Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

UNT

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Efecto del ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en la obtención de azúcares reductores de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)

(Effect of phosphoric acid and hydrolysis time on the obtaining of reducing sugars from maracuya shell flour (*Passiflora edulis*))

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Yupanqui Benites, Maritza Isadora Lisbeth

ASESOR: Dr. Vegas Niño, Rodolfo Moisés

HUAMACHUCO – PERÚ

2020

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO

Presentado por:

Yupanqui Benites Maritza Isadora Lisbeth

Aprobado por:

MSc. Barraza Jáuregui Gabriela del Carmen

Presidente

Mg. Zavaleta Guzmán Karla Margielly

Secretaria

Dr. Vegas Niño Rodolfo Moisés

Miembro Vocal

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

DEDICATORIA

A mis padres Lupe y Elmer

por brindarme su apoyo incondicional, tanto moral como económico.

Por su amor, comprensión y educación no solo durante el transcurso

de mi formación profesional, sino de toda la vida.

A mi hermano Hobbie por estar conmigo en todo momento, dándome consejos y

por estar alentándome a seguir adelante con este proyecto.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme e iluminarme
durante todo mi camino, dándome fuerzas
para superar cualquier obstáculo y
dificultades a lo largo de mi vida.

A la Universidad Nacional de Trujillo,
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
que han sido importantes en mi formación académica,
así como también a los diferentes docentes que
brindaron sus conocimientos y apoyo.

Al Dr. Rodolfo Vegas Niño por la ayuda,
paciencia, dedicación y asesoramiento de esta tesis,
ya que sin sus correcciones y consejos
no hubiera sido posible la elaboración de este trabajo.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ÍNDICE

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

RESÚMEN iv

ABSTRACT v

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1 MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) 1

1.1.1 HIDRÓLISIS ÁCIDA DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS (MLCS) 2

A. DISOLUCIONES DE AZÚCARES POR HIDRÓLISIS DE LA FRACCIÓN HEMICELULÓSICA 4

B. DISOLUCIONES DE GLUCOSA POR HIDRÓLISIS DE LA FRACCIÓN CELULÓSICA 9

C. PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN DE LA HIDRÓLISIS ÁCIDA 11

II. MATERIALES Y MÉTODOS 14

2.1 Materia prima 14

2.3 Materiales de laboratorio 14

2.4 Equipos e instrumentos 14

2.5 Metodología 15

2.6 Diseño experimental 18

III. RESULTADOS 20

3.1 Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá 20

3.2 Porcentaje de azúcares reductores y sólidos solubilizados en licores de harina de cáscara de maracuyá por tratamiento térmico a 121 °C 20

3.3 Análisis estadístico 21

3.4 Superficie de respuesta de la concentración de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá por efecto de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis a 121°C. 23

IV.DISCUSIONES 24

4.1 Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá 24

4.2 Porcentaje de sólidos solubilizados y azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá por tratamiento térmico a 121 °C 24

4.3 Condiciones óptimas de la concentración de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en la obtención de azúcares reductores. 28

V. CONCLUSIONES 29

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 30

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

RESÚMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar efecto de la concentración de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en la obtención de azúcares reductores (AR) de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) variedad flavicarpa a 121 °C en autoclave. La materia prima de estudio provino del caserío El Convento, distrito de Huamachuco convirtiéndola en harina por secado convectivo cuyo análisis fisicoquímico determinó un 8.82% de humedad, 6.32 % de cenizas, pH 4.15 y sólidos totales 91.18%. Se empleó un diseño factorial DCCR con 11 tratamientos donde las variables independientes fueron la concentración de ácido fosfórico (4 – 7%) y tiempo (50 – 120 minutos); donde la concentración de harina en el medio ácido fue al 5% p/p. La determinación de AR se realizó por titulación (método Lane Eynon) a los licores de hidrólisis obteniendo un valor máximo de 6.7% p/p, así mismo una concentración de 75.45 g de AR por cada 100 gramos de sólidos presentes en los licores.

Se logró optimizar el mayor contenido de AR presentes en el medio hidrolizado de harina de cáscara de maracuyá con valores entre 6.5 – 7.3 % de ácido fosfórico y 80 – 102 minutos, válido para una temperatura de 121°C y bajo las condiciones de funcionamiento del autoclave utilizado.

Palabras claves: *Passiflora edulis*, azúcares reductores, hidrólisis, ácido fosfórico.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ABSTRACT

This research work aimed to evaluate the effect of phosphoric acid concentration and hydrolysis time on obtaining reducing sugars (AR) from passion fruit peel flour (*Passiflora edulis*) variety flavicarpa at 121 ° C in an autoclave. The raw material for the study came from the El Convento farmhouse, Huamachuco district, converting it into flour by convective drying whose physicochemical analysis determined 8.82% humidity, 6.32% ash, pH 4.15 and total solids 91.18%. A DCCR factorial design was used with 11 treatments where the independent variables were the concentration of phosphoric acid (4-7%) and time (50-120 minutes); where the flour concentration in the acidic medium was 5% w / w. The determination of AR was carried out by titration (Lane Eynon method) to the hydrolysis liquors obtaining a value maximum of 6.7% w/w, as well as a concentration of 75.45 g of AR per 100 grams of solids present in the liquors.

It was possible to optimize the highest content of AR present in the hydrolyzed medium of passion fruit peel with values between 6.5 – 7.3% phosphoric acid and 80 - 102 minutes, valid for a temperature of 121 ° C and under the operating conditions of the autoclave used.

Key words: *Passiflora edulis*, reducing sugars, hydrolysis, phosphoric acid.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

I. INTRODUCCIÓN

1.1 MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)

El fruto del maracuyá está formado por la corteza que al interior contiene semillas envueltas en una pulpa comestible y bastante ácida, semejante a la granadilla (Bustos y Calvopiña,1990).

El fruto es de forma ovoide, tiene una cáscara dura de color amarillo o púrpura. Su peso es variable (60 – 90 g) y tiene un diámetro aproximado de 35 a 80 mm. Cuando está madura su interior consiste en un conjunto de semillas pequeñas envueltas en una pulpa viscosa, transparente, de sabor agridulce, aroma particular y de color anaranjado amarillo (Olaya, 1992).

La corteza es gruesa, pero se rompe fácilmente y se desprende con facilidad de la masa interna (Bustos y Calvopiña, 1990). El flavedo es el tejido exterior que está en contacto con la epidermis. El albedo se encuentra debajo del flavedo y constituye la mayor parte de la corteza (Guanoluisa y Ronquillo, 1988).

La composición de la maracuyá fresca es de 10-15% de semillas, 30 – 40% de pulpa, teniendo un mayor porcentaje de cáscara de 50 – 60%. La cáscara de maracuyá ha sido utilizada para elaborar raciones para animales, ya que es rica en aminoácidos, proteínas, carbohidratos y pectinas. Debido a que tiene de un 10 a 20% de pectina en la cáscara es utilizada en la elaboración de jaleas y gelatinas (Olaya, 1992).

En la Tabla 1 se detalla la representación química de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) variedad flavicarpa.

Tabla 1: Composición química de la cáscara de maracuyá variedad flavicarpa

PARÁMETROS	COMPOSICIÓN (%)
Materia seca	87.50
Materia Orgánica	91.43
Proteínas	7.70
Cenizas	8.57
Grasa	2.87
Fibra	39.74

Fuente: Bermeo (2005)

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

1.1.1 HIDRÓLISIS ÁCIDA DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS (MLCS)

Este tipo de hidrólisis puede realizarse utilizando diversos ácidos como el nítrico, clorhídrico, sulfúrico, sulfuroso, fosfórico y fórmico (Galbe y Zacchi, 2002). Pero, sólo algunos son empleados a escala industrial como el ácido sulfúrico y clorhídrico. Los tratamientos industriales de hidrólisis ácida pueden agruparse en dos tipos: los que utilizan ácidos concentrados y los que emplean ácidos diluidos.

- ✓ **Hidrólisis ácida concentrada**

  Estos procesos que implican ácidos concentrados trabajan a temperaturas bajas, obteniendo importantes rendimientos de hidrólisis (por encima al 90% de la glucosa potencial). Debido a esto, la elevada cantidad de ácido utilizado en la impregnación de la materia prima a tratar y el costo de su reutilización, unido a los efectos corrosivos de los ácidos concentrados que obliga a realizar elevadas inversiones en los equipamientos, hacen que el proceso no sea rentable. Además, tiene el inconveniente de que es necesario una costosa etapa de neutralización previa a la fermentación (Keller, 1996).

- ✓ **Hidrólisis ácida diluida**

  Este tipo de hidrólisis aplica ácidos poco concentrados, su principal ventaja es el bajo consumo de ácidos. Pero, se necesitan temperaturas elevadas para obtener rendimientos aceptables de conversión de celulosa a monómeros glucosa. El máximo rendimiento en glucosa se logra a elevadas temperaturas y tiempos cortos. Este tipo de procesos trabajan a una temperatura de 240 ºC, una concentración de ácido de 1 % (p/v) y un tiempo de reacción de 6-12 segundos (Wyman, 1996).

  Debido a las altas temperaturas empleadas en estos procesos, provoca una mayor corrosión en los equipos, así mismo aumenta la degradación de los azúcares hemicelulósicos lo que puede afectar a su posterior etapa de fermentación.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

En la Figura 1 se esquematiza los diferentes métodos de hidrólisis de polisacáridos que hay, y los diferentes productos que se pueden obtener (Carvalheiro *et al.*, 2008).

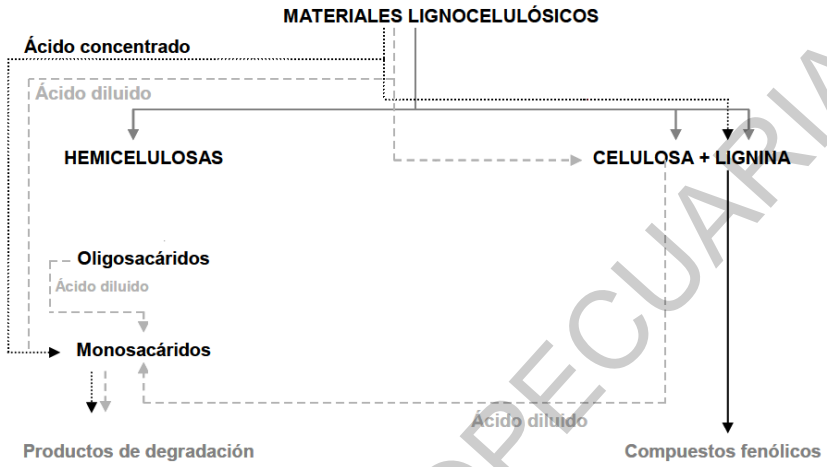

Figura 1: Métodos de hidrólisis ácida (concentrada y diluida)

Con el objetivo de reducir la degradación de los azúcares generados en la hidrólisis, se puede emplear un proceso de dos fases. En la primera a condiciones menos intensas, se produce la hidrólisis de la hemicelulosa, debido a su estructura se hidroliza más fácilmente. Esto permite que en la segunda etapa, a condiciones más severas, se produzca la hidrólisis de la celulosa, evitando de este modo la degradación de los azúcares hemicelulósicos producidos en la primera etapa. Mediante los procesos en dos etapas es posible conseguir hasta un 98% de recuperación de los azúcares hemicelulósicos a partir de maderas blandas (abeto rojo, pino, eucalipto, cedro); sin embargo, los rendimientos en glucosa no superan el 50% (Nguyen *et al.*, 1999). Las temperaturas elevadas que se necesita para la hidrólisis de la celulosa hacen que se generen productos de degradación de los azúcares, que además de reducir el rendimiento del proceso, puede afectar a la posterior etapa de fermentación.

