

Extracción de pectina a partir de la corteza de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa degener*)

Monserrat Cuesta y Ricardo Muñoz

Laboratorio de Química Orgánica e Investigaciones Aplicadas

Departamento de Ciencias Nucleares

ricardo.munoz@epn.edu.ec

Resumen

En el presente trabajo, se extrajo la pectina de la corteza del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa degener*) mediante una hidrólisis ácida con HCl. Se probaron diferentes valores de pH. El contenido total de pectina de la corteza de maracuyá, seca y triturada, se determinó en forma espectroscópica y fue del 14.2 %.

Se procesó la corteza de maracuyá completa y con la eliminación previa de la capa superficial amarilla. La pectina extraída de la corteza de maracuyá se purificó con carbón activado. La pectina, purificada, extraída, seca y molida, se empacó en recipientes herméticos.

De acuerdo con el mayor porcentaje de extracción, grado de esterificación, porcentaje de ácido anhidro galacturónico y porcentaje de metoxilos se determinó que el mejor proceso de extracción fue realizado con la corteza de maracuyá libre de la capa superficial amarilla, a un valor de pH 3. En estas condiciones, la pectina extraída presentó un grado de esterificación del 90.9 %, con un contenido del 83.6 % de ácido anhidro galacturónico, un 13.4 % de metoxilos y con un tiempo de gelificación de 4 min. El rendimiento del proceso fue del 62.0 %.

Palabras claves: maracuyá, pectina, extracción, purificación, caracterización.

Abstract

The extraction, characterization and purification of pectin extracted from Ecuadorian yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa degener*) peel was carried out. The pectin percentage was determined (14.2 % DW). The peels with and without the yellow rind were dried and milled before the extraction. Pectin was precipitated using ethanol (95 %, v/v), washed using ethanol (60 %), filtered and purified with activated coal. The dried precipitated (pectin) was crushed, packed and stored for periods of 1, 3 and 6 months. The best method to obtain pectin from yellow passion fruit peel was the extraction from peels without the yellow rind at pH = 3 which gave the best extraction yield, degree of esterification (90.0 %), percentage of anhydrous galacturonic acid (83.6 %), percentage of methoxyl groups (13.4 %) and time of jellification (4 min).

Keywords: yellow passion fruit, pectin, extraction, purification, characterization.

1 Introducción

Desde fines de la década de los 80, el Ecuador inició sus exportaciones de jugo y concentrado de maracuyá, hasta convertirse en el mayor exportador de estos productos, superando toda expectativa, ya que según la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI, 2000), el Ecuador cubría el 90 % de ventas del concentrado de maracuyá en el mundo.

Para el primer trimestre del año 2000, el Ecuador exportó 17 297 toneladas de jugo de Maracuyá, lo que representó un ingreso de 18 125 miles de dólares [5].

De acuerdo con estos datos, en la industria de concentrados de maracuyá, se tienen aproximadamente 25 945 toneladas de desecho. Hasta el momento, no se han encontrado estudios serios sobre su aprovechamiento, por parte de la industria.

Actualmente, una pequeña porción de los desechos se utiliza para la alimentación de animales, especialmente de cerdos; pero, se podrían obtener varios subproductos que darían mayores ingresos a la industria de concentrados. Las cáscaras, que corresponden al 50–60 % del peso total de la fruta, constituyen el desecho más molesto en las procesadoras, a pesar de ser una buena fuente de proteína, pectina y minerales. Las semillas contienen un 20 % de aceite, con el cual se pueden elaborar barnices y pinturas.

El presente estudio propone la utilización de los desechos de la industria de concentrados de maracuyá, especialmente de la cáscara, para la obtención de pectina de alta calidad, con el objeto de dar nuevos ingresos económicos al país, generar fuentes de trabajo y mantener un equilibrio en el ecosistema que evite la contami-

nación que podría producirse a partir de estos desechos arrojados al ambiente.

2 Materiales y métodos

2.1 Materiales

En lo que se refiere a la materia prima, se escogieron los frutos que no presentaban deterioro en su corteza, debido a la pérdida de humedad de la misma (arrugamiento) o debido al ataque de microorganismos (debilitamiento de la corteza). Se determinaron las dimensiones y el peso.

