvo un polvo fino. (Patiño 2021).

Caracterización físico-química de la pectina

Posterior a la determinación del porcentaje de pectina se evaluó sus propiedades fisicoquímicas mediante parámetros de porcentaje de humedad, peso equivalente y acidez libre, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación, contenido del ácido anhidro galacturónico

Aplicación de la pectina en alimentos

La pectina obtenida se utilizó para la elaboración de mermelada actuando como agente gelificante, elaboración de helado como agente estabilizante y elaboración de mayonesa como agente emulsificante.

Resultados y discusión

Extracción de pectina por hidrólisis ácida y evaluación del rendimiento químico

Para determinar las condiciones ideales de extracción de la pectina por hidrólisis ácida se manipuló las variables de la solución extraente mediante el cambio de la concentración del ácido de cítrico, el tiempo y la temperatura. La obtención se realizó en tres etapas, pretratamiento de la materia prima, extracción de pectina por hidrólisis ácida y la homogenización. Además, se realizó la caracterización de la pectina para su aplicación en el área alimenticia mediante la elaboración de productos como mermelada, helado y mayonesa, así como el control de calidad de cada producto

Porcentaje de Rendimiento de la pectina

Se realizó la evaluación del porcentaje de rendimiento de la pectina obtenida por hidrólisis ácida a partir de residuos de naranja, de los ocho tratamientos planteados en el estudio, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2: Rendimiento de la pectina a partir de los ocho tratamientos.

Tratamiento	pH	Tiempo	Temperatura	Repeticiones	Gramos de pectina (g)	Rendimiento químico (%)	Promedio del rendimiento químico (%)
T1	1,5	45 min	60°C	1	1,203	2,406	2,609
				2	1,400	2,800	
				3	1,311	2,622	
T2	1,5	45 min	70°C	1	1,128	2,256	2,300
				2	1,121	2,242	
				3	1,201	2,402	
T3	1,5	60 min	60°C	1	1,510	3,020	3,102
				2	1,542	3,084	
				3	1,601	3,202	
T4	1,5	60 min	70°C	1	2,725	5,450	5,595
				2	2,812	5,624	
				3	2,856	5,712	

T5	3	45 min	60°C	1	0,372	0,744	0,805
				2	0,412	0,824	
				3	0,423	0,846	
T6	3	45 min	70°C	1	0,239	0,478	0,483
				2	0,250	0,500	
				3	0,236	0,472	
T7	3	60 min	60°C	1	0,235	0,470	0,465
				2	0,251	0,502	
				3	0,211	0,422	
T8	3	60 min	70°C	1	0,368	0,736	0,74
				2	0,375	0,750	
				3	0,367	0,734	

Se observó el mayor rendimiento químico en el tratamiento T4 con 5,595% de pectina; considerando las siguientes condiciones de trabajo: pH bajo de 1,5; temperatura elevada de 70 oC y por un tiempo de 60 min, por lo cual, se eligió este tratamiento para realizar la caracterización físico-química de la pectina obtenida a escala de laboratorio.

Análisis estadístico de la influencia de pH, tiempo y temperatura en la extracción

Para evaluar la influencia de los factores como pH, tiempo y temperatura, primero se realizó el análisis descriptivo de las variables, obteniendo los resultados que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3: Análisis estadístico descriptivo de las variables en la extracción de pectina

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH	8	1,50	3,00	2,2500	0,80178
Tiempo	8	45,00	60,00	52,5000	8,01784
Temperatura	8	60,00	70,00	65,0000	5,34522
N válido (según lista)	8				

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Para el desarrollo de la extracción de pectina en medio ácido se trabajó con un pH de extracción que varió de 1,5 a 3, el tiempo de extracción fue de 45 minutos hasta 60 minutos y la temperatura de 60°C y 70°C.

Influencia del pH de extracción

Para comprobar la hipótesis planteada sobre la influencia del pH en el rendimiento de extracción, se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher con un 95% de confianza, obteniendo los siguientes resultados.

El rendimiento de la pectina se evaluó y verifico estadísticamente utilizando el análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, y la prueba de FISHER para la comparación de medias, se trabajó con una probabilidad de error del 5% ($p < 0.05$) tipo 1, utilizando el software estadístico MINITAB versión 18.