El aprovechamiento de la fracción hemicelulósica y/o celulósica de los MLCs para procesos de bioconversión implica la hidrólisis de estas fracciones a sus monómeros constituyentes (y eventualmente, a productos de degradación de éstos) dejando la lignina como residuo insoluble (Rivas, 2006).

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

A. DISOLUCIONES DE AZÚCARES POR HIDRÓLISIS DE LA FRACCIÓN HEMICELULÓSICA

Para el desarrollo de un proceso que pretenda aprovechar un determinado azúcar hemicelulósico, debe seleccionarse como materia prima un MLC con un contenido significativo en el polímero correspondiente.

La obtención de hidrolizados de azúcares hemicelulósicos por hidrólisis de MLCs exige operar en condiciones seleccionadas de temperatura, tiempo de reacción, relación líquido-sólido (RLS) y concentración de catalizador (en su caso), a fin de alcanzar concentraciones de azúcares elevadas, lograr concentraciones de los subproductos de reacción tolerables por los microorganismos (fundamentalmente ácido acético, furfural, hidroximetilfurfural -HMF- y productos de degradación de la lignina, que pueden inhibir la fermentación) y limitar reacciones de degradación de la celulosa que perjudicarían un proceso de aprovechamiento integral de la materia prima (Rivas, 2006).

La Tabla 2 resume datos bibliográficos sobre la composición de hidrolizados hemicelulósicos empleados como medios fermentativos procedentes de diferentes MLCs. El azúcar mayoritario (xilosa o manosa) depende de la materia prima, aunque también aparecen otros azúcares (como glucosa y arabinosa) y distintos subproductos de reacción, que pueden actuar como inhibidores del metabolismo microbiano posterior.

A continuación, se reporta una compilación de los procedimientos químicos más utilizados para la obtención de disoluciones de azúcares a partir de la fracción hemicelulósica.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

Tabla 2: Materias primas, tecnologías de hidrólisis y composición de hidrolizados hemicelulósicos empleados como medios fermentativos

Materia prima	Procedimiento de hidrólisis		Azúcar (g · L^{-1})					Inhibidor (g · L^{-1})					Referencia
			Xilosa	Glucosa	Arabinosa	Manosa	Galactosa	Ácido Acético	Furfural	HMF[1]	pHB[2]	Vainillina	
MATERIALES DE ORIGEN FORESTAL													
Maderas blandas													
Maderas blandas	SO_2	203 °C	6,4	4,5	1,7	10,0	1,3	2,8	-	-	-	-	Parekh *et al*., 1987
	H_2SO_4		9,4	6,2	-	17,5	3,7	-	0,3	0,5	-	-	Miyafuji *et al*., 2003
	H_2SO_3		7,8	3,3	1,7	16,2	-	-	-	-	-	-	Yu *et al*., 1987
	H_2SO_3		11,0	6,0	4,5	16,5	-	-	-	-	-	-	Lindén y Hahn-Hägerdal, 1989
	H_2SO_3		9,0	7,0	2,0	21,0	6,0	3,0	0,2	-	-	-	Björling y Lindman, 1989
Abeto rojo	H_2SO_4		21,8	7,8	-	45,1	5,3	1,3	0,7	-	-	-	Purwadi *et al*., 2004
Pino	HCl	167 °C	5,6	5,2	1,7	9,2	1,2	0,4	-	-	-	-	Prior *et al*., 1989
Eucalipto	H_2SO_4	190 °C	30,0	1,5	2,8	1,0	3,7	10,0	-	-	-	-	Ferrari *et al*., 1992
Maderas duras													
Maderas duras	HCl	165 °C	15,3	6,3	0,9	1,2	0,8	4,8	-	-	-	-	Parekh *et al*., 1987
Álamo	HCl	165 °C	15,3	6,3	0,9	1,2	0,8	0,6	-	-	-	-	Prior *et al*., 1989
Roble	H_2SO_4	150 °C	50,0	-	-	-	-	12,1	1,3	-	-	-	Tran y Chambers, 1986
	H_2SO_4	1 etapa	43,5	9,0	2,9	3,4	-	10,9	0,9	0,3	-	-	
		2 etapas	90,1	5,0	5,2	6,9	-	31,2	2,9	1,2	-	-	Converti y Del Borghi, 1998
Sauce	H_2SO_4	215 °C	8,9	5,5	-	5,6	-	3,0	1,3	6,9	-	-	Taherzadeh *et al*., 1997

Fuente: Adaptado de Rivas (2006)

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

Tabla 2: Materias primas, tecnologías de hidrólisis y composición de hidrolizados hemicelulósicos empleados como medios fermentativos (Continuación)

Materia prima	Procedimiento de hidrólisis		Azúcar (g · L^{-1})					Inhibidor (g · L^{-1})					Referencia
			Xilosa	Glucosa	Arabinosa	Manosa	Galactosa	Ácido Acético	Furfural	HMF[1]	pHB[2]	Vainillina	
MATERIALES DE ORIGEN AGRÍCOLA													
Cebada	H_2SO_4	130 °C	35,6	5,9	7,1	-	-	2,4	0,3	<0,1	-	-	Cruz *et al.*, 2000
Hojas de maíz	H_2SO_4	130 °C	22,5	2,0	3,6	-	-	-	0,3	<0,1	-	-	Cruz *et al.*, 2000
Paja de arroz	H_2SO_4	145 °C	16,2	6,0	2,2	-	-	0,6	-	-	-	-	Roberto *et al.*, 1994
		140 °C	61,0	18,9	11,0	-	-	1,5	-	-	-	-	Roberto *et al.*, 1995
Paja de maíz	H_2SO_4	140 °C	35,0	5,9	5,1	2,8	2,9	3,4	1,3	0,2	-	-	Xie *et al.*, 2005
	H_2SO_4	121°C	12,1	1,1	-	-	-	1,1	2,2	-	-	-	De Mancilha y Karim, 2003
Paja de trigo	H_2SO_4	100 °C	8,1	2,0	1,1	-	-	-	-	-	-	-	Garde *et al.*, 2002
	H_2SO_4	121 °C	19,5	8,2	3,0	-	-	1,1	0,3	0,2	-	-	Canilha *et al.*, 2005
Paja de sorgo	H_2SO_4	100 °C	18,3	6,8	-	-	-	1,4	0,7	-	-	-	Téllez-Luis *et al.*, 2002
	HCl	122 °C	16,2	3,8	-	-	-	1,9	2,0	-	-	-	Herrera *et al.*, 2003
Sarmiento de vid	H_2SO_4, 2%	130 °C	18,1	12,0	4,6	-	-	5,6	1,6	0,2	-	-	Bustos *et al.*, 2004
	H_2SO_4, 3%	130 °C	18,2	11,8	4,7	-	-	5,9	1,0	0,2	-	-	Bustos *et al.*, 2004
Zuros de maíz	HCl	100 °C	70,0	7,4	5,3	-	-	8,9	-	-	-	-	Domínguez *et al.*, 1997
	H_2SO_4	100 °C	64,8	5,1	4,8	-	-	8,1	-	-	-	-	Domínguez *et al.*, 1997
	H_2SO_4	130 °C	35,3	3,2	4,6	-	-	3,7	0,3	<0,1	-	-	Cruz *et al.*, 2000

Fuente: Adaptado de Rivas (2006).

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

Tabla 2: Materias primas, tecnologías de hidrólisis y composición de hidrolizados hemicelulósicos empleados como medios fermentativos (Continuación)

Materia Prima	Procedimiento de hidrólisis		Azúcar (g · L^{-1})					Inhibidor (g · L^{-1})					Referencia
			Xilosa	Glucosa	Arabinosa	Manosa	Galactosa	Ácido Acético	Furfural	HMF[1]	pHB[2]	Vainillina	
MATERIALES DE ORIGEN INDUSTRIAL Y URBANO													
Bagazo de caña	H_2SO_4	190 °C	140,0[3]	-	-	-	-	6,0	0,2	-	-	-	Roberto *et al.*, 1991
		190 °C	90,6	18,8	11,0	-	-	16,7	-	-	-	-	Gong *et al.*, 1993
		140 °C	18,5	5,1	-	-	-	4,7	2,0	<0,1	-	-	Pessoa *et al.*, 1996
		130 °C	40,5	5,5	5,1	-	-	10,4	3,6	-	-	-	Watson *et al.*, 1984
		120 °C	18,5	1,2	1,7	-	-	6,5	-	-	-	-	Rodrigues *et al.*, 1998
		100 °C	105,3	30,1	47,0	-	-	-	-	-	-	-	Chen y Gong, 1985
			66,9	23,9	7,9	-	-	13,9	-	-	-	-	Domínguez *et al.*, 1996
	HCl	128 °C	22,6	3,8	3,3	-	-	3,6	1,5	-	-	-	Bustos *et al.*, 2003

[1] HMF = Hidroximetilfurfural; [2] pHB = ácido p-hidroxibenzoico; [3] Medido como azúcares reductores

Fuente: Adaptado de Rivas (2006).

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

A.1 Prehidrólisis

La prehidrólisis ácida persigue la transformación de las hemicelulosas presentes en los MLCs en azúcares hemicelulósicos que pueden emplearse en procesos de bioconversión (Mussatto *et al*., 2004). Se lleva a cabo en condiciones moderadas de operación empleando ácidos minerales fuertes diluidos y tiempos de reacción cortos. Otras variables que influyen en el proceso son la relación líquido-sólido (RLS) y la temperatura (Mussatto y Roberto, 2005).

El catalizador mayoritariamente empleado es ácido sulfúrico (Bustos *et al*., 2005) aunque también se han empleado otros ácidos como ácido nítrico (Brink, 1994), ácido clorhídrico (Bustos *et al*., 2003) y ácido fosfórico (Carvalho *et al*., 2004). Carvalho *et al.* (2004), trabajando con bagazo de caña de azúcar, encontraron mayor degradación de la celulosa en reacciones de prehidrólisis operando con ácido sulfúrico que operando con ácido fosfórico, ya que los licores obtenidos con ácido sulfúrico presentaron concentraciones de glucosa más elevadas.

Los licores obtenidos mediante estos tratamientos presentan compuestos de degradación de los azúcares que pueden actuar como inhibidores de un posterior proceso fermentativo (Carvalheiro *et al*., 2005).

La fase sólida resultante de la prehidrólisis ácida está compuesta por celulosa, lignina y hemicelulosas residuales, y puede ser empleada en posteriores etapas de aprovechamiento (Rivas, 2006).

A.2 Autohidrólisis-posthidrólisis

Es un método de fraccionamiento de MLCs compuesto por dos etapas de hidrólisis en la que se combinan la despolimerización de hemicelulosas a oligosacáridos (autohidrólisis) y la conversión de estos oligosacáridos a monosacáridos (posthidrólisis con ácidos diluidos o enzimas) (Rivas, 2006).

- **Etapa de autohidrólisis**

  Las variables que rigen esta etapa son temperatura, relación líquido sólido (RLS) y tiempo de tratamiento (Garrote *et al*., 1999).

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

La moderada severidad combinación tiempo y temperatura empleada en la autohidrólisis tiene como consecuencia favorable la presencia de bajas concentraciones de productos de degradación de azúcares (Jacobsen y Wyman, 2002).

La fase sólida procedente de la autohidrólisis está compuesta mayoritariamente por celulosa, lignina y hemicelulosas residuales y puede ser empleada en posteriores etapas de aprovechamiento (Kaylen *et al*., 2000).

