

Evaluación del proceso de licuefacción enzimática de arilos de pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis* Simms, var. *flavicarpa*)

O. Crisóstomo G.¹, C. Encina Z.², D. Aguirre R.², A. Silva B.³

(Recibido 30/04/2015 / Aceptado 8/07/2015)

RESUMEN

El bajo rendimiento (30,9%) y alto contenido de fibra del maracuyá hizo necesario hallar un método para incrementar el rendimiento de extracción y concentración de sólidos solubles de pulpa. Para este objetivo, el uso de métodos enzimáticos es una buena opción para el proceso industrial de pulpas. Se utilizó el método de superficie de respuesta para determinar los parámetros durante el procesamiento de licuefacción enzimática que maximicen el rendimiento, sólidos solubles y luminosidad, y disminuyan la viscosidad. Se trabajó con los factores de temperatura, pH y concentración de RAPIDASE TF®. La degradación de la pectina y hemicelulosa redujeron la capacidad de retención de agua, liberaron agua al sistema y causaron la reducción de la viscosidad, incrementando el rendimiento. Las condiciones óptimas fueron de 51,50 de luminosidad; 2,73cP y 14,56 °Brix utilizando 33,91 min; 32,04°C; pH de 3,23 y 400 ppm de RAPIDASE TF® para obtener un rendimiento del 77%.

Palabras clave: *Passiflora edulis*, arilos, licuefacción enzimática, viscosidad, metodología de superficie de respuesta, optimización multirespuesta.

Evaluation of enzymatic liquefaction process arils of passion fruit (*Passiflora edulis*, Simms, var. *flavicarpa*) pulp

ABSTRACT

Because of a low yield (30,9%) and high fiber content of the passion fruit, was found a method to increase yield of extraction and soluble solids concentration of passion fruit's pulp. For this purpose, use of enzymatic methods was a good choice for industrial pulp's process. It was used response surface method to determine the parameters for enzymatic liquefaction processing to maximize the yield, soluble solids and lightness, and to reduce the viscosity. We worked with the factors temperature, pH and concentration of RAPIDASE TF®. Degradation of pectin, and hemicelluloses reduced water retention capacity, water-released into the system and caused the reduction of the viscosity increasing performance. Optimum conditions of lightness were 51,50; 2,73cP and 14,56 °Brix degrees using 33,9 min; 32,04 °C, pH of 3,23 and 400 ppm of RAPIDASE TF® for a yield of 77%.

Keywords: *Passiflora edulis*, arils, enzymatic liquefaction, viscosity, response surface methodology, multiresponse optimization.

1 Departamento de Procesos. Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
E-mail: ocrisostomog@unmsm.edu.pe

2 Departamento de Tecnología de Alimentos. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
E-mail: cencina@lamolina.edu.pe

3 Departamento de Operaciones Unitarias. Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
E-mail: alex.silva@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

La maracuyá (*Passiflora edulis* Simms, var. flavicarpa), fruto originario de Brasil^[1] o posiblemente de Australia^[2], es un fruto que brinda un bajo rendimiento en jugo, un 30,9%; mientras que se obtiene de 50 a 67% de residuo agroindustrial aprovechado como fuente de fibra de pectina^[3]. El jugo de maracuyá se comercializa en todo el mundo, debido a su agradable aroma y sabor únicos. Sin embargo, el sabor de maracuyá es muy sensible a los cambios como consecuencia del tratamiento térmico^[4].

Los polisacáridos insolubles que proceden de las paredes celulares del fruto son: pectinas, celulosa, hemicelulosa, lignina y almidón^[5]. Estas macromoléculas en altas concentraciones forman una capa dinámica, que en algunos casos son capas de geles impermeables que se tienen que desechar durante la extracción de la pulpa. Las enzimas más usadas para lograr la degradación de las paredes celulares son las pectinasas, hemicelulasas y celulasas^[6]. Sin embargo, se recomienda que para el uso exitoso de éstas y otras enzimas comerciales hay que tomar en cuenta la facilidad del proceso y el tiempo, midiendo como resultado el rendimiento y calidad del producto final^[7].