Tabla 4: Análisis estadístico descriptivo de la influencia del pH

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,50	4	3,4915	1,67521	0,83761	0,8259	6,1571	2,30	5,96
3,00	4	0,6233	0,17452	0,08726	0,3455	0,9010	0,47	0,81
Total	8	2,0574	1,88847	0,66767	0,4786	3,6362	0,47	5,96

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

En la tabla se observa que al trabajar con un pH de 1,5 se obtiene un rendimiento mayor (3,491%), mientras que a pH 3 se obtuvo un porcentaje de rendimiento de 0,623%.

Tabla 5: Análisis ANOVA-FISHER del pH

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	16,454	1	16,454	11,600	0,014
Intra-grupos	8,510	6	1,418		
Total	24,964	7			

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al tener un valor de $p = 0,014$ menos a $0,050$ se acepta la hipótesis alternativa, es decir, el pH sí influye en el porcentaje de rendimiento química de la pectina.

Influencia del tiempo de extracción

Para comprobar si el tiempo de extracción influye en el porcentaje de rendimiento de la pectina, se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher con un 95% de confianza, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 6: Análisis estadístico descriptivo de la influencia del tiempo de extracción

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
45,00	4	1,7453	1,30511	,65256	-,3315	3,8220	,47	3,10
60,00	4	2,3695	2,52156	1,26078	-1,6429	6,3819	,48	5,96
Total	8	2,0574	1,88847	,66767	,4786	3,6362	,47	5,96

En la tabla se observa que al trabajar con un tiempo de extracción de 60 minutos hay un mayor rendimiento con el 2,369%, mientras que, al realizar la extracción en 45 minutos, se tiene un rendimiento de 1,745%.

Tabla 7: Análisis ANOVA-FISHER del tiempo de extracción

	Suma de cuadrados	de Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,779	1	0,779	0,193	0,676
Intra-grupos	24,185	6	4,031		
Total	24,964	7			

Al tener un valor de $p= 0,676$ mayor a $0,050$ se acepta la hipótesis nula, es decir, el tiempo de extracción no influye significativamente en el porcentaje de rendimiento químico de la pectina obtenida por hidrólisis ácida

Influencia de la temperatura de extracción

Para comprobar la hipótesis planteada sobre la influencia de la temperatura de extracción en el rendimiento, se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher con un 95% de confianza, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 8: Análisis estadístico descriptivo de la influencia de la temperatura de extracción

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					L.I	L.-S		
60,00	4	1,7453	1,30511	,65256	-,3315	3,8220	0,47	3,10
70,00	4	2,3695	2,52156	1,26078	-1,6429	6,3819	0,48	5,96
Total	8	2,0574	1,88847	,66767	0,4786	3,6362	0,47	5,96

En la tabla se observa que al trabajar con una temperatura de extracción de 70oC hay un mayor rendimiento con el 2,369%, mientras que, al realizar la extracción a 60oC se tuvo un rendimiento de 1,745%.

Tabla 9: Análisis ANOVA-FISHER del tiempo de extracción

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,779	1	0,779	0,193	0,676
Intra-grupos	24,185	6	4,031		
Total	24,964	7			

Al tener un valor de $p=0,676$ mayor a $0,050$ se acepta la hipótesis nula, es decir, la temperatura de extracción no influye en el porcentaje de rendimiento químico de la pectina obtenida.

Propiedades físico químicas de la pectina extraída

Para la determinación de la calidad de la pectina se realizó la caracterización de algunos parámetros como: humedad, acidez libre, peso equivalente, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación y contenido de ácido anhidro galacturónico. Además, cada parámetro se comparó con los requerimientos de la FAO. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 10: Análisis físico químico de la pectina obtenida

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL SEGÚN LA FAO	VALOR OBTENIDO (T4)
Humedad	Máximo 12 %	10,91 %
Acidez libre	-	0,21%
Peso equivalente	-	4190,22 mg/mEq
Porcentaje de metoxilo	Mínimo 6,70%	7,10 %
Grado de esterificación	Mínimo 60%	62,00 %
Ácido anhidro galacturónico	Mínimo 65%	68,00 %

Al evaluar las características físico químicas de la pectina obtenida por hidrólisis ácida a partir de residuos orgánicos de naranja, se obtuvo una humedad de 10,91%, lo cual, está dentro de la normativa de la FAO debido a que el límite máximo es del 12%. El porcentaje de humedad es un parámetro de calidad ya que permite evidenciar la cantidad de agua ligada y libre, además, a mayor porcentaje de humedad existirá mayor riesgo de contaminación bacteriana y pérdida de calidad de la pectina (Ramírez, 2019).