- **Etapa de posthidrólisis**

  La posthidrólisis de los licores obtenidos en procesos de autohidrólisis tiene por objeto la conversión de los oligómeros de hemicelulosas (que no pueden ser asimilados directamente por los microorganismos) a sus monosacáridos constituyentes.

  Las tecnologías empleadas con esta finalidad se basan en el empleo de ácidos fuertes diluidos o enzimas (Duarte *et al*., 2004). La posthidrólisis ácida presenta como ventajas frente a la hidrólisis enzimática su menor coste, su mayor simplicidad y su cinética más rápida.

B. DISOLUCIONES DE GLUCOSA POR HIDRÓLISIS DE LA FRACCIÓN CELULÓSICA

La fracción celulósica de los MLCs puede hidrolizarse a glucosa utilizando medios catalizados por ácidos o por enzimas. Por vía ácida puede realizarse de forma diluida y concentrada.

B.1 Hidrólisis con ácidos diluidos

Los procesos de hidrólisis empleando ácidos diluidos presentan una cinética correspondiente a dos reacciones irreversibles en serie. A través de la primera reacción, el polisacárido se hidroliza a glucosa, mientras que en la segunda etapa el azúcar se descompone. Entre los productos de degradación se han identificado hidroximetilfurfural (HMF), ácido fórmico y ácido levulínico (Harris *et al*., 1984).

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

La presencia de celulosa amorfa y cristalina en los MLCs nativos implica la coexistencia de reacciones que dan lugar a monosacáridos libres y productos de degradación. Dada la velocidad relativa de las distintas reacciones, una vez producida la hidrólisis de la celulosa cristalina a glucosa, una parte sustancial de la celulosa amorfa se habrá transformado en monosacáridos y productos de degradación (Rivas, 2006).

B.2 Hidrólisis con ácidos concentrados

La hidrólisis de celulosa catalizada por ácidos concentrados provoca la destrucción de la estructura cristalina de la celulosa debido a que los ácidos penetran en el seno de la celulosa y rompen los puentes de hidrógeno existentes entre las moléculas de celulosa.

Esto permite que la hidrólisis transcurra rápidamente a temperaturas moderadas, evitando reacciones de degradación y permitiendo rendimientos casi cuantitativos en glucosa a cortos tiempos de reacción (Barrier *et al*., 1985).

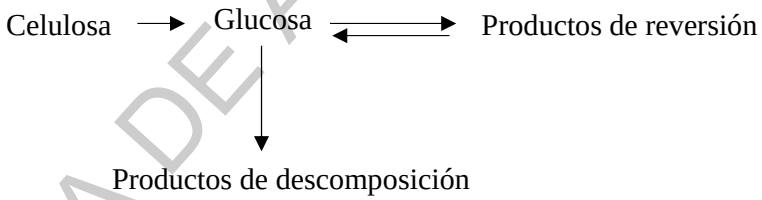

Figura 2: Hidrólisis de la celulosa catalizada por ácidos concentrados

Los productos finales de hidrólisis son oligómeros de glucosa, producidos por reversión de monosacáridos. El mecanismo resultante sigue la secuencia de reacciones que se muestra en la Figura 2.

Para la obtención de disoluciones de glucosa se necesita una etapa de posthidrólisis con ácido diluido y temperaturas moderadas para hidrolizar los oligosacáridos de glucosa a sus correspondientes monómeros (Rivas, 2006).

Los hidrolizados de glucosa obtenidos por hidrólisis ácida pueden contener productos de degradación de los azúcares o compuestos solubilizados a partir del MLC, que pueden dificultar su utilización en procesos fermentativos, por

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

lo que en ocasiones ha de acoplarse una etapa intermedia de destoxificación (Clark y Mackie, 1984).

Cuando se emplean medios de cultivo obtenidos a partir de hidrolizados hemicelulósicos, a medida que aumenta la concentración de xilosa aumenta también la concentración de otras sustancias que pueden actuar como inhibidores del proceso fermentativo, reduciendo drásticamente el rendimiento en producto y la productividad volumétrica (Rivas, 2006).

Si se emplean los métodos de hidrólisis ácida diluida y/o concentrada se pueden obtener disoluciones de azúcares a partir de MLCs, válidas para la producción de ácido láctico (Bustos *et al.*, 2005). Para llevar a cabo la producción de ácido láctico por vía fermentativa, se emplea hongos y bacterias.

En el Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de Ourense (Universidad de Vigo-España) se han llevado a cabo estudios relacionados con la obtención de ácido láctico a partir de la fracción celulósica de MLCs desde el año 1996 (Parajó *et al*., 1996). Esta línea de investigación ha abarcado distintos ámbitos, desde la evaluación de materias primas para la obtención de ácido láctico (Moldes *et al.*, 1999) hasta el desarrollo de tecnologías de producción (Moldes *et al.*, 2000) y recuperación de productos (Moldes *et al*., 2001), pasando por formulación de nuevos medios de cultivos (Bustos *et al.*, 2004).

C. PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN DE LA HIDRÓLISIS ÁCIDA

Dentro de los componentes de los MLCs, la principal reacción que se genera es la hidrólisis de la hemicelulosa, produciendo monómeros, como el furfural, e hidroximetilfurfural (HMF); en tanto la lignina sufre una condensación y precipita (Sánchez *et al.*, 2010).

En la Figura 3 se muestra las diversas reacciones y productos que se generan durante la hidrólisis de residuos de frutas y que dan lugar a compuestos inhibidores de los procesos fermentativos como el furfural, ácido fórmico, HMF, ácido acético o ácido levulínico.

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

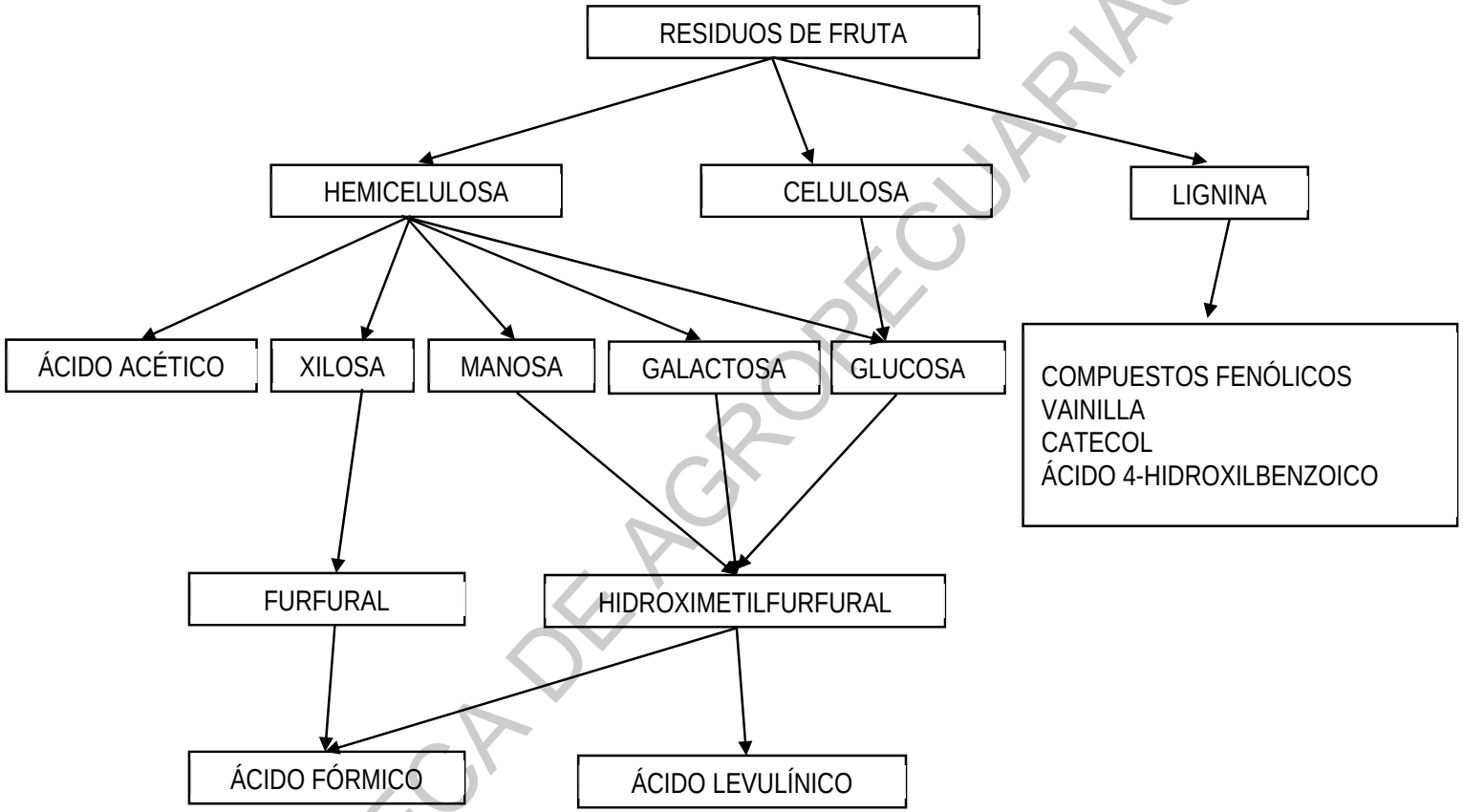

Figura 3: Reacciones y productos que ocurre durante la hidrólisis de residuos de frutas (Igbinadolor y Onilude, 2013)

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

La principal ventaja de este tipo de hidrólisis es el menor tiempo necesario de reacción. Mientras que, el principal inconveniente es la generación de subproductos como el HMF o el furfural, producto de una excesiva degradación de los azúcares y que inhiben los procesos de fermentación y la actividad enzimática. Así mismo, puede ocasionar corrosión en los equipos utilizados, lo que aumenta los costes de equipamiento, necesitando una etapa de neutralización final y los productos finales pueden causar toxicidad.

En la provincia de Sánchez Carrión (La Libertad-Perú) los caseríos productores de maracuyá y otras frutas son El Olivo y el Convento; cuya fruta es comercializada en la ciudad de Huamachuco donde solo es utilizada para la preparación de jugos, desechando la cáscara como subproducto. Este desecho podría ser reutilizado como materia prima para la obtención de aceites esenciales, colorantes y pectina.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo aprovechar la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) como materia prima para la obtención de azúcares reductores por tratamiento ácido (ácido fosfórico) con el propósito a posteriori de generar medios fermentables para la obtención de biocombustibles como el etanol o medios de cultivo para microorganismos con fines biotecnológicos.

En el presente trabajo experimental se planteó el siguiente problema de investigación: ¿Cuál será el efecto de la concentración de ácido fosfórico (4-7% p/p) y tiempo de hidrólisis (50–120 min) a 121 °C en la obtención de azúcares reductores de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) variedad flavicarpa?

Ante ello se planteó como objetivo general evaluar el efecto de la concentración de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis a 121°C en la obtención de azúcares reductores de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) variedad flavicarpa, teniendo en cuenta como objetivos específicos:

- ✓ Determinar las características fisicoquímicas de la harina de cáscara de maracuyá variedad flavicarpa.
- ✓ Determinar el porcentaje de azúcares reductores solubilizados por tratamiento térmico a 121 °C de la harina de cáscara de maracuyá mediante el método de Lane Eynon.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

- ✓ Determinar por superficie de respuesta la concentración de ácido fosfórico y tiempo óptimo de hidrólisis a 121 °C que permita la mayor obtención de azúcares reductores.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materia prima

La cáscara de maracuyá procedió del Mercado Municipal del Distrito de Huamachuco, La Libertad (Perú), el mismo que provino del caserío El Convento.