La licuefacción enzimática de pulpa de frutas es un proceso de hidrólisis enzimática de sustratos específicos que componen la pulpa de las frutas, como la pectina, almidón, celulosa y hemicelulosa, de tal manera que la clarifican, disminuyen la viscosidad indeseada, la turbidez y el retentado de un proceso de filtración. Además, este proceso mejora el color, aroma y sabor del producto final^[7].

El objetivo de la presente investigación fue maximizar el rendimiento, los sólidos solubles y la luminosidad, y disminuir la viscosidad de pulpa de maracuyá realizando la licuefacción enzimática de los arilos de maracuyá a través del control de los factores de temperatura, pH y la concentración de RAPIDASE TF[®].

II. SECCIÓN EXPERIMENTAL

Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación fue ejecutado en los laboratorios de Investigación e Instrumentación, Análisis Físico Químico de Alimentos, Biotecnología y Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Preparación de la muestra

La maracuyá proveniente de la ciudad de Casma (Ancash – Perú) fue suministrada por la empresa Delicias y Sabores del Perú EIRL. La materia prima fue lavada, desinfectada y cortada en mitades para facilitar el retiro de los arilos. Estos arilos fueron almacenados a una temperatura de $4 \pm 1^\circ\text{C}$.

Caracterización de la muestra

Para asegurar la parte aleatoria del proceso, se crearon diez lotes aleatorios de ocho frutos que visualmente presenten la misma apariencia de alta calidad (color homogéneo, tamaño y sin arrugas). Cada lote se consideró una repetición.

Se determinó el pH^{21°C}, acidez total, y sólidos solubles ($^\circ\text{Brix}^{20^\circ\text{C}}$) antes del tratamiento enzimático según las recomendaciones de la AOAC^[8].

Licuefacción enzimática

Los arilos fueron colocados en tubos Falcon de 25ml. El pH de cada tubo fue acondicionado en función a los valores indicados en la Tabla 1. Posteriormente se añadió 15 ppm de ADEX G (pectinasa) y 15 ppm de HAZYME DCL (α -amilasa y amiloglucosidasa) a cada tubo. Estas concentraciones se determinaron en pruebas preliminares. Se añadió también la enzima RAPIDASE TF (pectinasa y hemicelulasa). La temperatura del proceso de licuefacción se acondicionó a baño maría y se trabajó a distintos tiempos según los rangos indicados en la Tabla 1.

Después del proceso enzimático se midió el rendimiento, la luminosidad, la viscosidad y el contenido de sólidos solubles. El rendimiento representó el porcentaje de jugo obtenido, a partir de arilos, después de una centrifugación a 3500 r.p.m. durante 15 minutos^[8]. La luminosidad (L*) se midió utilizando un colorímetro MINOLTA® (Sin *et al.*, 2006)^[9]. La viscosidad fue determinada en cP utilizando un viscosímetro BROOKFIELD® (Modelo LVDV-III Ultra, Brookfield Engineering Laboratory, Inc., Middleboro, USA) a 100 r.p.m. con un *spindle* SC4-18^[10]. Los análisis se realizaron a temperatura ambiente.

Diseño y análisis estadístico

Se utilizó un diseño central compuesto con puntos estrella y 6 puntos centrales obteniendo 30 tratamientos, tal como se muestra en la Tabla 1. Se trabajó por triplicado y los resultados obtenidos fueron analizados con *Design Expert 7*®.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de muestra

Los resultados obtenidos y mostrados en la Tabla 2 son similares a los reportados por Casimir *et al.*^[2], que reportan valores de 13,6 – 13,8°Brix con un rango de pH de 2,8 a 2,9; el cual es ligeramente superior al encontrado en el maracuyá proveniente de la provincia de Casma. Además, menciona un rango de porcentaje de ácido cítrico de 3,5 a 5,5 el cual es ligeramente superior al encontrado en la investigación.