Respecto a la acidez y peso equivalente en la pectina obtenida por residuos de naranja, se obtuvo 0,21% y 4190,22 mg/mEq respectivamente. La acidez libre es la cantidad de ácidos fuertes que se

encuentran presentes en la muestra, mientras que, el peso equivalente es el número de carboxílicos libres que reaccionan con una base (Patiño, 2021).

En cuanto al porcentaje de metoxilo se obtuvo un valor de 7,10%, el grado de esterificación de 62% y el ácido anhidro galacturónico de 68%, encontrándose dentro de los límites de calidad según la normativa de la FAO. Es importante mencionar que, el porcentaje de metoxilo se relaciona con la capacidad de gelificación de la pectina, por lo cual, debe existir un valor elevado de metoxilo para que la pectina pueda gelificar con facilidad, si tiene un valor entre 7-12% se consideran pectinas de alto metoxilo, por lo cual, se puede categorizar a la pectina obtenida a partir de residuos de naranja como una pectina de alto metoxilo y buena capacidad gelificante (Zegada, 2018, p. 67). El grado de esterificación depende del origen de la pectina y del método que se use para la extracción, considerando que las pectinas que presenten más del 50% son de alto metoxilo y si la esterificación va de 60-68% son de gelificación lenta, tomando más de 5 minutos hasta gelificar. En este caso al haber obtenido 62% del grado de esterificación se clasifica a la pectina como pectina de gelificación lenta (Patiño 2021).

Respecto al ácido anhidro galacturónico al obtener 68% es un indicativo de pureza, ya que los límites por debajo de 65% representan contaminación o presencia de impurezas como xilanos, galactanos, hemicelulosa y otras sustancias susceptibles a precipitar en alcohol (Rodriguez y Roman 2017, p. 91).

Aplicación de la pectina obtenida de residuos de naranja

La pectina obtenida por el método de hidrólisis ácida fue aplicada en el área de alimentos, mediante la elaboración de mermelada, helado y mayonesa, con el fin de determinar el poder gelificante, estabilizante y emulgente respectivamente. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Elaboración de mermelada con pectina como agente gelificante

Se elaboró mermelada de fresa y se caracterizó el producto para determinar si cumplía con los estándares de calidad según la NTE INEN 419 sobre “Conservas vegetales-mermelada de frutas”. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Tabla 11: Análisis físico químico de la mermelada de fresa

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL NTE INEN 419		MERMELADA CON PECTINA	MERMELADA SIN PECTINA	MÉTODO DE ENSAYO
	Mínimo	Máximo	Valor obtenido	Valor obtenido	Normativa
Sólidos solubles	65,00%	-	68,00 %	67,00 %	INEN 380
Cenizas	-	-	0,27%	0,25%	INEN 401
pH	2,80	3,50	3,20	3,48	INEN 389
Viscosidad			13668 centipoints a 20 rpm	8146,9 centipoints A 20 rpm	INEN 273

Al realizar los análisis físico químicos de la mermelada de fresa elaborada con pectina como agente gelificante, se obtuvo dentro de los sólidos solubles un valor de 67% a la mermelada sin pectina y 68% a la mermelada con pectina. Es importante considerar que según la NTE INEN 419, los sólidos solubles deben encontrarse entre el 65-70%, por lo cual, se cumple con la normativa (NTE INEN-419 1988, p. 4).