2.2 Reactivos

- Ácido fosfórico concentrado al 85%
- Fehling A: Solución de sulfato de cobre pentahidratado al 0.3%
- Fehling B: Solución al 15 % p/p de tartrato de sodio y potasio en una solución al 5% de hidróxido de sodio
- Azul de metileno 1%

2.3 Materiales de laboratorio

- Buretas de 50 ml
- Embudo de vidrio
- Matraz Erlenmeyer 250 ml marca PÍREX ± 5 %
- Pipetas graduadas 10 ml
- Envases de vidrio con sello hermético
- Vaso de precipitación de 50 y 1000 ml marca PÍREX ± 5 % (Temperatura máxima: 400 °C)
- Placas Petri Duran Group dishes 11.30
- Tubos de ensayo 10 ml
- Pinzas de acero inoxidable
- Papel filtro Whatman N° 1
- Mortero de porcelana
- Malla 16 en escala Tyler con abertura 0.991 nm

2.4 Equipos e instrumentos

- Balanza analítica marca RAD WAG (Máximo 220 g ± 10 mg)

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

- pH-metro marca ATC, rango pH 0.0– 14.0 (T° máxima 55°C)
- Equipo de destilación de agua marca BRAND (Caudal: 4L/h)
- Estufa convectiva marca ECOCELL (20 °C – 250 °C)
- Horno mufla de sobremesa tipo F6000 marca THERMOLYNE (Volumen: 14 L hasta Temperatura: 1200°C)
- Placa calefactora marca THERMO SCIENTIFIC (T° máxima 540°C)
- Autoclave marca LAB PRODUCTS AUTL P-50 (T° máxima 350°C)
- Refractómetro marca ZUZI (0 – 40 °Brix)

2.5 Metodología

La cáscara de maracuyá fue sometida a un proceso de lavado con agua de la red pública para posteriormente reducir su tamaño (cortándola en trozos). Inmediatamente fue sometida a un escaldado por 5 minutos a 85°C, luego se empleó una licuadora donde se le adicionó agua en una proporción de 1:1 p/p obteniendo una pasta, la cual se llevó a una estufa para el secado convectivo durante 3 días a 37°C. Posteriormente se sometió a un segundo triturado empleando un mortero y por último se pasó por una malla (< 1 mm), obteniendo la harina de cáscara de maracuyá.

La harina de cáscara de maracuyá sometida a hidrólisis ácida, se llevó a cabo en el autoclave a 121°C. Se dispuso en un frasco de sello hermético en una solución de ácido fosfórico a diferentes concentraciones y tiempos, de acuerdo al diseño experimental (Tabla 3) una concentración del 5% de sólidos en harina. Se dejó que el autoclave enfriara a condiciones ambientales. Se filtró, separando la fase acuosa de la sólida, con la ayuda de un papel filtro. Finalmente se determinó los azúcares reductores por el método de Lane Eynon, de acuerdo al procedimiento detallado en el Anexo 1. También se realizó la determinación de sólidos solubles y sólidos totales según metodología del Anexo 2 y 3.

Los flujogramas de procesamiento para la obtención de harina de cáscara de maracuyá, hidrólisis ácida de esta última y la obtención de azúcares reductores se presenta en las Figuras 4 y 5 respectivamente.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

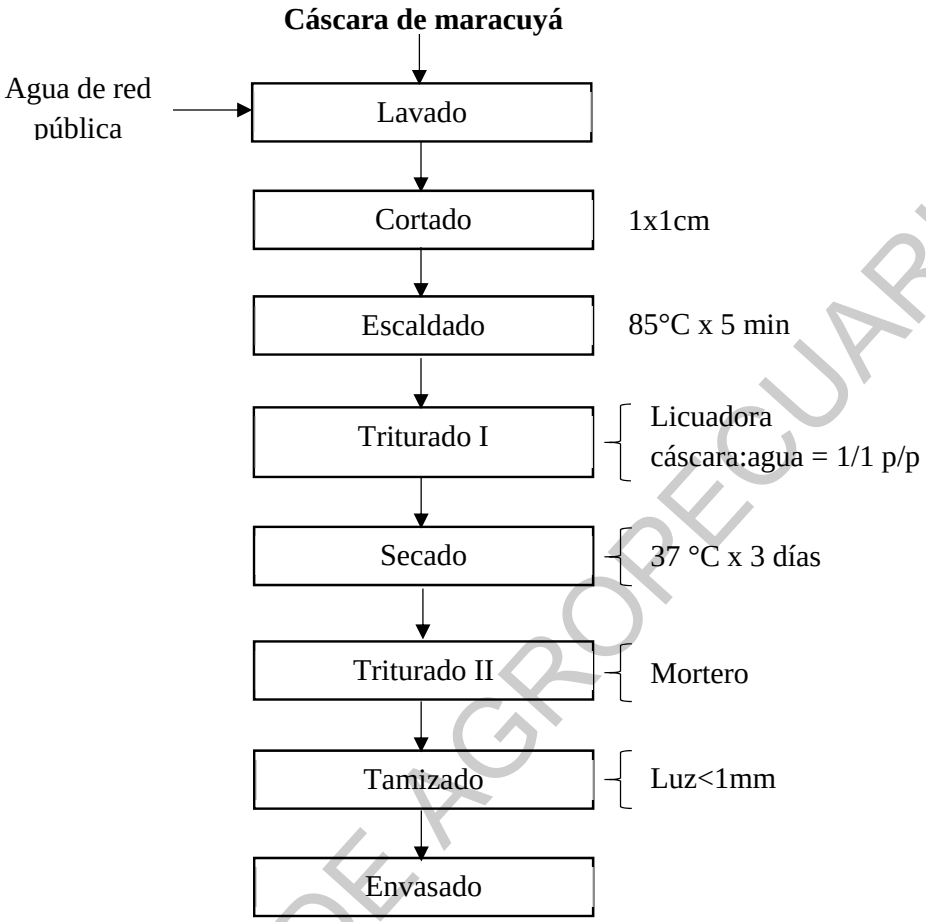

Figura 4: Flujograma para la obtención de harina de cáscara de maracuyá

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

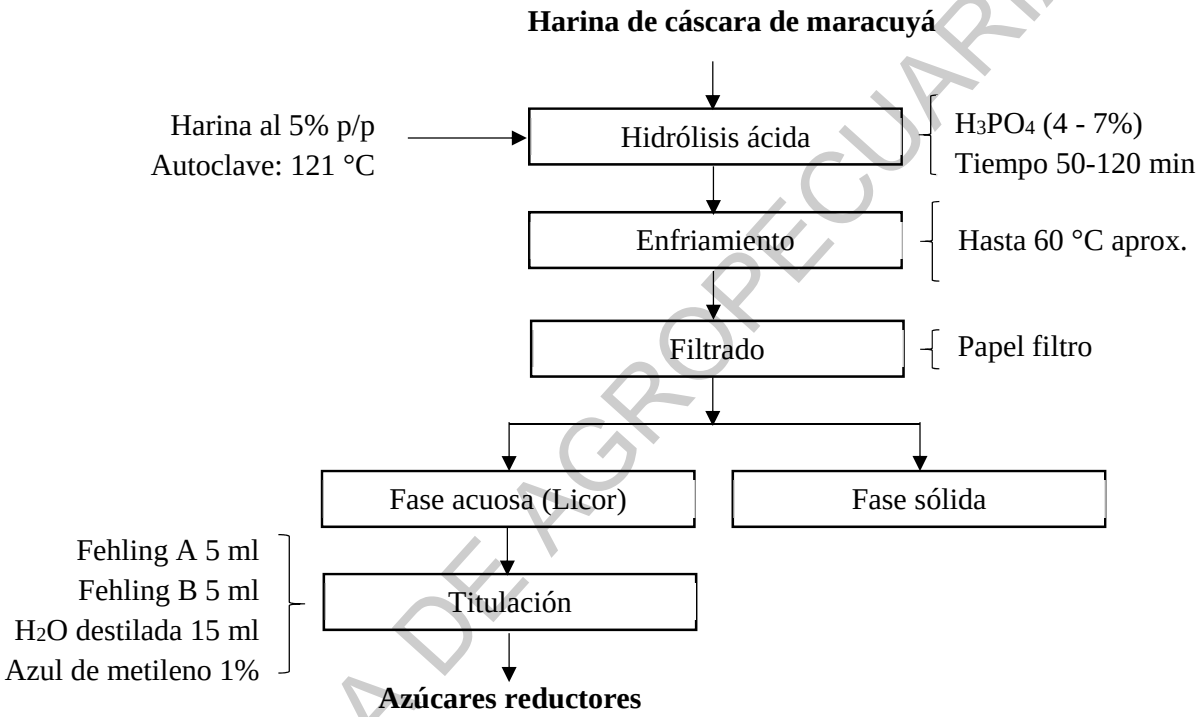

Figura 5: Flujograma de hidrólisis ácida de harina de cáscara de maracuyá y determinación de azúcares reductores

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

Los análisis fisicoquímicos realizados a la harina de cáscara de maracuyá fueron:

- Determinación de contenido de humedad y sólidos totales (Método ISO 638:2008) (ANEXO 3)
- Determinación de contenido en cenizas (Método ISO 776:1982) (ANEXO 4)
- Determinación de pH por el método potenciométrico (Método ISO 1842:1991) (ANEXO 5)

2.6 Diseño experimental

Los valores de la concentración de azúcares reductores obtenidas de hidrólisis ácida de la harina de cáscara de maracuyá fueron registrados en la Tabla 3.

Tabla 3: Registro del contenido de azúcares reductores de harina de cáscara de maracuyá hidrolizada por efecto del ácido fosfórico (%) y tiempo (min) a 121°C

Tratamientos	X_1: Concentración de ácido fosfórico (%)		X_2: Tiempo (min)		Y_I: Azúcares reductores
	Cod.	Real	Cod.	Real	
1	-1	4.4	-1	60.3	Y_1
2	1	6.6	-1	60.3	Y_2
3	-1	4.4	1	109.7	Y_3
4	1	6.6	1	109.7	Y_4
5	-1.4142	4	0	85	Y_5
6	1.4142	7	0	85	Y_6
7	0	5.5	-1.4142	50	Y_7
8	0	5.5	1.4142	120	Y_8
9	0	5.5	0	85	Y_9
10	0	5.5	0	85	Y_{10}
11	0	5.5	0	85	Y_{11}

Var. Independientes: concentración de ácido fosfórico (% p/p), tiempo (min).
Var. Dependiente: azúcares reductores

2.7 Diseño estadístico

Con los resultados (Y_1) de la Tabla 3 y utilizando el software STATISTICA 10.0, se determinó los coeficientes de regresión (Tabla 4) identificando los parámetros significativos ($p<0.05$), con lo que se elaboró un modelo matemático polinómico codificado como el que muestra a continuación (Montgomery, 2004):

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^{K} b_j X_j + \sum_{uj=1}^{k} b_{uj} X_u X_j + \sum_{j=1}^{K} b_{jj} X_j^2 \ldots\ldots\ldots\ldots u \neq j$$

Donde b_0, b_j = Coeficientes de regresión; i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3, 4

Tabla 4: Coeficientes de regresión para la respuesta Y (Azúcares reductores)

Factor	Coeficiente de Regresión	Parámetro de Error	p – valor
Media			
X_i (L)			
X_i(Q)			
Xi Xj			

L – Lineal; Q – Cuadrática

Para validar el modelo estadístico, se realizó un análisis de varianza ANVA para la respuesta investigada, verificando si las variables son significativas ($p<0.05$ y $R^2 \approx 1$).