Florez *et al.*^[11] reportan para el jugo extraído de la pulpa un pH de $3,1 \pm 0,05$ a 25 °C, un contenido de sólidos totales de $22,0 \pm 0,8\%$, unos sólidos solubles de $16,2 \pm 0,02$ °Brix a 20 °C y una acidez total de $4,22 \pm 0,07$ g de ácido cítrico/100 g de jugo; reportando un índice de madurez de 3,9 que corresponde a un fruto maduro y apto para su procesamiento industrial en Colombia.

Tabla 1: Matriz de diseño central compuesto para licuefacción enzimática de pulpa de maracuyá.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	pH	Rapidase TF (ppm)
1	30	30	2,5	300
2	40	25	2,0	250
3	40	25	2,0	350
4	40	25	3,0	250
5	40	25	3,0	350
6	40	35	2,0	250
7	40	35	2,0	350
8	40	35	3,0	250
9	40	35	3,0	350
10	50	20	2,5	300
11	50	30	1,5	300
12	50	30	2,5	200
13	50	30	2,5	300
14	50	30	2,5	300
15	50	30	2,5	300
16	50	30	2,5	300
17	50	30	2,5	300
18	50	30	2,5	300
19	50	30	2,5	400
20	50	30	3,5	300
21	50	40	2,5	300

22	60	25	2,0	250
23	60	25	2,0	350
24	60	25	3,0	250
25	60	25	3,0	350
26	60	35	2,0	250
27	60	35	2,0	350
28	60	35	3,0	250
29	60	35	3,0	350
30	70	30	2,5	300

Tabla 2: Caracterización fisicoquímica del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Simms, var. Flavicarpa) en el estado de madurez utilizado.

Parámetro	Concentración*
Humedad (%)(bh)	84,20 ± 1,96
Sólidos solubles (°Brix)	13,28 ± 0,43
Acidez (% ácido cítrico)	5,85 ± 1,24
pH	2,75 ± 0,88
Índice de Madurez	2,34 ± 0,44

* Promedio de 10 repeticiones.

Licuefacción enzimática

Los valores experimentales obtenidos bajo las diferentes condiciones de licuefacción enzimática sobre el rendimiento, lumino-

sidad, viscosidad y sólidos solubles son mostrados en la Tabla 3.

En la Tabla 4 se puede apreciar los coeficientes de regresión para las ecuaciones polinómicas de segundo grado generadas para el rendimiento, la luminosidad, la viscosidad y el contenido de sólidos solubles. El análisis estadístico prueba que el modelo propuesto es adecuado al contemplar que en todos los casos la probabilidad o valor p es menor a 0,0001 y que el coeficiente de determinación (R^2) es mayor a 0,7^[12]. Además, se puede observar los factores que ejercen efecto significativo sobre cada una de las variables respuestas evaluadas.

Tabla 3: Efecto de los factores estudiados de licuefacción enzimática en pulpa de maracuyá.

Tratamiento	Rendimiento (%)*	Luminosidad (L*)*	Viscosidad (cP)*	Sólidos Solubles (°Brix)*
1	64,67 ± 0,60	47,81 ± 0,69	2,63 ± 0,020	14,37 ± 0,15
2	66,16 ± 0,27	48,54 ± 0,35	2,59 ± 0,006	13,73 ± 0,06
3	68,90 ± 0,26	47,55 ± 0,16	2,56 ± 0,047	13,77 ± 0,06
4	64,52 ± 0,49	47,94 ± 0,25	2,66 ± 0,057	14,77 ± 0,06
5	66,02 ± 0,12	48,61 ± 0,22	2,62 ± 0,047	14,80 ± 0,10
6	68,67 ± 0,63	46,78 ± 0,31	2,58 ± 0,015	13,90 ± 0,10
7	63,99 ± 0,30	49,33 ± 0,36	2,54 ± 0,046	13,80 ± 0,10
8	64,95 ± 0,22	49,10 ± 0,25	2,63 ± 0,015	14,63 ± 0,06
9	68,81 ± 0,30	50,10 ± 0,33	2,58 ± 0,020	14,67 ± 0,06
10	64,13 ± 0,45	49,39 ± 0,23	2,63 ± 0,049	14,30 ± 0,10
11	62,43 ± 0,06	48,50 ± 0,15	2,80 ± 0,050	13,57 ± 0,06
12	66,11 ± 0,38	48,08 ± 0,43	2,69 ± 0,035	14,30 ± 0,10
13	62,75 ± 0,61	48,92 ± 0,17	2,65 ± 0,045	14,47 ± 0,12
14	61,40 ± 0,72	49,31 ± 0,52	2,59 ± 0,072	14,47 ± 0,15
15	67,42 ± 1,16	49,99 ± 0,31	2,58 ± 0,032	14,47 ± 0,06