En cuanto a las cenizas no hay un valor de referencia, además, se obtuvo un valor bajo de 0,276% en mermelada con pectina y 0,251% en mermelada sin pectina, lo cual es un indicativo de la baja cantidad de residuos inorgánicos tras la incineración de la muestra de pectina (Aguiar, 2018, p. 65). Respecto al pH, es importante que las mermeladas tengan un valor de 3,25 a 3,75, además, es importante considerar que la máxima estabilidad de encuentra a pH 4, caso contrario la mermelada cambia de consistencia y se alteran sus características. Sin embargo, según la normativa el límite máximo es un pH de 3,5, por lo cual, la mermelada de fresa cumple con los estándares de calidad (Coronado, 2017, p. 17).

Un estudio sobre el diseño de un proceso industrial para la elaboración de mermelada a partir de zapallo, determinó que la cantidad de azúcar del 65% permite obtener un punto de gelificación adecuado, además, la pectina aporta las características de gelificación y estabilidad a la mermelada. Es importante considerar que la concentración adecuada de azúcar y un adecuado pH garantizan que el producto cumpla con las características sensoriales (Cuadrado, 2019, p. 9).

En el caso de la viscosidad se obtuvo 13668 cp. en la mermelada con pectina, observando una buena viscosidad en el producto, ya que según la NTE INEN 2825 de jaleas y mermeladas, todos los productos deben tener un aspecto semilíquido, espeso y con buen grado de viscosidad. Además, es importante considerar que la textura y viscosidad de las mermeladas va en dependencia de la calidad de la fruta, grado de maduración, relación de la pulpa y el azúcar y la cantidad del agente gelificante (NTE INEN, 1998, p. 4).

Elaboración de helado con pectina como agente estabilizante

Se elaboró helado y se caracterizó el producto para determinar si cumplía con los estándares de calidad según la NTE INEN 706:2013 sobre “Helados: requisitos”. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Tabla 12: Análisis sensorial del helado

PARÁMETRO SENSORIAL	HELADO CON PECTINA CARACTERÍSTICAS	HELADO SIN PECTINA CARACTERÍSTICAS
Apariencia	Agradable	Agradable
Textura	Duro	Blando
Sabor	Dulce	Dulce
Aroma	Fresa	Fresa

Al evaluar las características sensoriales del helado, se determinó que tanto la formulación con/sin pectina obtuvieron una apariencia agradable y homogénea, con sabor dulce y aroma a fresa, mientras que se evidenció diferencia en cuanto a la textura del producto, ya que el helado con pectina se mantuvo firme y consistente, demostrando que la pectina es un buen agente estabilizante. Un estudio sobre los agentes estabilizantes más usados en la elaboración de helado por la Universidad del Valle en Colombia, determinó que, es importante contar con un estabilizante que mejore la estructura del alimento y permita una distribución fina y uniforme de las partículas, como por ejemplo carbohidratos, principalmente hemicelulosa que incluye la goma guar y la pectina, aportando a las propiedades físicas del alimento y mejorando los parámetros de calidad del helado (Jaimes et al., 2017, p. 67).

Tabla 13: Análisis físico químico del helado

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL NTE INEN 706:2013	HELADO CON PECTINA VALOR OBTENIDO	HELADO SIN PECTINA VALOR OBTENIDO	MÉTODO DE ENSAYO
pH	6,00-6,30	6,06 pH	6,27 pH	NTE INEN 706
Sólidos totales	20,00%	19,00%	19,00%	NTE INEN 014
Viscosidad	300,00-750,00 cP	363,50 centipoints (cP) a 100 rpm	131,10 centipoints a 100 rpm	NTE INEN 273
Grados brix	32,00-35,00 %	34,00 %	34,03 %	NTE INEN 273

Respecto a los parámetros de calidad físico químicos del helado, se determinó un pH de 6,06 en el caso del helado con pectina, el cual se halla dentro del rango permisible de 6 a 7, ya que deben tener un pH cercano a la neutralidad.

Un estudio sobre los parámetros físico químicos la relación de ácidos grasos en helados artesanales elaborados en la provincia de Tungurahua, determinó que, que todas las muestras de helado presentaron un pH de 5,9 a 6,5, estando dentro del rango permitido según la AOAC 981,12. Además, es importante conocer todas las propiedades del helado que podrían intervenir en su aporte nutricional (López, 2020, p. 23).