Tabla 5: Análisis de varianza para la respuesta Y (Azúcares reductores)

Fuente de Variables	Grados de Libertad, GL	Suma de Cuadrados, SQ	Media de Cuadrados, QM	F calc.	p - valor
Regresión Lineal: RL					
Residuos .Res					
Total					

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

III. RESULTADOS

3.1 Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá

Tabla 6: Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá

Parámetro	Cantidad
Humedad (%)	8.82 ± 0.44
Cenizas (%)	6.32 ± 0.63
pH	4.15 ± 0.39
Sólidos (%)	91.18 ± 0.44
Lípidos (%)	1.22 ± 0.30

3.2 Porcentaje de azúcares reductores y sólidos solubilizados en licores de harina de cáscara de maracuyá por tratamiento térmico a 121 °C

Tabla 7: Efecto de la concentración de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en la obtención de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá

Tratamiento	Concentración de ácido fosfórico (%)	Tiempo (min)	% Sólidos totales en los licores(*)	Sólidos solubles en licores (°Brix) (**)	% Azúcares reductores en licores (***)	g azúcares reductores/100 g sólidos solubilizados
1	4.4	60.3	5.69	5.5	1.43	25.13
2	6.6	60.3	8.03	6.9	5.07	63.16
3	4.4	109.7	5.92	5.8	2.96	50.02
4	6.6	109.7	8.01	6.9	5.51	68.77
5	4	85	5.79	5.7	2.77	47.81
6	7	85	8.88	7.0	6.70	75.45
7	5.5	50	6.89	6.4	2.20	31.95
8	5.5	120	7.67	6.5	5.20	67.79
9	5.5	85	7.57	6.6	5.51	72.78
10	5.5	85	7.32	6.5	5.41	73.95
11	5.5	85	7.29	6.6	5.51	73.42

(*) Determinado en estufa a 105°C
(**) Determinado por Brixómetro corregido a temperatura de 20°C
(***) Expresado como glucosa equivalente

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

3.3 Análisis estadístico

Tabla 8: Análisis de varianza de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá hidrolizada a 121°C

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	p
(1)ácido fosfórico(%)(L)	17.27962	1	17.27962	81.38273	0.000280
ácido fosfórico(%)(Q)	1.42501	1	1.42501	6.71147	0.048798
(2)tiempo(min)(L)	4.82809	1	4.82809	22.73910	0.005021
tiempo(min)(Q)	5.71482	1	5.71482	26.91537	0.003502
1L by 2L	0.29702	1	0.29702	1.39891	0.290077
Error	1.06163	5	0.21233		
Total SS	29.48516	10			

(L) = lineal; (Q) = cuadrático

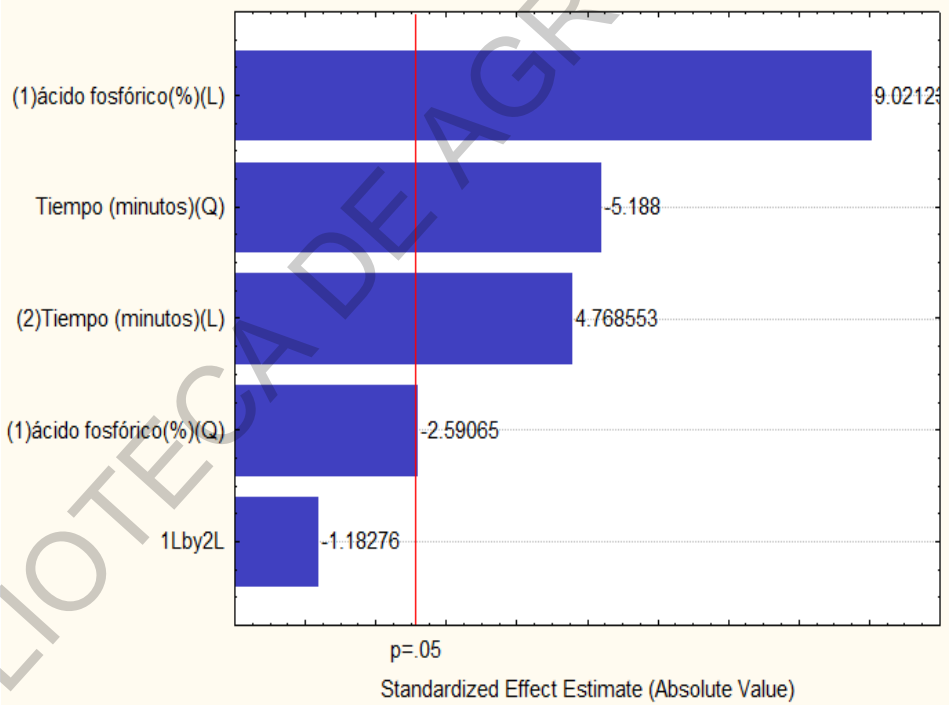

Figura 6: Gráfico de Pareto del efecto de la concentración de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

Tabla 9: Coeficientes de regresión para la determinación del contenido de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá hidrolizada

Fuente de variación	Coeficiente de regresión	Error estándar	p - valor
Mean/Interc.	-34.4160	7.204750	0.004985
(1)ácido fosfórico(%)(L)	7.0301	2.000056	0.017010
ácido fosfórico(%)(Q)	-0.4380	0.169051	0.048798
(2)tiempo(min)(L)	0.3646	0.071342	0.003738
tiempo(min)(Q)	-0.0016	0.000315	0.003502
1L by 2L	-0.0100	0.008480	0.290077

(L) = lineal; (Q) = cuadrático

A partir del coeficiente de regresión de la Tabla 9, se obtuvo el siguiente modelo matemático:

$$Y = -34.4160 + 7.0301 * X_1 - 0.4380 * X_1^2 + 0.3646 * X_2 - 0.0016 * X_2^2 - 0.0100 X_1 X_2$$

Donde: Y_1=Azúcares reductores; X_1=Concentración de ácido fosfórico, X_2= Tiempo

Tabla 10: Error medio relativo en el contenido de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá hidrolizada en tratamiento térmico a 121°C

Tratamientos	X_1: Concentración de ácido fosfórico (%)	X_2: Tiempo (minutos)	Y: Azúcares reductores (%)		EMR (%)
			Experimental	Modelo estadístico	
1	6	80	5.891	6.1246	3.97
2	7	90	6.554	6.8867	5.08

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

3.4 Superficie de respuesta de la concentración de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá por efecto de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis a 121°C.

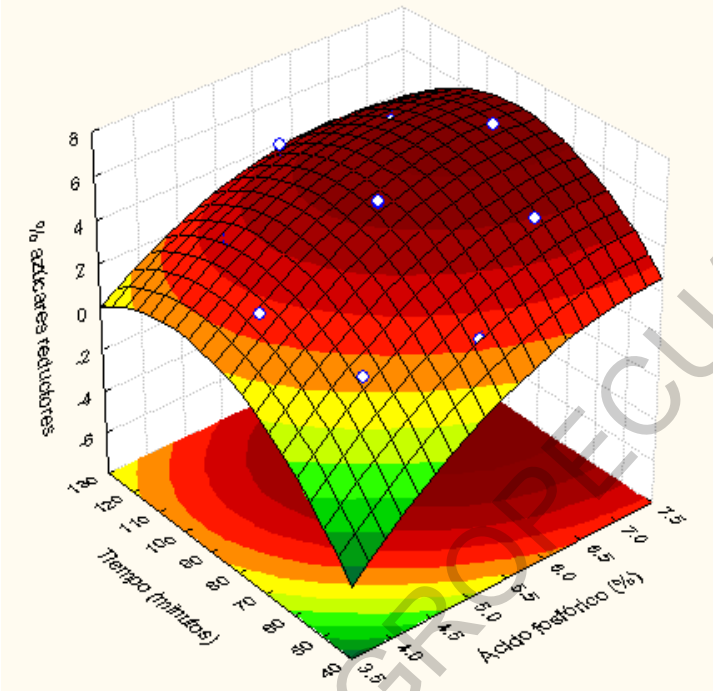

Figura 7: Superficie de respuesta de la concentración de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá por efecto de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis a 121°C.

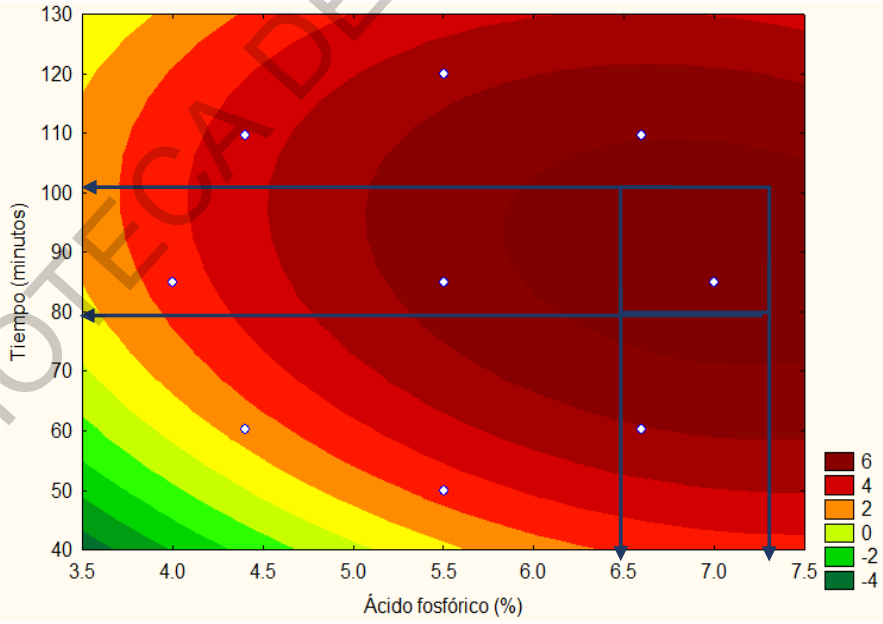

Figura 8: Gráfico de contorno de la concentración de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá por efecto de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis a 121°C.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

IV.DISCUSIONES

4.1 Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de maracuyá

La harina de cáscara de maracuyá antes de someterla a hidrólisis ácida fue caracterizada (Tabla 6), presentando un contenido de humedad (Según metodología del anexo 3) de 8.82 ± 0.44 un valor inferior al 12.04 ± 0.11 reportado por Arteaga y Silva (2015). El contenido de humedad es un valor que influye en las características composicionales, ya que depende del grosor de la cáscara, así como temperatura y tiempo de secado a la que es sometida en el procesamiento (Cruz, 2002). En lo referente al contenido de cenizas (Según metodología del anexo 4) fue 6.32 ± 0.63, un valor cercano a 7.08 reportado por Cruz (2002), teniendo en cuenta que el contenido de cenizas puede variar de acuerdo al estado de madurez, variedad y temporada de cosecha del mismo, así como las condiciones de cultivo (Priego, 2007). El pH fue de 4.15 ± 0.39 (Según metodología del anexo 5). El porcentaje de sólidos (Según metodología del anexo 3) obtenido fue de 91.18 ± 0.44. El porcentaje de lípidos en la harina fue de 1.22 ± 0.30. Se ha establecido que entre los aceites esenciales que contiene la cáscara de maracuyá son el ionol, hexadecanal, palmito de etilo y heptacosano (Ortega, 2015).