16	61,82 ± 0,75	50,00 ± 0,41	2,58 ± 0,040	14,53 ± 0,06
17	63,78 ± 0,87	49,70 ± 0,17	2,62 ± 0,044	14,40 ± 0,10
18	64,91 ± 0,57	49,10 ± 0,07	2,62 ± 0,030	14,53 ± 0,06
19	64,86 ± 0,72	48,97 ± 0,58	2,66 ± 0,046	14,57 ± 0,06
20	67,98 ± 0,19	48,71 ± 0,58	2,64 ± 0,047	14,73 ± 0,06
21	63,86 ± 0,80	49,50 ± 0,62	2,65 ± 0,036	14,37 ± 0,06
22	67,95 ± 0,51	50,89 ± 0,45	2,84 ± 0,025	13,63 ± 0,06
23	64,17 ± 0,74	49,78 ± 0,51	2,88 ± 0,025	13,83 ± 0,06
24	63,84 ± 0,68	47,39 ± 0,40	2,63 ± 0,015	14,70 ± 0,10
25	60,57 ± 0,48	46,29 ± 0,49	2,56 ± 0,065	14,73 ± 0,06
26	68,71 ± 0,38	50,24 ± 0,22	2,93 ± 0,040	13,87 ± 0,06
27	57,01 ± 0,13	48,46 ± 0,27	2,86 ± 0,030	13,83 ± 0,06
28	66,69 ± 0,57	46,89 ± 0,33	2,69 ± 0,025	14,50 ± 0,00
29	55,88 ± 0,46	46,52 ± 0,19	2,68 ± 0,025	14,77 ± 0,06
30	60,57 ± 0,70	48,41 ± 0,08	2,79 ± 0,040	14,43 ± 0,12

* Promedio de 3 repeticiones.

Tabla 4: Coeficientes de regresión, R² y probabilidad p para cada variable respuesta evaluada en la licuefacción enzimática.

Fuente	Rendimiento (%)	Luminosidad (L*)	Viscosidad (cP)	Sólidos Solubles (°Brix)
Intercepto	28,4270	-10,0580	3,3750	5,7850
A: Tiempo	0,6527 *	-0,0978	-0,0371	0,1769
B: Temperatura	1,7802 ***	1,3650	0,0038	0,0147 ***
C: pH	-22,1489	11,3775 ***	0,1156	3,2444 ***
D: Rapidase TF	0,1162 ***	0,0895	-0,0033	0,0032 *
AB	-0,0084 *	-0,0063 ***	0,0004	0,0002 **
AC	0,2960 ***	0,1062 ***	0,0015	-0,0217 **
AD	-0,0052 ***	0,0009 ***	-0,0001	-0,0001
BC	-0,1221 ***	-0,2032 ***	-0,0144 ***	-0,0017
BD	-0,0042 ***	-0,0010 ***	0,0001	0,0001
CD	0,0226 **	0,0035	-0,0002	0,0007
A2	0,0088	-0,0018	0,0003	-0,0020 ***
B2	-0,0012	-0,0038 ***	0,0002 ***	-0,0003 *
C2	2,4269 ***	-1,2369 ***	0,1064 ***	-0,3833 ***
D2	0,0003 ***	-0,0001 ***	0,0001 **	-0,0001
R ²	0,8735	0,8793	0,8501	0,9235
Valor p	< 0,0001 ***	< 0,0001 ***	< 0,0001 ***	< 0,0001 ***

* Factores significativos (Valor p < 0,05). ** Factores muy significativos (Valor p < 0,01). *** Factores altamente significativos (Valor p < 0,001).