En cuanto a los sólidos totales se obtuvo un valor de 19%, es decir, existe un bajo porcentaje de materia suspendida en la muestra de helado, encontrándose dentro del rango permitido de la NTE INEN 706.

En la viscosidad se determinó 363,5 cP en el caso del helado con pectina y 131,1 cP en el helado sin el agente estabilizante, es importante determinar que el valor permitido oscila entre 300-750 cp., por lo cual, se comprueba que la formulación que tiene pectina presenta una mejor viscosidad y textura y, por lo tanto, el helado con pectina presenta mejor calidad.

Elaboración de mayonesa con pectina como agente emulsificante

Se realizó la elaboración de mayonesa y se caracterizó el producto para determinar si cumplía con los estándares de calidad según la NTE INEN 2 295:2010 sobre “Mayonesa-Requisitos”. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Tabla 14: Análisis sensorial de la mayonesa

PARÁMETRO SENSORIAL	MAYONESA CON HUEVO CARACTERÍSTICAS	MAYONESA CON PECTINA CARACTERÍSTICAS	MAYONESA CON PECTINA Y HUEVO CARACTERÍSTICAS
Olor	Agradable	No agradable	Agradable
Sabor	Acida	Ácida	Ácida
Color	Blanquecino	Amarillenta	Blanquecino
Textura y uniformidad	Cremosa – homogénea	Líquida – homogénea	Cremosa

Al hacer el análisis organoléptico de la mayonesa se determinó que el producto presentó un olor agradable en el caso de la mayonesa elaborada con huevo y pectina, presentó un sabor característico, color blanquecino y su textura fue cremosa.

De acuerdo a un estudio sobre el efecto emulsificante de goma xantana y pectina en la elaboración de mayonesa de soya, se determinó que, al incrementar el nivel del agente emulsificante incrementa la apreciación del color, mientras que, en el caso del olor o sabor, la pectina no aporta cambios en las características del producto, ya que es un agente inodoro y no posee sabor (Muñoz, 2016, p. 3). La pectina es un biopolímero que tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua y forma geles acuosos, facilitando el proceso de emulsificación por lo cual, es ampliamente usado para modificar la textura de salsas, mayonesa, ketchup, otros (Silva et al., 2018).

Tabla 15: Análisis físico químico de la mayonesa

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL NTE INEN 2 295:2010	MAYONESA CON HUEVO	MAYONESA CON PECTINA	MAYONESA CON HUEVO Y PECTINA	MÉTODO DE ENSAYO

	Mínimo	Máximo	Valor obtenido	Valor obtenido	Valor obtenido	Normativa
pH	-	4,10	4,10	3,38	3,19	NTE INEN 389
Viscosidad	350 cP	-	2988 cP	-	86,20 cP	NTE INEN CODEX 192

Al evaluar el pH de la mayonesa se obtuvo un valor de 3,38 en el caso de la mayonesa elaborada con pectina y 3,19 en la mayonesa elaborada a partir de huevo y pectina, por lo cual, se encuentran dentro de los límites de calidad y cumplen con las normativas INEN de la mayonesa. Según las especificaciones el pH de la mayonesa debe variar entre 3 y 4,1, además, este parámetro es un indicador de la conservación del producto y de las condiciones higiénicas dentro del control de procesos. Se considera que, a menor pH, la mayonesa incrementa el período de conservación, por lo cual, la formulación realizada a base de huevo y pectina tiene el menor pH y sería ideal por su período de preservación (Orozco, 2018, p. 32).

En la viscosidad se obtuvo un valor de 2988 cp. en el caso de la mayonesa con huevo, mientras que, las formulaciones con pectina no presentaron viscosidad, por lo cual, no tienen una textura adecuada. La viscosidad es una propiedad relacionada con la resistencia al flujo y se considera que la presencia de grasa y aceite aportan estabilidad a la emulsión, por lo cual, las mayonesas que no tuvieron huevo en su formulación, no presentaron viscosidad adecuada (Correa 2015, p.12).