Entre los equipos más relevantes utilizados en este trabajo, se encuentra una estufa marca CENCO, un molino de cuchillas marca GENERAL ELECTRIC, un refractómetro portátil B&S, un pHmetro digital marca SCHOTT modelo hanylab1, una balanza electrónica marca SARTORIOUS de 2 100 g de capacidad y balanza analítica digital, marca ACCULAB LA-110 con 110 g de capacidad, agitador mecánico marca jumbo stirrer FISHER SCIENTIFIC, espectrofotómetro marca SHIMADZU, mufla marca LINDBERG, temperatura máxima de 1100 °C.

Entre los reactivos utilizados para este trabajo se tiene ácido clorhídrico concentrado, etanol al 95 %, hidróxido de sodio, carbón activado, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico concentrado, carbazol 0.1 % en etanol, ácido galacturónico monohidratado de la casa SIGMA.

Se realizaron dos tratamientos previos a la materia prima, proveniente de Esmeraldas, uno con toda la cáscara de maracuyá y el otro con la eliminación de la capa superficial amarilla.

2.2 Métodos

2.2.1 Tratamiento previo de la corteza de maracuyá con la capa superficial amarilla

Del fruto lavado y cortado por la mitad, se extrajeron manualmente la pulpa y las semillas. Se fraccionaron las cortezas hasta trozos de 2 × 2 cm.

Para inactivar las enzimas pectinolíticas, presentes en el maracuyá, el material se sumergió en agua destilada a ebullición, durante 15 min.

El material fue lavado con agua destilada, hasta que la medición de los grados Brix, en el agua de lavado, fue igual a cero.

La corteza, previamente pesada, se introdujo en la estufa a 60 °C, cada treinta minutos se midió el peso hasta que fuera constante. Se obtuvo una curva de secado, con la cual se determinó el tiempo óptimo.

Luego, se trituro la corteza ya seca, hasta reducirla a polvo, en un molino y se almacenó en un recipiente seco y hermético a temperatura ambiente.

2.2.2 Tratamiento previo de la corteza de maracuyá sin capa superficial amarilla

Antes de realizar la inactivación, se eliminó la capa superficial amarilla de la corteza mediante un raspado manual (el mismo que puede efectuarse industrialmente en un pelador abrasivo), evitando eliminar la parte blanca, luego se continuó con el proceso, como se indicó anteriormente.

2.2.3 Extracción de pectina

La extracción de la pectina se realizó a partir de 100 g de corteza de maracuyá seca con y sin capa superficial amarilla y 2.5 L de agua destilada, a través de una hidrólisis ácida con ácido clorhídrico. Se probaron tres valores de pH: 2, 3 y 4, con calentamiento y agitación durante una hora.

Después de transcurrido el tiempo de hidrólisis, se precipitó la pectina, mediante la adición de 1.5 volúmenes de etanol, al 95 %. Se lavó el precipitado con etanol al 60 % y se secó en la estufa a 60 °C.

El tiempo de secado se determinó de la misma manera que en el secado de la corteza.

La pectina seca se trituro hasta reducirla a polvo en un molino y se almacenó en un recipiente seco y hermético.

Se escogió el mejor proceso a partir de la calidad de la pectina extraída, para lo cual se realizaron determinaciones de la composición en base seca, del porcentaje de metoxilos, del contenido de ácido anhidro galacturónico, del grado de esterificación y un examen visual del color.

El contenido de pectina, en la corteza de maracuyá, se determinó a partir del peso de pectina obtenido, con respecto al peso de corteza de maracuyá seca utilizada para la extracción.

Se determinó el grado de esterificación de acuerdo con el método descrito por Askar [2], el porcentaje de metoxilos y el porcentaje del ácido anhidro galacturónico se calcularon de acuerdo con Cobo [4].

2.2.4 Contenido de pectina en la corteza de maracuyá

La determinación del contenido de pectina en la corteza de maracuyá se realizó colorimétricamente, por el método de carbazol, de acuerdo con Bermeo [3]. Se preparó un blanco para calibrar el espectrofotómetro al valor 0 de absorbancia.