Efecto sobre el rendimiento

Siti et al.^[13] afirman que la turbidez es considerada como “fango” en un jugo y que por ello con fines de marketing ésta debe ser mínima. Por lo tanto, se requiere que el jugo de maracuyá sea claro y brillante.

El rendimiento del jugo de maracuyá fue afectado significativamente, lineal y cuadráticamente por la concentración del RAPIDASE TF®. Esto concuerda por lo sostenido por Rastogi y Rashami^[14]. A diferencia de lo obtenido por Tadakittisarn

et al.^[15], el efecto lineal fue negativo y el cuadrático fue positivo.

La temperatura ejerció un efecto lineal significativo dentro del rango evaluado, mientras que el pH, un efecto cuadrático, lo que concuerda con lo concluido por Shahaden y Abdullah^[16] que afirman que la concentración de enzima tiene más efecto sobre el rendimiento que el pH y la temperatura.

Fennema^[17] sostiene que la temperatura, pH y otras variables influyen sobre la actividad enzimática. La degradación de la pectina y hemicelulosa reduce la capacidad de retención de agua, de tal manera, que el agua liberada en el sistema causa reducción de la viscosidad incrementando el rendimiento^[10,18]. El tiempo ejerce un efecto negativo sobre el rendimiento. Esto concuerda por lo reportado por Télesphore y He (2009)^[19].

Efecto sobre la luminosidad

En el rango de tiempo evaluado el tiempo no ejerce efecto significativo sobre la luminosidad del jugo de maracuyá. Por el contrario, Liew Abdullah et al^[12] encontraron que el tiempo de incubación ejercía un efecto negativo lineal sobre la L^* . Sin embargo, a partir de los 80 min este valor tendía a incrementarse debido a la formación de complejos de proteínas-taninos. El pH, la concentración de enzimas y la temperatura ejercieron un efecto cuadrático significativo.

Kilara^[20] halló que la temperatura afectaba significativamente en forma positiva si está por debajo de la temperatura de desnaturalización, comprendida entre 40 °C y 60 °C. Sin embargo, el mayor valor de L^* se reportó a los 54 °C. El aumento de la concentración de la enzima puede incrementar la luminosidad debido a la exposición de la carga positiva de la proteína, lo cual reduce la repulsión electrostática entre la nube de partículas que causaron la agregación de partículas más grandes y finalmente se establecieron^[9,16].

Efecto sobre la viscosidad

Los jugos de fruta con alta viscosidad pueden causar problemas durante el proceso de pas-

teurización y filtración. Por ello es conveniente un tratamiento enzimático previo para reducir la viscosidad de las pulpas^[13].

La viscosidad es afectada significativamente por la temperatura, el pH y concentración de enzima, en forma lineal y cuadrática. El tiempo no afectó significativamente a la viscosidad. Lee et al^[10] sostienen que el incremento de la temperatura aumenta la velocidad de las reacciones enzimáticas, reduce la capacidad de retención de agua, disminuyendo así la viscosidad del jugo.

Efecto sobre los sólidos solubles

El incremento de la concentración de azúcares solubles y totales es bastante valorado por la industria de pulpas concentradas, influyendo positivamente en sus rendimientos^[21].

El pH ejerce un efecto significativo, lineal y cuadráticamente sobre los sólidos solubles. Mientras que la concentración de enzimas, solo lineales. El tiempo y la temperatura ejercen efectos cuadráticos significativos. Flórez et al^[11] concluyeron que se necesita de enzimas pectinolíticas y celulíticas para hidrolizar la mayoría de los polisacáridos de la pared celular, aproximadamente el 90%, de los arilos de maracuyá.

Optimización

Las optimizaciones individuales de cada una de las variables respuesta evaluadas se presentan en la Tabla 5. Allí se puede apreciar que se consigue incrementar el rendimiento en un 40,42% con respecto al rendimiento de pulpa sin tratar. Asimismo se puede incrementar la luminosidad en un 20,86% y los sólidos solubles en un 13,10%. La viscosidad disminuyó en 18,58%.