Un estudio sobre los acidulantes para la conservación de mayonesa, determinó que, el pH ácido de 3-3,5, está relacionado con las características ideales en sabor, olor, color, textura y mejora su tiempo de vida útil al disminuir el riesgo de contaminación bacteriana. Además, la mayonesa debe presentar una buena concentración de grasa, para garantizar que presente una adecuada viscosidad y textura. Por esto, es necesario controlar las condiciones de elaboración y utilizar un adecuado agente emulsificante, para obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad (Basantes, 2017, p. 77).

Conclusiones

Se realizó el proceso de extracción de pectina a partir de residuos de naranja por el método de hidrólisis ácida y se evaluó el rendimiento químico en ocho tratamientos donde se variaron las condiciones del pH, tiempo de extracción y temperatura de extracción de la pectina, obteniendo el mayor rendimiento de 5,595% en el tratamiento 4 (pH=1,5; tiempo de extracción= 60 minutos; temperatura de extracción= 60oC). Además, se realizó un análisis estadístico con un ANOVA mediante la prueba de Fisher, para evaluar la influencia del pH, tiempo y temperatura de extracción en el rendimiento químico y se evidenció que únicamente el pH influyó en el porcentaje de rendimiento, con un nivel de significancia de $p=0,014$.

En el análisis de las propiedades físico químicas de la pectina extraída de residuos de naranja, se determinaron los siguientes valores: humedad 10,91%, acidez libre 0,21%, peso equivalente de 4190,22 mEq/mg, porcentaje de metoxilo de 7,10%, grado de esterificación del 62% y el contenido de ácido anhidro galacturónico fue del 68%, categorizando a la pectina obtenida como una pectina de alto metoxilo, con poder gelificante y estabilizante, la cual, presentó los parámetros físico químicos dentro de los rangos permitidos en las normativas de calidad.

En la mermelada se evaluó el poder gelificante donde cumplió con los parámetros de calidad de la NTE INEN 419, al presentar un valor adecuado de pH y sólidos totales, aportando a la mermelada una adecuada viscosidad, textura y consistencia; respecto al helado se observó que la pectina le aportó una consistencia firme y además, cumplió con los parámetros de calidad en cuanto a pH (6,06), sólidos totales (19%), viscosidad (363,5 cp.) y 34o Brix, mientras que en el caso de la mayonesa, se obtuvo la emulsión con textura líquida, homogénea, pH de 3,38, sin embargo, tuvo una baja concentración de la viscosidad, por lo que el producto no se mantuvo estable.

Referencias

1. ABRATE, F. Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas. Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas. 2018, pp. 1-169.
2. AGUIAR, J. Utilización del chontaduro bactris gasipaes para la elaboración de mermelada en la ciudad de Riobamba. (Tesis), 2018, pp. 94.
3. ALMEIDA, C. Diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja. Вестник Росздравнадзора, vol. 6, 2017, pp. 5-9.

4. AMARENDI, S. Industria alimentaria y medio ambiente, Industria alimentaria y medio ambiente, 2016.
5. ANDREA, C. Diseño de una Planta Modular para la Elaboración de Licor de Naranja en el Cantón Caluma" [en línea], 2012. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21112/2/caratula%20intro%20final%20aarmas2301.pdf>
6. ÁVILA, J. et al. Valor Nutricional de las Naranjas y Clementinas. Componentes De Las Clementinas [en línea], 2009, pp. 10. Disponible en: <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/432011819.pdf>.
7. BASANTES, E. El estudio de acidulantes para la conservación de mayonesa, El estudio de acidulantes para la conservación de mayonesa, vol. 10, no. 9, 2017, pp. 32.
8. BEÑATENA, A. Los Cítricos. Manual para productores de naranja y mandarina de la Región del Río Uruguay, 2015, pp. 1-6.
9. BOGDANOFF, N. Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja. vol. Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja. vol. 151, 2015, pp. 10-17.
10. BOUSHY, A. et al. Tanning waste by-product from cattle hides, its suitability as a feedstuff. Bioresource Technology, Tanning waste by-product from cattle hides, its suitability as a feedstuff. Bioresource Technology, vol. 35, no. 3, 2017, pp. 321-323.
11. CARRILLO, J. Helados de leche. Helados de leche. 2017.
12. CERÓN, I. y CARDONA, C. Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. Ingeniería y Ciencia - ing.cienc., vol. 7, no. 13, 2016, pp. 65-86.
13. CHÁVEZ, J. Extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (Citrus aurantium L.) proveniente de la Provincia de Rodríguez de Mendoza Extraction of pectin from peel "criolla orange" (Citrus aurantium L.) from Rodríguez de Mendoza Pr. Investigaciones Amazonenses, vol. 3, no. 1, 2015, pp. 24-26.
14. CORONADO, M. Elaboración de mermeladas. Elaboración de mermeladas, vol. 96, no. 1-3, 2017, pp. 65-69.
15. CUADRADO, G. Diseño de un proceso industrial para la elaboración de mermelada a partir del zapallo (cucúrbita máxima) para la asociación asosambay de la parroquia bayushig.