2.2.5 Purificación de la pectina

El extracto de pectina obtenido de la corteza de maracuyá seca con capa superficial amarilla, se sometió a un proceso de purificación con carbón activado de acuerdo con Villegas (1993). Para lo cual, el filtrado de pectina, se trató con carbón activado, se agitó la suspensión y se calentó a ebullición, durante 10 min; se filtró, se precipitó con 1.5 volúmenes de etanol al 95 %, se lavó con etanol

al 60 % y nuevamente se filtró y secó a 60 °C. Finalmente, se determinó la calidad de la pectina después de este proceso de purificación.

2.2.6 Propiedades físico-químicas de la pectina aislada y purificada

Después de haber analizado los resultados obtenidos del proceso de extracción y purificación se escogió el proceso óptimo y se determinaron algunas de las propiedades físico-químicas de la pectina aislada y purificada: humedad, cenizas, contenido de azúcares reductores, peso equivalente, grado de gel, tiempo de gelificación y viscosidad de una solución de pectina al 1 %, basados en el trabajo de Arias [1].

2.2.7 Usos de la pectina

Se elaboraron dos mermeladas de piña, una con pectina cítrica comercial y otra con la pectina extraída mediante el proceso óptimo desarrollado en este estudio. Para determinar si existen diferencias o no entre estos dos tipos de pectina, se realizó un análisis sensorial denominado duo-trío, que se basa en que al degustador se le entrega dos muestras a analizar y una muestra de referencia o patrón. El degustador debe determinar si existen diferencias o no entre cada muestra y la referencia. Los atributos que se evaluaron fueron sabor, textura, consistencia y presencia de sabores extraños. Con la utilización de EXCEL se realizó la prueba *t* para medias de dos emparejadas con la diferencia hipotética de las medias igual a cero.

Tabla 1. Peso y tamaño del maracuyá procedente de Esmeraldas, porcentaje de jugo, pulpa y semillas y porcentaje de corteza

N	Diámetro ecuatorial cm $\pm \sigma_s$	Peso fruta g $\pm \sigma_s$	Corteza de maracuyá % $\pm \sigma_s$	Pulpa y semillas % $\pm \sigma_s$	Jugo % $\pm \sigma_s$
12	7.3 \pm 0.3	187.6 \pm 33.9	45.0 \pm 9.0	14.0 \pm 0.2	41.0 \pm 9.0

3 Resultados y discusión

3.1 Resultados de la selección y tratamiento previo de la materia prima

En la Tabla 1, se presentan los resultados obtenidos del tamaño promedio de la fruta, el porcentaje de jugo, semillas y porcentaje de corteza. Se puede observar que el porcentaje de corteza de maracuyá es casi del 50 %, valor que concuerda con los datos bibliográficos obtenidos por Espinoza [6].

3.2 Eliminación de sólidos solubles

Después de la inactivación enzimática, se realizaron 3 lavados, como se indica en la Tabla 2, en la cual se muestran los valores obtenidos de los grados Brix en los distintos lavados.

Como se puede observar, la mayoría de los sólidos solubles se eliminan en la inactivación enzimática y solo se necesitan dos lavados más para eliminar todos los sólidos solubles.

3.3 Secado de la corteza de maracuyá

En la Figura 1, se presentan las curvas de secado de la corteza de maracuyá con capa superficial amarilla y corteza de maracuyá eliminada la capa superficial.

Se puede ver que el tiempo necesario para el secado de la corteza de maracuyá con capa superficial es de 6.4 h; mientras que, para la corteza sin capa superficial, es menor a 4 h, lo que implica un ahorro de energía de al

menos el 37.5 % dentro del proceso total.

Tabla 2. Determinación de los grados Brix en los diferentes lavados de la corteza

	Grados Brix
Lavado después de inactivación	1.00
2	0.50
3	0.05
4	0.00

3.4 Resultados de la extracción y purificación de la pectina

3.4.1 Resultados de la extracción de pectina

En la Tabla 3, se presenta una comparación de las propiedades de la pectina extraída a partir de la corteza de maracuyá con capa superficial amarilla, con respecto a la pectina extraída a partir de corteza sin capa superficial.

A partir de los valores obtenidos se puede ver claramente que, aunque el eliminar la capa superficial amarilla implique el 50 % de la materia prima, el rendimiento en la extracción es mayor, que si se utilizara toda la corteza y también se puede observar que su grado de esterificación, el porcentaje de metoxilos y el porcentaje del ácido anhidro galacturónico es mayor.