4.2 Porcentaje de sólidos solubilizados y azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá por tratamiento térmico a 121 °C

En la Tabla 7 se muestra el contenido de azúcares reductores de la harina de cáscara de maracuyá previamente hidrolizada con ácido fosfórico. En el tratamiento 6 (7.0% H_3PO_4 y 85 minutos) se obtuvo el mayor porcentaje de azúcares reductores en los licores hidrolizados, teniendo un valor de 6.7%. Del mismo modo, el tratamiento con un menor contenido de azúcares reductores fue en el ensayo 1 (4.4% H_3PO_4 y 60.3 minutos) con 1.43%, esto se debe que en tratamiento 1 el tiempo y la concentración de ácido fosfórico fue menor en comparación con el ensayo 6.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

Según Saeman (1945), después que los azúcares se forman y solubilizan en fase acuosa, se producen reacciones de degradación obteniendo como resultado compuestos como furfural, hidroximetilfurfural, ácidos u otros. Esta degradación es un inconveniente de este tipo de hidrólisis, debido a que cuanto mayor es la intensidad del tratamiento térmico mayor es la generación de subproductos de degradación.

Se ha establecido que una de las principales decisiones en cuanto al proceso de hidrólisis, es la elección del ácido, considerando la naturaleza del material lignocelulósico que se trate, la eficacia del agente hidrolítico y su coste. Así Fanta *et al.* (1984) consideran que el trabajar con el ácido trifluoroacético se obtiene mejores resultados que con el clorhídrico en la hidrólisis de cascarilla de trigo.

Dos de las variables principales de la operación son tanto la concentración del ácido y la temperatura del proceso. En general, cuanto mayor es la concentración, menor puede ser la temperatura para conseguir el mismo nivel de hidrólisis. Por motivos económicos, generalmente se prefiere optar por un proceso con ácidos diluidos (Saeman, 1945).

La harina de cáscara de maracuyá fue hidrolizada sin un pretratamiento previo para su deslignificación, debido a ello probablemente no se obtuvo un mayor porcentaje de azúcares reductores. Según Chiaramonti *et al.* (2012), establecen que la lignina necesariamente debe ser eliminada para obtener polisacáridos como hemicelulosa y celulosa, ya que, de allí provienen los azúcares reductores, dado que son los mejores indicadores de la degradación y conversión del tejido vegetal a azúcares fermentables.

Hendriks y Zeeman (2009) reportan que el efecto de tratamientos térmicos a altas temperaturas (150-180°C) provocan el inicio de la solubilización de la fracción de hemicelulosa y de lignina dejando a la celulosa más expuesta para ser hidrolizada. Además, estos autores establecen que los tratamientos ácidos y bases generan de la misma forma la solubilización de la lignina y principalmente la hemicelulosa. Así mismo, se puede optar por tratamientos oxidativos, donde se adicionan agentes oxidantes como peróxido de hidrógeno, ácido peracético, u

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ozono, donde el propósito es afectar la lignina y hemicelulosa y promover la accesibilidad a la celulosa para su hidrólisis. A excepción de los tratamientos mecánicos, los tratamientos térmicos se puede combinar con los tratamientos químicos (ácidos, álcalis u oxidación) para aumentar la susceptibilidad de la celulosa a la hidrólisis.

Del mismo modo Tejada *et al.* (2011), por medio de ensayos determinaron que al sumergir materia orgánica en una solución de NaOH 0.1N más adición de 0.816 g de sulfato de calcio por tres horas, se eliminaba gran porcentaje de lignina (30%) presente y parte de la hemicelulosa obteniendo de este modo la celulosa libre. Este proceso es necesario dentro de la hidrólisis cuando se desea obtener azúcares reductores ya que la lignina por su estructura química recubre la celulosa y la hemicelulosa y sin degradarla no le permite la separación.

En la Tabla 7 se determinó el porcentaje de sólidos en los licores obtenidos a partir del hidrolizado. Esto se determinó disponiendo muestras de licores en la estufa a 105°C por 24 horas, de las cuales se obtuvo un mayor porcentaje en el tratamiento 6 (7.0% H_3PO_4 y 85 minutos) con 8.88% de sólidos presentes proveniente de la harina de cáscara de maracuyá, esto quiere decir que de cada 100 g de licor 8.88 g son sólidos. En contraparte en el tratamiento 1 (4.4% H_3PO_4 y 60.3 minutos) que resultó con un menor porcentaje de sólidos obteniendo 5.69%.

Por otro lado, se tiene que considerar que los sólidos disueltos (Tabla 7) en los licores de hidrólisis no son solo sacarosa, sino que hay otros azúcares, proteínas, ácidos y sales que también forman parte de la materia prima (harina de cáscara de maracuyá) que han sido cedidos al medio líquido y que han sido determinados por refractometria (según metodología del Anexo 2). El mayor porcentaje obtenido de sólidos solubles en la harina de cáscara de maracuyá fue el tratamiento 6 (7.0% H_3PO_4 y 85 minutos) con 7.0%, en comparación con el tratamiento 1 (4.4% H_3PO_4 y 60.3 minutos) con 5.5% . Este último se debe a un menor tiempo de hidrólisis, así como a una menor concentración de ácido fosfórico en comparación con el tratamiento 6.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

En el tratamiento 6 también se obtiene la mayor concentración de azúcares reductores: de cada 100 gramos de sólidos en los licores, 75.45 g son azúcares reductores. Su valor es expresado como glucosa equivalente; sin embargo, no se descarta la presencia de otros azúcares reductores como xilosa y arabinosa; que podrían provenir de la fracción hemicelulósica producto de la hidrólisis. En contraparte, en el tratamiento 1 (4.4% H_3PO_4 y 60.3 minutos) se obtuvo una menor cantidad, 25 g de azúcares reductores por cada 100 g de sólidos solubilizados.

En la Tabla 8 se presenta el análisis de varianza en el que se evalúa el efecto de la concentración de ácido fosfórico y tiempo sobre el contenido de azúcares reductores en la harina de cáscara de maracuyá hidrolizada por tratamiento térmico a 121°C. En ella se observa un efecto significativo (p-valor < 0.05; R^2 = 0.96399; $R^2_{ajustado}$ = 0.92799) en las variables independientes de manera lineal y las variables cuadráticas (el tiempo y concentración de ácido fosfórico); mientras que en la interacción lineal de ambas variables no posee un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de azúcares reductores de la harina de cáscara de maracuyá hidrolizada. Este efecto se muestra en la Figura 6 donde se observa que la concentración de ácido fosfórico (lineal) es la variable que tiene mayor influencia en el contenido de azúcares reductores.

La Tabla 9 presenta los coeficientes de regresión calculados por el programa STATISTICA 10 para predecir el contenido de azúcares reductores teniendo como variables independientes el tiempo y la concentración de ácido fosfórico. Donde los coeficientes con un p-valor<0.05 tienen un efecto significativo en el contenido de azúcares reductores en licores de harina de cáscara de maracuyá.

Con resultados de la Tabla 9 se obtuvo el siguiente modelo matemático:

$$Y = -34.4160 + 7.0301 * X_1 - 0.4380 * X_1^2 + 0.3646 * X_2 - 0.0016 * X_2^2 - 0.0100 X_1 X_2$$

Donde: Y= Azúcares reductores, X_1 = Concentración de ácido fosfórico, X_2 = Tiempo

Adicionalmente se llevó a cabo dos tratamientos adicionales con concentraciones de ácido fosfórico de 6 y 7 % y con un tiempo de 80 y 90

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

minutos respectivamente, para determinar la diferencia que existe entre el modelo matemático y el tratamiento experimental en la obtención de azúcares reductores. Con ello se busca determinar la fiabilidad a través del error medio relativo de la ecuación obtenida, obteniendo errores de 3.97 y 5.08 %. Se considera que, si los EMR son inferiores al 10%, el modelo matemático tiene un nivel de fiabilidad aceptable (Azuara *et al.,* 1996).

4.3 Condiciones óptimas de la concentración de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en la obtención de azúcares reductores.

En la Figura 7 se ilustra la superficie de respuesta teniendo como variables independientes la concentración de ácido fosfórico (%) y el tiempo de hidrólisis (minutos). Del mismo modo se presenta el gráfico de contorno (Figura 8) con el que se puede observar la región con un mayor contenido de azúcares reductores en la harina de cáscara de maracuyá hidrolizada por tratamiento térmico a 121°C, siendo estás 6.5 – 7.3 % de ácido fosfórico y 80 – 102 minutos.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

V. CONCLUSIONES

Se determinó las características fisicoquímicas de la harina de cáscara de maracuyá variedad flavicarpa con un contenido de 8.82% de humedad, 6.32 % de cenizas, sólidos totales 91.18%, lípidos 1.22% y un valor de pH de 4.15.

El tratamiento 6 (7% de H_3PO_4 y 85 min a 121°C) permitió obtener el mayor porcentaje de sólidos totales en los licores (8.88% p/p), mayor porcentaje de sólidos solubles (7 °Brix), mayor porcentaje de azúcares reductores (6.7%) y una mayor concentración de azúcares reductores (75.45 g) por cada 100 gramos de sólidos existentes en los licores; siendo la concentración de ácido fosfórico la variable de mayor incidencia en la obtención de azúcares reductores.

Se determinó por superficie de respuesta y gráfico de contorno la optimización de la concentración de ácido fosfórico y tiempo como variables para la hidrólisis (a 121°C) de harina de cáscara de maracuyá que permita obtener un mayor contenido de azúcares reductores. Estos valores óptimos fueron entre 6.5 – 7.3 % de ácido fosfórico (X_1) y 80 - 102 minutos (X_2); de éste modo se obtuvo un modelo matemático para las condiciones propias del autoclave tal como se muestra a continuación:

$$Y = -34.4160 + 7.0301 * X_1 - 0.4380 * X_1^2 + 0.3646 * X_2 - 0.0016 * X_2^2 - 0.0100 X_1 X_2$$

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTEAGA, S. y SILVA, R. 2015. Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabillis sweet*) y harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Perú.

AZUARA, E., GARCIA, H. y BERISTAIN, C. 1996. Effect of centrifugal force on osmotic dehydration of potatoes and apples. *Food Research International*, 29(2):195–199.

BARRIER, J., MOORE, M., FARINA, G., BRODER, J., FORSYTHE, M. y LIGTHSEY, G. 1985. 3rd Southern Biomass Energy Research Conference, cap. Experimental production of etanol from agricultural cellulosic material using low-temperature acid hydrolysis, 587–600 (Biomass Energy Development, Alabama, USA).

BERMEO, R. 2005. Comportamiento productivo de borregas mestizas alimentadas con dietas a base de harina y cáscara de maracuyá. Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

BRINK, D. 1994. Method of treating biomass material. Patente US 5,366,558.

BUSTOS, E. y CALVOPIÑA, K. 1990. Aprovechamiento de los residuos de tomate de árbol y maracuyá en la obtención de pectina. Tesis previa a la obtención del Título de Bachiller del Colegio Sagrado Corazón de Jesús. Latacunga págs. 6-25.

BUSTOS, G., RAMÍREZ, J., GARROTE, G. y VÁZQUEZ, M. 2003. Modeling of the hydrolysis of sugar cane bagasse with hydrochloric acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 104: 51–68.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

BUSTOS, G., MOLDES, A., CRUZ, J. y DOMÍNGUEZ, J. 2004. Production of fermentable media from vine-trimming wastes and bioconversion into lactic acid by *Lactobacillus pentosus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 2105–2112.

BUSTOS, G., MOLDES, A., CRUZ, J. y DOMÍNGUEZ, J. 2005. Production of lactic acid from vine-trimming wastes and viticulture lees using a simultaneous saccharification fermentation method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 466–472

BJÖRLING, T. y LINDMAN, B. 1989. Evaluation of xylose-fermenting yeasts for ethanol production from spent sulfite liquor. *Enzyme and Microbial Technology*, 11: 240–246.