- Diseño de un proceso industrial para la elaboración de mermelada a partir del zapallo (cucúrbita máxima) para la asociación asosambay de la parroquia bayushig. 2019.
16. DEVIA, J. Proceso para producir pectinas cítricas. Proceso para producir pectinas cítricas. 2017, pp. 21-29.
 17. ESPINOSA, J. Estudio de la sustitución parcial de mora por remolacha (Beta vulgaris var. conditiva) en la elaboración de mermelada de mora para la industria pastelera. 2018, pp. 244.
 18. FERREIRA, S. Pectinas: Aislamiento, Caracterización Y Producción a Partir De Frutas Tropicales Y De Los Residuos De Su Procesamiento Industrial. S.l.: s.n. ISBN 9789587018622.
 19. FRANCIA, E. et al. Mayonesa:Mayonnaise sauce. [en línea], 2013, pp.573-574. [Consulta: 02 enero 2022]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/mayonesa_tcm30-102889.pdf
 20. FRANCO, L. Obtención de pectina a partir de la cáscara de pepino (Cucumis sativus) mediante hidrólisis ácida como aprovechamiento de residuos. [en línea], 2022. Disponible en: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Franco CARVACHE IVONNE MAOLY.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Franco%20Carvache%20Ivonne%20Maoly.pdf).
 21. GONZÁLEZ, N. et al. Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R. Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 8, no. 2, 2020, pp. 84-91.
 22. GUZMÁN, B. Elaboración y evaluación de aderezos con base en okara. Elaboración y evaluación de aderezos con base en okara.2017.
 23. HERBAS, P. Estudio de la influencia de grados Brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne. Estudio de la influencia de grados Brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne. 2011, pp. 1-85.
 24. INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2017. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC Inec, pp. 61.
 25. INEN, 1985a. Determinación de pH de conservas genetales. Instituto Ecuatoriano De Normalización INEN 389, vol. 3, pp. 1-5.
 26. INEN, 1985b. Determinación De Sólidos Solubles. Método Refracto métrico. Instituto Ecuatoriano De Normalización, pp. 1-9.

27. INEN. Determinación de cenizas en conservas vegetales., vol. 13, no. Abril, 2020, pp. 15-38.
28. JAIMES, S et al. Estabilizantes más utilizados en helados - pdf free download. Heladería panadería latinoamericana, vol. 251, no. September 2017.
29. LAURENTE, R. Efecto de la temperatura, tiempo y pH en el rendimiento de extracción de pectina en cascara de tumbo serrano (*Passiflora tripartita* L.). 2018, pp. 1-59.
30. LÓPEZ, M. Determinación de parámetros fisicoquímicos y la relación de ácidos grasos saturados e insaturados en helados artesanales de consumo masivo elaborados en la provincia de Tungurahua. Sustainability (Switzerland), vol. 4, no. 1, 2020, pp. 1-9.
31. LÓPEZ, V. Fortificación de cáscara de naranja (*C. sinensis* var Valencia) por impregnación con miel. universidad Veracruzana. Maestría en ciencias alimentarias [en línea] 2014, pp. 111. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46746/LopezHernandezVeronica.pdf;jsessionid=65EB38B46D304394DEB5E66E2AC99E35?sequence=2>.
32. MEÑACA, C. Evaluación de la calidad de las pectinas cítricas obtenidas a partir de las cáscaras de naranja de las variedades valencia y común, en estado de maduración grado cinco (5). [en línea] 2017, pp.210. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20489/Tesis%20EVALUACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20PECTINAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
33. METTLER, T. Instrucciones de manejo: Analizador de humedad. Instrucciones de manejo: Analizador de humedad, pp. 17-37.
34. MORALES, R. Extracción de pectina de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas. Revista Científica Estudios e Investigaciones, vol. 8, 2019, pp. 271-272.
35. MOREIRAS, O et al. Tablas de composición de alimentos. 17th edición. [en línea] 2015, pp. 52-53. Disponible en: https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2014/09/3-1-tablas_de_composicion_de_alimentos.pdf.
36. MOYA, A. Biodiversidad fúngica endófito y epífita de *Citrus sinensis*, naranjo dulce, de dos localidades de la Región Litoral del Ecuador. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 106, no. 1, 2016, pp. 6465-6489.