De acuerdo con estos resultados, la pectina de alto grado de metoxilos ligada a la capa superficial amarilla es liberada al eliminar dicha capa, por lo que la extracción es mucho más efectiva.

En lo que se refiere al color, es muy notoria la diferencia que existe entre estas dos clases de pectina, como se indica en la Tabla 3. Se puede decir que al eliminar

la capa superficial amarilla, se eliminan los agentes colorantes que afectan la pureza de la pectina extraída.

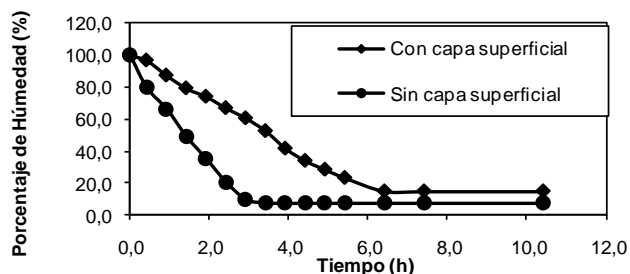


Figura 1. Curva de secado de la corteza de maracuyá a 60 °C

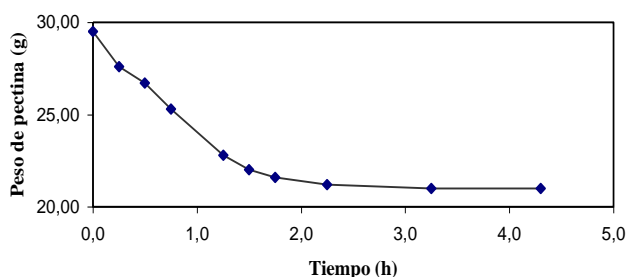


Figura 2. Curva de secado a 60 °C de la pectina precipitada, en función del tiempo

Se puede observar también que el rendimiento de la pectina extraída a pH 2 es mayor que a pH 3 y 4, para ambos tipos de extracción, pero a un pH 4 se obtiene una pectina de mayor grado de esterificación.

Para escoger el mejor pH de extracción, se considerará el uso que se va a dar a la pectina, en este caso se utilizará en la fabricación de mermeladas, para lo cual se requiere una pectina de alto contenido de metoxilos, cuyo grado de gelificación debe ser mayor al 70 %.

3.4.2 Resultados de la purificación del extracto con carbón activado

En la Tabla 4, aparece una comparación entre la pectina extraída a partir de la corteza de maracuyá con capa superficial amarilla sin purificar y pectina extraída y purificada con carbón activado.

Como se puede observar, los valores obtenidos del grado de esterificación, el porcentaje de metoxilos y el porcentaje del ácido anhidro galacturónico, que se refieren a la caracterización de la pectina, al pasar por la superficie activa del carbón, se modifican considerablemente, lo cual puede deberse a la temperatura aplicada en el proceso de purificación, asociada con el carácter de adsorción del carbón activado.

Tabla 3. Comparación de las propiedades de pectinas extraídas a diferentes valores de pH a partir de corteza de maracuyá con la capa superficial amarilla y sin capa superficial amarilla

pH	% Pectina		GE		% M		% AG		Color	
	CCS	SCS	CCS	SCS	CCS	SCS	CCS	SCS	CCS	SCS
2	8.8	10.0	46.2	73.0	3.8	9.9	46.8	77.2	Café	Blanco
3	7.0	8.8	63.6	90.9	4.4	13.4	39.6	83.6	Café	Blanco
4	6.7	6.5	90.0	97.3	7.9	12.5	49.7	72.8	Café	Blanco

- CCS: Extracción de corteza de maracuyá con capa superficial amarilla
- SCS: Extracción de corteza de maracuyá sin capa superficial amarilla
- % Pectina: Porcentaje de pectina extraída en base seca
- GE: Grado de esterificación
- % M: Porcentaje de metoxilos
- % AG: Porcentaje de ácido anhidro galacturónico

Es decir la pectina extraída, al someterla a un proceso de calentamiento con el carbón activado, pudo sufrir una descomposición de su estructura, que disminuyó su grado de esterificación. Además, se podría pensar que el carbón activado retiene las pectinas de alto grado de metoxilos que son de mayor tamaño, pero dejan pasar las de bajo grado de metoxilos. Esto podría explicar la disminución, tan drástica, de su rendimiento y de sus propiedades.