Sin embargo, cuando se realiza una optimización simultánea de las cuatro variables los incrementos no son tan grandes. Así, el rendimiento, la luminosidad y los sólidos solubles aumentan en un 29,78%, 12,25% y 9,86%, respectivamente. Mientras que la viscosidad disminuye en un 7,77%.

Tabla 5: Comparación de valores óptimos obtenidos.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	pH	Rapidase TF (ppm)	Rendimiento (%)	Luminosidad (L*)	Viscosidad (cP)	Sólidos solubles (°Brix)
	Pulpa sin tratar			59,33	45,88	2,96	13,28
30,00	20,04	3,50	400,00	83,31	-	-	-
70,00	20,00	1,50	200,20	-	55,45	-	-
30,00	40,00	1,53	326,68	-	-	2,41	-
54,11	24,22	3,50	396,73	-	-	-	15,02
32,04	33,91	3,23	400,00	77,00	51,50	2,73	14,59

La Figura 1 nos ilustra el área correspondiente a la optimización multirespuesta o simultánea de las cuatro variables respuesta: rendimiento, luminosidad, viscosidad y sólidos solubles. Allí podemos apreciar la zona donde se encuentran las condiciones óptimas de licuefacción enzimática.

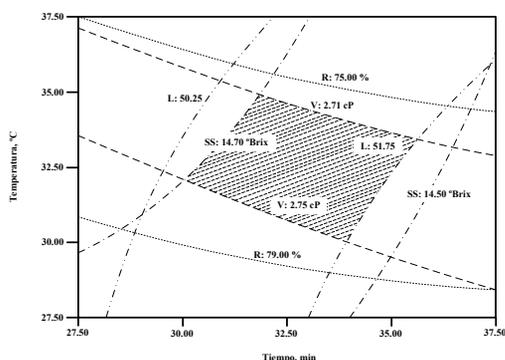


Figura 1: Superficie de contornos sobrepuesta para la optimización del rendimiento (R), viscosidad (V), sólidos solubles (SS), y luminosidad (L), en una licuefacción enzimática de maracuyá a pH 3,23 y 400 ppm de Rapidase TF®.

IV. CONCLUSIONES

- Dentro del rango evaluado, el tiempo solo es significativo con el rendimiento y sólidos solubles.
- La temperatura, el pH y la concentración de RAPIDASE TF® fueron significativos para las cuatro variables evaluadas debido a la influencia que tiene la temperatura y pH sobre la actividad enzimática.
- El rendimiento puede aumentar de 59,33 hasta 83,31% a 30°C, 20,04 min, 3,5 de pH y 400 ppm de RAPIDASE TF®.

- La luminosidad puede aumentar un 20,86% utilizando 70°C, 20 min, pH 1,5 y 200,2 ppm de RAPIDASE TF®.
- La viscosidad puede reducirse de 2,96 cP hasta 2,41 cP operando a 30°C, 40 min, pH 1,53 y 326,68 ppm de RAPIDASE TF®.
- Los sólidos solubles pueden aumentar en 1,74°Brix a condiciones de 54,11°C, 24,22 min, pH 3,5 y 396,73 ppm de RAPIDASE TF®.
- Realizando una optimización multirespuesta, se obtiene un rendimiento de 77%, 51,50 de Luminosidad, 2,73cP y 14,56°Brix utilizando 32,04°C, 33,91 min, pH 3,23 y 400 ppm de RAPIDASE TF® con los que se obtienen.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Occeña-Po L. Banana, Mango, and Passion Fruit. En: Hui Y.H. Editor. Handbook of Fruits and Fruit Processing. Iowa:Blackwell Publishing; 2006.
- [2] Casimir D, Keffer J, Whittfield F. Technology and flavor, chemistry of passion fruit juices and concentrates. En: Chichester C.O., Mrak E.M., Stewart G.F. Editores. Advances in Food Research. Volume 27. USA: Academic Press; 1981.
- [3] Contreras JC., Charles AV., Renovato J, Montañez JC., Espinoza JD, Medina