CANILHA, L., CARVALHO, W. y ALMEIDA, E y SILVA, J. 2005. Influence of medium composition on xylitol bioproduction from wheat straw hemicellulosic hydrolysate. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21 (6-7): 1087–1093.

CARVALHEIRO, F., DUARTE, L. y GÍRIO, F. 2008. Hemicellulose biorefineries: A review on biomass pretreatments. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 67(11), 849-864.

CARVALHEIRO, F., DUARTE, L., LOPES, S., PARAJÓ, J., PEREIRA, H. y GÍRIO, F. 2005. Evaluation of the detoxification of brewery's spent grain hydrolysate for xylitol production by *Debaryomyces hansenii* CCMI 941. *Process Biochemistry*, 40 (3-4): 1215–1223.

CARVALHO, W., BATISTA, M., CANILHA, L., SANTOS, J., CONVERTI, A. y DA SILVA, S. 2004. Sugarcane bagasse hydrolysis with phosphoric and sulfuric acids and hydrolysate detoxification for xylitol production. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 79: 1308–1312.

CHEN, L. y GONG, C. 1985. Fermentation of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate to xylitol by a hydrolysate-acclimatized yeast. *Journal of Food Science*, 50: 226–228.

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

CHIARAMONTI, D., PRUSSI, M., FERRERO, S., ORIANI, L., OTTONELLO, P., TORRE, P. y CHERCHI, F. 2012. Revisión de los procesos de pretratamiento para la producción de etanol lignocelulósico, y el desarrollo de un método innovador. *Journal Biomass and Bioenergy*. 5(4):1-11.

CLARK, T. y MACKIE, K. 1984. Fermentation inhibitors in wood hydrolyzates derived from the softwood *Pinus radiata*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 34B: 101–110.

CONVERTI, A. y DEL BORGHI, M. 1998. Inhibition of the fermentation of oak hemicellulose acid-hydrolyzate by minor sugars. *Journal of Biotechnology*, 64: 211–218.

CRUZ, J., DOMÍNGUEZ, J., DOMÍNGUEZ, H. y PARAJÓ, J. 2000. Preparation of fermentation media from agricultural wastes and their bioconversion into xylitol. *Food Biotechnology (New York*), 14: 79–97.

CRUZ, M. 2002. Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cascara de maracuyá (*Pasiflora edulis*). Tesis. Facultad de Ingeniera Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

DE MANCILHA, I. y KARIM, M. 2003. Evaluation of ion exchange resins for removal of inhibitory compounds from corn stover hydrolyzate for xylitol fermentation. *Biotechnology Progress*, 19 (6): 1837–1841.

DOMÍNGUEZ, J., CAO, N., GONG, C. y TSAO, G. 1997. Dilute acid hemicellulose hydrolyzates from corn cobs for xylitol production by yeast. *Bioresource Technology*, 61 (1): 85–90.

DOMÍNGUEZ, J., GONG, C. y TSAO, G. 1996. Pretreatment of sugar cane bagasse hemicellulose hydrolyzate for xylitol production by yeast. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 57-58: 49–56.

DUARTE, L., CARVALHEIRO, F., LOPES, S., MARQUES, S., PARAJÓ, J. y GÍRIO, F. 2004. Comparison of two posthydrolysis processes of brewery's spent grain autohydrolysis liquor to produce a pentose-containing culture medium. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 113-116: 1041–1058.

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

FANTA, G., ABBOTT, T., HERMAN, A., BURR, R. y DOANE, W. 1984. Hydrolysis of wheat straw hemicellulose with trifluoroacetic acid. *Biotechnology and Bioengineering Banner*. 26, 1122-1125.

FERRARI, M., NEIROTTI, E., ALBORNOZ, C. y SAUCEDO, E. 1992. Ethanol production from *Eucalyptus* wood hemicellulose hydrolyzate by *Pichia stipitis*. *Biotechnology and Bioengineering,* 40: 753–759.

GALBE, M. y ZACCHI, G. 2002. A review of the production of ethanol from sofwood. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 59: 618-628.

GARDE, A., JONSSON, G., SCHMIDT, A. y AHRING, B. 2002. Lactic acid production from wheat straw hemicellulose hydrolysate by *Lactobacillus pentosus* and *Lactobacillus brevis*. *Bioresource Technology,* 81 (3): 217–223.

GARROTE, G., DOMÍNGUEZ, H. y PARAJÓ, J. 1999. Mild autohydrolysis: an environmentally friendly technology for xylooligosaccharide production from wood. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 74: 1101–1109.

GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA REGIÓN LA LIBERTAD, 2008. Reporte de inteligencia de mercados. Maracuyá peruana, producto bandera de Perú. Disponible en: http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/informe_inteligencia_de_mercado_maracuya.pdf. (Accesado el 27 de setiembre del 2019)

GONG, C., CHEN, C. y CHEN, L. 1993. Pretreatment of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolyzate for ethanol production by yeast. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 39-40: 83–88.

GUANOLUISA, E. y RONQUILLO, N. 1988. Extracción y estudio de pectina del albedo de lima y su utilización en la elaboración de productos alimenticios. Tesis previa a la obtención del Título de Ingenierías en Alimentos en la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. Ambato. págs. 12-26.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

HARRIS, J., BAKER, A. y ZERBE, J. 1984. Two-stage, dilute sulfuric acid hydrolysis of hardwood for ethanol production. *Energy from Biomass and Wastes*, 8: 1151–1170.

HENDRIKS, A. y ZEEMAN, G. 2009. Pretreatments to enhance digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100: 10-18.

HERRERA, A., TÉLLEZ-LUIS, S., RAMÍREZ, J. y VÁZQUEZ, M. 2003. Production of xylose from sorghum straw using hydrochloric acid. *Journal of Cereal Science*, 37: 267–274.

IGBINADOLOR, R. y ONILUDE, A. 2013. Bioprocess systems applied for the production of bioethanol from lignocellulosic biomass of cocoa podhusk (*Theobroma cacao L.*) and other agricultural residues: *African Journal of Biotechnology*, Vol. 12, págs. 5375-5388.

ISO 638. 2008. International Organization for Standardization. Method for determination of dry matter content.

ISO 776. 1982. International Organization for Standardization. Method for determination of acid-insoluble ash of pulp.

ISO 1842. 1991. International Organization for Standardization. Method potentiometric. Determination de pH.

ISO 2173. 2003. International Organization for Standardization. Method Refractometric. Determination of soluble solids.

JACOBSEN, S. y WYMAN, C. 2002. Xylose monomer and oligomer yields for uncatalyzed hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose at varying solids concentration. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 41: 1454–1461.

KAYLEN, M., VAN DYNE, D., CHOI, Y. y BLASE, M. 2000. Economic feasibility of producing ethanol from lignocellulosic feedstocks. *Bioresource Technology*, 72 (1): 19–32.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

KELLER, F. 1996. Integrated bioprocess development for bioethanol production. In: *Wyman CE (ed) Handbook on bioethanol: production and utilization. Taylor and Francis, Bristol.* 351-357.

LINDÉN, T. y HAHN-HÄGERDAL, B. 1989. Fermentation of lignocellulose hydrolyzates with yeasts and xylose isomerase. *Enzyme and Microbial Technology*, 11: 583–589

MIYAFUJI, H., DANNER, H., NEUREITER, M., THOMASSER, C., BVOCHORA, J., SZOLAR, O. y BRAUN, R. 2003. Detoxification of wood hydrolysates with wood charcoal for increasing the fermentability of hydrolysates. *Enzyme and Microbial Technology*, 32: 396–400.

MONTGOMERY, D. 2004. Diseño y análisis de experimentos. 2da Edición. Limusa Wiley. México.

MOLDES, A., ALONSO, J. y PARAJÓ, J. 1999. Cogeneration of cellobiose and glucose from pretreated wood and bioconversion to lactic acid: a kinetic study. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 87: 787–792.

MOLDES, A., ALONSO, J. y PARAJÓ, J. 2000. Multi-step feeding systems for lactic acid production by simultaneous saccharification and fermentation of processed wood. *Bioprocess Engineering*, 22 (2): 175–180.

MOLDES, A., ALONSO, J. y PARAJÓ, J. 2001. Resin selection and single-step production and recovery of lactic acid from pretreated wood. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 95: 69–81.

MUSSATTO, S. y ROBERTO, I. 2005. Acid hydrolysis and fermentation of brewer's spent grain to produce xylitol. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2453–2460.

MUSSATTO, S., SANTOS, J. y ROBERTO, I. 2004. Effect of pH and activated charcoal adsorption on hemicellulosic hydrolysate detoxification for xylitol production. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 79: 590–596.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

NGUYEN, Q., TUCKER, M., KELLER, F., BEATY, D., CONNORS, K. y EDDY, F. 1999. Dilute acid hydrolysis of softwoods. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 77-79: 133-142.

OLAYA, C. 1992. Frutas de América Tropical y Sub Tropical, Historia y Usos. Bogotá, CO. 1era edición. Grupo Editorial Norma. Colombia. p. 22-35.

ORTEGA, A. 2005. Extracción, caracterización por CG-EM y actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de *Passiflora edulis* Flavicarpa de origen ecuatoriano. Tesis para optar el título de Ingeniero de Alimentos. Guayaquil – Ecuador.

PARAJÓ, J., ALONSO, J. y SANTOS, V. 1996. Lactic acid from wood. *Process Biochemistry*, 31 (4): 271–280

PAREKH, S., PAREKH, R. y WAYMAN, M. 1987. Fermentation of wood-derived acid hydrolyzates in a batch bioreactor and in a continuous dynamic immobilized cell bioreactor by *Pichia stipitis* R. *Process Biochemistry*, 22: 85–91.

PESSOA, J., DE MANCILHA, I. y SATO, S. 1996. Cultivation of *Candida tropicalis* in sugar cane hemicellulosic hydrolyzate for microbial protein production. *Journal of Biotechnology*, 51: 83–88.

PRIEGO, N. (2007). Obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor. Tesis. México: Universidad Tecnológica de La Mixteca. 64p

PRIOR, B., KILIAN, S. y DU PREEZ, J. 1989. Fermentation of D-xylose by the yeasts *Candida shehatae* and *Pichia stipitis*. Prospects and problems. *Process Biochemistry*, 24: 21–32.

PURWADI, R., NIKLASSON, C. y TAHERZADEH, M. 2004. Kinetic study of detoxification of dilute-acid hydrolyzates by $Ca(OH)_2$. *Journal of Biotechnology*, 114: 187–198.

RIVAS, B. 2006. Aprovechamiento de residuos agroforestales e industriales de carácter lignocelulósico para la producción biotecnológica de compuestos de interés

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

alimentario. Universidad de Vigo. España. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias y Tecnología de Alimentos.

ROBERTO, I., DE MANCILHA, I., DE SOUZA, C., FELIPE, M., SATO, S. y DE CASTRO, H. 1994. Evaluation of rice straw hemicellulose hydrolyzate in the production of xylitol by *Candida guilliermondii*. *Biotechnology Letters*, 16 (11): 1211–1216.

ROBERTO, I., FELIPE, M., DE MANCILHA, I. y DA SILVA, S. 1995. Xylitol production by *Candida guilliermondii* as an approach for the utilization of agroindustrial residues. *Bioresource Technology*, 51 (2-3): 255–257.

ROBERTO, I., LACIS, L., BARBOSA, M. y de MANCILHA, I. 1991. Utilization of sugar cane bagasse hemicellulosic hydrolyzate by *Pichia stipitis* for the production of ethanol. *Process Biochemistry*, 26 (1): 15–21.