37. MUÑOZ, A. Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, 2016, pp. 1-75.
38. NAVARRETE, O. Mermeladas De Frutas Y Cítricos. Mermelada, Mermeladas De Frutas Y Cítricos. Mermelada, 2016, pp. 22.
39. NTE INEN-419, 1988. Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria CONSERVAS VEGETALES REQUISITOS NTE INEN 419 Primera revisión 2. 1 Mermelada de frutas. Es el producto obtenido por la cocción del ingrediente de fruta, como se define en el numeral 2. 2, mezclado con azúcares, o. Inen,
40. OROZCO, M. Elaboración y comercialización de una mayonesa fit. Elaboración y comercialización de una mayonesa fit. 2018.
41. PAGAN, J. Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2005, pp. 1-138.
42. PATIÑO, T. Optimización del proceso de obtención de pectina a partir de syzygium malaccense l. (pomarrosa) mediante el uso de hidrólisis ácida. 2021.
43. RAMÍREZ, C. Obtención de pectina a partir de cáscaras de zanahoria blanca (arracacia xanthorrhiza) zanahoria amarilla. 2019.
44. RAMIREZ, J et al. Parámetros de calidad en helados. Revista RECITEIA, vol. 15, no. 1, 2019. pp. 79-94.
45. REA, L Determinación del poder gelificante de la pectina extraída de la cáscara de maracuyá para la elaboración de postres. Pontificia Universidad Católica del Perú, vol. 8, no. 33, 2015, pp. 44.
46. RODRIGUEZ, K. & ROMAN, A. Extracción y evaluación de pectina a partir de la cascara de la naranja de las variedades Citrus sinensis y Citrus paradisi y propuesta de diseño de una planta piloto para su producción». Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, El Salvador., no. 1995, 2017, pp. 11-95.
47. SILVA, N. et al. Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. Ingeniería Industrial, no. 26, 2015, pp. 175-199.
48. SILVA, N. et al. Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. Ingeniería Industrial, no. 26, 2018, pp. 175-199.
49. SOSA, A. Pectinas. Pectinas. 2018.

50. TOAPANTA, E. Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (*solanum tuberosum*). Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (*solanum tuberosum*). 2018.
51. TORRES, B. et al. Propiedades de la pectina como agente emulsionante de aceite de uva. *Amidq*, Propiedades de la pectina como agente emulsionante de aceite de uva. *Amidq*, vol. 53, no. 9, 2015, pp. 1689-1699.
52. VARGAS, M., et al. Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. *CIENCIA ergo sum*, vol. 26, no. 2, 2019, pp. 1-11.
53. VITERI, M. & TAPIA, M. Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Revista Espacios*, Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Revista Espacios*, vol. 39, no. 32, 2018, pp. 30.
54. ZEGADA, V. Pectin Extraction from Orange Peels Waste by Microwave Assisted Acid. *Centro de Investigaciones de Procesos Industriales (CIPI)*, vol. 1, no. 15, 2015, pp. 65-76.
55. ZHONGDONG, L. et al. Estudio de imagen de extracción de pectina de piel de naranja asistida por microondas. [en línea], 2005. Disponible en: DOI 10.1016/j.carbpol.2005.11.006.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).