- MA, Zamora CA. Desarrollo de un Bio-proceso de Licuefacción de Pulpa de Maracuyá por Vía Enzimática. En: XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Mérida;2005. [Consultado 16 Octubre 2011]. Disponible en: http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/merida05/TRABAJOS/AREA_III/CIII-12.pdf.
- [4] Vaillant F, Millan P, O'Brien G, Dornier M, Decloux M, Reynes M. Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction. *J Food Eng.* 2009; 42 (4): 215-224.
- [5] Vaillant F, Millan A, Dornier M, Decloux M, Reynez M. Strategy for the economical optimization of clarified pulpy fruit juices using cross flow microfiltration. *J. Food Eng.* 2001;48(1): 83-90.
- [6] López J, Mondrego A. Coordinadores. La biotecnología y su aplicación en España. España: Servicios Editoriales S.A.; 1994.
- [7] Sreenath H, Sudarchana K, Santhnam K. Enzymatic Licuefaction of Some Varieties of Mango Pulp. *Food Science and Technology.* 1995; 28(2): 196-200.
- [8] AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 2 Vol. 15 Edición. Washington, USA: AOAC International; 1990.
- [9] Sin HN, Yusof S, Sheikh Abdul Hamid N, Abd.Rahman R. Optimization of enzymatic clarification of sapodilla juice using response surface methodology. *J Food Eng.* 2006;73(4): 313-319.
- [10] Lee WC, Yusof S, Hamid NSA, Baharin BS. Optimizing condition for enzymatic clarification of banana juice using response surface methodology (RSM). *J. Food Eng.* 2006;73 (1): 55-63.
- [11] Flórez LM, Fernández A, Martínez N. Hidrólisis Enzimática de los Sólidos Insolubles de la Pulpa de Maracuyá. *Revista Alimentos Hoy. ACTA.* 2007; Número 10. Octubre. [Consultado 16 Octubre 2011]. Disponible en: <http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/85/93>.
- [12] Liew Abdullah AG., Sulaiman NM, Aroua MK, Megat Mohd Noor MJ. *J Food Eng.* 2007; 81(1): 65-71.
- [13] Siti MK, Abdul Ghani LA, Nur Aliaa AR, Siti H, Rozita O. Comparison on Optimization of Star Fruit juice using RSM between two malasyan star fruits varieties (B₁₁ and B₁₀). *Pertanika J. Sci & Technol.* 2008;16(1): 1-13.
- [14] Rastogi NK, Rashmi KR. Optimization of enzymatic liquefaction of mango pulp by response surface methodology. *Eur Food Res. Technol.* 1999; 209 (1): 57-62.
- [15] Tadakittisarn S, Haruthaithanasan V, Chompreeda P, Suwonsichon T. Optimization of Pectinase Enzyme Liquefaction of Banana 'Gros Michel' for Banana Syrup Production. *Kasetsart J Nat Sci.* 2007; 41(4): 740-750.
- [16] Shahaden S, Abdullah A. Optimizing enzyme concentration, pH and temperature in banana juice extraction. *Asean Food Journal.* 1995;10(3): 107-111.
- [17] Fennema O. Editor. *Química de los Alimentos.* 2da Edición. Zaragoza: Editorial Acribia;2000.
- [18] Kashyap DR, Vohra PK, Chopra S, Tewari R. Application of pectinases in the commercial sector: a review. *Bioresource Technology.* 2001;77(3): 215-227.
- [19] Télesphore M, He Q. Optimization Of Processing Parameters for Cloudy Passion Fruit Juice Processing Using

- Pectolytic and Amylolytic Enzymes. Pakistan Journal of Nutrition.2009; 8(11): 1806-1013.
- [20] Kilara A. Enzymes and their uses in the processed apple industry: A Review. Process Biochemistry.1982; 23(1): 35-41.
- [21] López SE. Caracterización bioquímica y solubilización de los precipitados formados en el jugo clarificado de arazá (*Eugenia stipitata*) obtenido por procesos enzimáticos y membranarios. [Tesis de Licenciatura]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2011.