RODRIGUES, D., DA SILVA, S. y FELIPE, M. 1998. Using response-surface methodology to evaluate xylitol production by *Candida guilliermondii* by fed-batch process with exponential feeding rate. *Journal of Biotechnology*, 62: 73–77.

SAEMAN, J. 1945. Hydrolysis of cellulose and decomposition of sugars in dilute acid at high temperature. *Industrial and Engineering Chemistry*. 37, 43 – 52.

SALINAS, 2014. Guía técnica del cultivo de maracuyá. 1era edición. Grupo Editorial Norma. Colombia. p. 49.

SÁNCHEZ, A., GUTIÉRREZ, A., MUÑOZ, J. y RIVAS, C. 2010. Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3628225.pdf [Accesado 19 de enero del 2020].

TAHERZADEH, M., EKLUND, R., GUSTAFSSON, L., NIKLASSON, C. y LIDÉN, G. 1997. Characterization and fermentation of dilute-acid hydrolyzates from wood. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 36: 4659–4665.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

TÉLLEZ-LUIS, S., RAMÍREZ, J. y VÁZQUEZ, M. 2002. Modelling of the hydrolysis of sorghum straw at atmospheric pressure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 505–512.

TEJEDA, L., QUINTANA, J., PÉREZ, J. e YOUNG, H. 2011. obtención de etanol a partir de residuos de poda, mediante hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática. *Rev. U.D.C.A. Actualidad and Divulgación Científica.* 14 (1): 111-116.

TRAN, A. y CHAMBERS, R. 1986. Ethanol fermentation of red oak acid prehydrolyzate by the yeast *Pichia stipitis* CBS 5776. *Enzyme and Microbial Technology*, 8: 439–444.

VIRREIRA, J. y GÓNGORA, A. 2014. Caracterización fisicoquímica de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis L.*) y pomelo (*Citrus grandis*), para obtener bioetanol. Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Perú.

WATSON, N., PRIOR, B., LATEGAN, P. y LUSSI, M. 1984. Factors in acid-treated bagasse inhibiting ethanol production from D-xylose by *Pachysolen tannophilus*. *Enzyme and Microbial Technology*, 6: 451–456.

WYMAN, C. 1996. Ethanol production from lignocellulosic biomass: overview. Wyman, C. E. 1-18. Bristol, Taylor and Francis. Handbook on bioethanol: production and utilization.

XIE, Y., PHELPS, D., LEE, C., SEDLAK, M., HO, N. y WANG, N. 2005. Comparison of two adsorbents for sugar recovery from biomass hydrolyzate. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 44: 6816–6823.

YU, S., WAYMAN, M. y PAREKH, S. 1987. Fermentation to ethanol of pentose-containing spent sulfite liquor. *Biotechnology and Bioengineering*, 29: 1144–1150.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ANEXOS

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES (Método Lane Eylon)

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Fundamento

Este método se basa en determinar el volumen de la solución de prueba que se requiere para precipitar totalmente todo el cobre presente en una cantidad de solución de Fheling.

Equipos y materiales

- Placa calefactora
- Matraz Erlenmeyer de 100ml
- Bureta de 50 ml
- Papel de filtro.

Reactivos

- Solución de Fehling “A”
- Solución de Fehling “B”
- Azul de metileno 1%

Procedimiento:

Preparación de la muestra. En una bureta de 50 ml se dispuso una muestra de la fase acuosa previamente filtrada.

Titulación

- Se dispuso de 10 ml de solución de Fheling (5 ml de Fheling A y 5 ml Fheling B) en un matraz.
- Se adicionó 15 ml de agua destilada, se mezcló y se llevó a ebullición por 2 min.
- Transcurrido ese tiempo se adicionó 4 gotas de azul de metileno al 1% dando una coloración azul.
- Se tituló hasta viraje (color rojo ladrillo) y se anotó el gasto.

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

Cálculos:

Azúcares reductores

$$\%\ Az.red. = \frac{(Factor\ Fehling)(10\ ml\ Fehling)(Factor\ de\ dilución)}{gasto\ de\ la\ muestra} * 100$$

f = Factor de Fehling (g glucosa/ml Fheling)

Determinación del factor de fheling (f)

- Se dispuso 5 ml de solución Fheling A y 5 ml de solución Fheling B en una fiola de 250 ml, añadiendo posteriormente 20 ml de agua destilada y algunas perlas de vidrio (por triplicado). La solución preparada se llevó a ebullición durante 2 min (recipiente 1).
- En una bureta de 50 ml se añadió una solución de glucosa al 0.5% p/v dejando caer dicha solución en el recipiente 1.
- Se siguió agregando pequeñas cantidades de solución de glucosa hasta que se observe un precipitado rojo y el líquido sobrenadante sea prácticamente incoloro.
- Se tomó en cuenta el volumen de solución de glucosa gastado en la titulación final y se determinará el título del licor (f) expresado en mg de glucosa anhidra/ml de licor de Fehling.

Cálculos:

f = (ml de sol. gastados * % sol. glucosa * 10 ml de sol. Fehling) / 1000

Se realizó esta determinación para cada uno de los tratamientos.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES. MÉTODO REFRACTOMÉTRICO (ISO 2173:2003)

Procedimiento experimental

Se colocó de 2 a 3 gotas de muestra sobre el prisma del refractómetro y se procedió a la lectura, dirigiendo el instrumento hacia una fuente de luz.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ANEXO 3

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SÓLIDOS (ISO 638:2008)

Procedimiento experimental

Se dispuso una cantidad conocida de muestra en un recipiente de peso conocido (previamente secado en estufa hasta peso constante, que se alcanzó aproximadamente a las 6 h).

Se dispuso el recipiente con la muestra en una estufa a 105 ºC hasta peso constante (normalmente 24-48 h).

Posteriormente se enfrió en un desecador conteniendo gel de sílice y se pesó.

El porcentaje de humedad (en gramos de agua por cada gramo de materia prima húmeda) se determinó usando la siguiente ecuación:

$$H = \frac{PRMH - PRMS}{PRMH - PRS}$$

$$\% \text{ de sólidos} = (1\text{-}H) \times 100$$

Donde:

H: humedad de la muestra (g H_2O/g materia prima)
PRMH: peso en gramos del recipiente seco con la muestra húmeda inicial.
PRS: peso en gramos del recipiente seco.
PRMS: peso en gramos del recipiente con la muestra seca.

Esta determinación se realizó por triplicado.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ANEXO 4

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN CENIZAS (ISO 776:1982)

Procedimiento experimental

En un crisol de zirconio de peso seco conocido se dispuso una cantidad de materia prima (aproximadamente 10 g).

El crisol se llevó al horno de mufla y se mantuvo a una temperatura de 600ºC hasta alcanzar peso constante (normalmente a las 6 h).

Para conseguir una combustión lenta y controlada, la materia prima vegetal se introdujo en el horno de mufla a baja temperatura, unos 100ºC, aumentándolo poco a poco, a intervalos de 50 ºC, hasta llegar a 600 ºC. Si la materia prima vegetal se introduce en el horno a 600ºC puede producirse su deflagración y la pérdida de material.

Posteriormente se enfrió en un desecador conteniendo gel de sílice y se pesó.

El contenido en cenizas CC (en gramos de cenizas/100 gramos de materia prima, en base seca) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{PRC - PRS}{(PRMH - PRS) * (1 - H)} * 100$$

Donde:

PRC: peso en gramos del recipiente con las cenizas.
PRS: peso en gramos del recipiente seco.
PRMH: peso en gramos del recipiente seco con la muestra húmeda inicial.
H: humedad de la muestra.

Esta determinación se realizó por triplicado.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ANEXO 5

DETERMINACIÓN DE pH. MÉTODO POTENCIOMÉTRICO (MÉTODO ISO 1842:1991)

Procedimiento experimental

En un vaso de precipitación de 50 ml se dispuso la muestra, se introdujo el electrodo en la muestra de modo que quede completamente sumergido, una vez que esté completamente estable se procedió a la lectura.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

ANEXO 6

FOTOGRAFÍAS DE LA PARTE EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 9: Cáscara de maracuyá

Figura 10: Licor obtenido después de la hidrólisis de la cáscara de maracuyá

Figura 11: Viraje de color en la determinación de azúcares reductores

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

DECLARACIÓN JURADA

Los AUTORES suscritos en el presente documento DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que somos los responsables legales de la calidad y originalidad del contenido del Proyecto de Investigación Científica, así como, del Informe de la Investigación Científica realizado.

TITULO:

Efecto de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en la obtención de azúcares reductores de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis)*

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA		INFORME FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA	
PROY DE TRABAJO DE INVESTIGACION (PREGRADO)	( )	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)	( )
PROVECTO DE TESIS PREGRADO	( )	TESIS PREGRADO	(X)
PROVECTO DE TESIS MAESTRIA	( )	TESIS MAESTRÍA	( )
PROVECTO DE TESIS DOCTORADO	( )	TESIS DOCTORADO	( )

Equipo Investigador Integrado por:

N°	Apellidos y Nombres	Facultad	Departamento Académico	Categoría Docente Asesor	Código Docente Asesor Número Matrícula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Yupanqui Benites, Maritza Isadora Lisbeth	Ciencias Agropecuarias	Ciencias Agroindustriales	----	2202402514	Autor
02	Vegas Niño, Rodolfo Moisés	Ciencias Agropecuarias	Ciencias Agroindustriales	Auxiliar	5746	Asesor

Trujillo, 02 de octubre de 2020

....

FIRMA DNI 70233769

....

FIRMA DNI 18213189

Este formato debe ser llenado, firmado, adjuntado al final del documento del PIC, del Informe de Tesis, Trabajo de Investigación respectivamente

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/

Biblioteca Digital - Direccion de Sistemas y Comunicaciones

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACION EN REPOSITORIO DIGITAL RENATI-SUNEDU

Trujillo, 02 de octubre de 2020

Los autores suscritos del INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

Titulado:

Efecto de ácido fosfórico y tiempo de hidrólisis en la obtención de azúcares reductores de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis)*

AUTORIZAMOS SU PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL, REPOSITORIO RENATI-SUNEDU, ALICIA-CONCYTEC, CON EL SIGUIENTE TIPO DE ACCESO:

A. Acceso Abierto: ☒
B. Acceso Restringido ☐ (datos del autor y resumen del trabajo)
C. No autorizo su Publicación ☐

Si eligió la opción restringido o NO autoriza su publicación sírvase justificar

_____

_____

ESTUDIANTES DE PREGRADO:	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	☐	TESIS	☒
ESTUDIANTES DE POSTGRADO:	TESIS MAESTRIA	☐	TESIS DOCTORADO	☐
DOCENTES:	INFORME DE INVESTIGACION	☐	OTROS	☐

El equipo investigador Integrado por:

N°	Apellidos y Nombres	Facultad	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, EMÉRITO, estudiante, OTROS)	Código Docente Número Matrícula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Yupanqui Benites, Maritza Isadora Lisbeth	Ciencias Agropecuarias	Otros	2202402514	Autor
02	Vegas Niño, Rodolfo Moisés	Ciencias Agropecuarias	Nombrado	5746	Asesor

....

FIRMA DNI 70233769

....

FIRMA DNI 18213189

'Este formato debe ser llenado, firmado y adjuntado en el Informe de Tesis y/o Trabajo de Investigación respectivamente
'Este formato en el caso de Informe de investigación científica docente debe ser llenado, firmado, scaneado y adjuntado en el sistema de www.picfedu.unitru.edu.pe

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite http://creativecommons.org/licences/by-nc-ca/2.5/pe/