En lo que se refiere al color, se puede observar que a partir de los resultados de la Tabla 4, no se presenta un considerable mejoramiento con respecto a la pectina extraída sin purificar.

Las consecuencias benéficas de la operación de pulido de la corteza son el mejoramiento del rendimiento, el mayor grado de pureza, porque no hay color, y un au-

mento del contenido del ácido anhidro galacturónico y el porcentaje de metoxilos.

3.4.3 Secado de la pectina precipitada

A partir de la Figura 2, se encontró que el tiempo óptimo de secado es de alrededor de 3.3 h.

3.5 Propiedades físico-químicas de la pectina aislada y purificada

En esta sección se resumen todas las propiedades de la pectina extraída de la corteza de maracuyá, sin capa superficial y purificada a pH 3 con HCl, comparada con los requerimientos establecidos por la FAO y con las propiedades de una pectina comercial cítrica.

Tabla 4. Comparación de las propiedades de pectinas extraídas a diferentes valores de pH a partir de corteza de maracuyá con la capa superficial amarilla y pectina purificada con carbón activado

pH	% Pectina		GE		% M		% AG		Color	
	CCS	CA	CCS	CA	CCS	CA	CCS	CA	CCS	CA
2	8.8	5.5	46.2	32.9	3.8	2.5	46.8	43.5	Café	Café claro
3	7.0	4.4	63.6	40.9	4.4	3.1	39.6	43.5	Café	Café claro
4	6.7	3.0	90.0	70.0	7.9	5.	49.7	47.5	Café	Café claro

CCS: Extracción de corteza de maracuyá con capa superficial amarilla
 CA: Extracción de corteza de maracuyá purificada con carbón activado
 % Pectina: Porcentaje de pectina extraída en base seca
 GE: Grado de esterificación
 % M: Porcentaje de metoxilos
 % AG: Porcentaje de ácido anhídrido galacturónico

De los resultados mostrados en la Tabla 5, se ve que la pectina obtenida, está dentro de los parámetros dados por la FAO y en comparación con la pectina cítrica comercial, el grado de esterificación de la pectina extraída es mayor como también lo es su porcentaje de metoxilos y ácido anhídrido galacturónico, lo que la hace una pectina de alto contenido de metoxilos.

Tabla 5. Propiedades de la pectina extraída a pH 3 con HCl a partir de cáscara de maracuyá sin capa superficial, comparada con los requerimientos de FAO/WHO/JECFCA¹ y con las propiedades de una pectina comercial cítrica²

	Datos experimentales	FAO/WHO/JECFCA	Pectina comercial
Humedad	11.5 %	Máximo 12.0 %	10.81 %
Cenizas	1.4 %	Máximo 2.5 %	1.34 %
Azúcares reductores	142 mg/g	Máximo 160 mg/g	—
Peso equivalente	2370 g/eq	—	1070 g/eq
Grado de gel	50	—	100
Grado de Esterificación	90.9	Mínimo 60	72
Porcentaje de metoxilos	13.4 %	Mínimo 6.7 %	7.6 %
Porcentaje de ácido anh. galacturónico	83.6 %	Mínimo 65 %	66 %
Tiempo de gelificación	4 min	—	—

¹ Food y Agriculture Organisation/World Health Organisation/Joint Expert Committee on Food Additives

² Pectina comercial cítrica marca AGROQUIM, C. Ltda.

3.6 Usos de la pectina

A partir de la evaluación del panel sensorial, se obtuvieron los resultados mostrados en las Tablas 6, 7, 8 y 9.

En lo que se refiere al sabor, se puede ver que el estadístico *t* está dentro del área de aceptar la hipótesis de que la pectina extraída es igual a la pectina comercial, por lo que se podría concluir que en las mismas condiciones de preparación de una mermelada no existen diferencias, en sabor, para ambas pectinas.

Lo que se refiere a la textura y a la consistencia, los resultados indican que se rechaza la hipótesis de que la pectina extraída sea igual a la pectina comercial, estos resultados son lógicos ya que la pectina extraída del maracuyá tiene un grado de esterificación mayor que la pectina comercial, lo que implica la formación de un gel más

fuerte, como lo muestra en el análisis de la consistencia.

Tabla 6. Prueba *t* para medias de dos muestras emparejadas para el sabor

	Pectina extraída	Pectina comercial
Media	5.55	4.79
Varianza	3.91	0.88
Estadístico <i>t</i>	1.25	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	2.2	

El valor de la media obtenida para la consistencia de la pectina extraída es de 7.30, valor mayor con relación al obtenido para la pectina comercial de 4.77, lo cual querria decir que los panelistas consideraron que la merme-

lada hecha con la pectina extraída es más consistente que la mermelada hecha con pectina comercial.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 9, se puede decir que el valor obtenido del estadístico *t* está dentro del área de aceptación de la hipótesis de que ambas pectinas son iguales, en lo que se refiere a que en la elaboración de mermeladas existen sabores residuales.

Tabla 7. Prueba *t* para medias de dos muestras emparejadas para la textura

	Pectina extraída	Pectina comercial
Media	3.21	5.65
Varianza	1.04	0.70
Estadístico <i>t</i>	-5.84	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	2.2	

Tabla 8. Prueba *t* para medias de dos muestras emparejadas para la consistencia

	Pectina extraída	Pectina comercial
Media	7.30	4.77
Varianza	0.39	0.24
Estadístico <i>t</i>	15.41	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	2.2	

Tabla 9. Prueba *t* para medias de dos muestras emparejadas para sabores residuales

	Pectina extraída	Pectina comercial
Media	1.44	0.55
Varianza	5.21	0.56
Estadístico <i>t</i>	1.31	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	2.2	

Después del análisis realizado, se puede concluir que la pectina extraída presenta propiedades similares a la pectina comercial, en lo que se refiere al sabor, y que su grado de esterificación mayor que el de la pectina comercial, se confirma al obtener una mermelada de mayor consistencia.

4 Conclusiones y recomendaciones

1. Es conveniente la eliminación de la capa superficial amarilla de la corteza de maracuyá, debido al mejoramiento notable en la calidad, pureza y rendimiento de la pectina, que tiene valores altos de grado de gelificación entre 73.0 a 97.3.

2. La pectina obtenida en este proceso contiene un alto porcentaje de metoxilos (13.4%), factor muy importante para la elaboración de mermeladas de frutas pobres en pectina natural.
3. Aunque en el proceso de extracción a pH 2, se obtiene un mayor rendimiento en pectina, a pH 3, la pectina es de mejor calidad.
4. La pectina obtenida con un alto contenido de metoxilos forma con mayor facilidad un producto gelificado, cuyo punto denominado azúcar-ácido es el más apropiado, para la elaboración de mermeladas.
5. La utilización de carbón activado, si bien condujo a un mejoramiento del color, también produjo la disminución drástica del rendimiento en la extracción y de las propiedades de la pectina.
6. Para trabajos futuros, se recomienda el estudio de la utilización de los desechos de la industria del concentrado y jugo del maracuyá, como son las semillas y la capa superficial amarilla eliminada de la corteza.
7. Se recomienda realizar el estudio económico de la operación de eliminación de la capa superficial amarilla del fruto de maracuyá, antes de su corte, y efectuar las pruebas piloto necesarias para este estudio.

Referencias

- [1] Arias, M., 1986. *Extracción de pectinas de las cáscaras de cítricos*. Tesis de grado de Facultad de Bioquímica y Farmacia, Universidad Central del Ecuador, Quito, p. 50.
- [2] Askar, A., Gierschner, K., Siliha, H. y El-Zoghbi, M. *Polysaccharide und trubstabilität tropischer nektare. flüssiges obst* Jg. 58, Heft 5/91, p. 244.
- [3] Bermeo, R., 1993. *Generación de pectinasas por fermentación en medio sólido con microorganismos nativos utilizando cáscara de maracuyá como sustrato*. Tesis de grado de Ingeniería Química, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, pp. 46, 62.
- [4] Cobo, E., 1968. *Extracción de pectina de la cáscara de naranja*. Tesis de Ingeniería Química, Universidad Central, Quito, p. 40.
- [5] CORPEI, 2000. *Passion Fruit*. <http://www.corpei.org/ingles/oferta/maracuya/>, 4 de octubre de 2000.
- [6] Espinoza, M., 1977. *Obtención de jugo concentrado congelado de maracuyá*. Tesis de Grado de Ingeniería Química, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, p. 49.