

Producción de proteína unicelular de levaduras crecidas en desechos de harina de maíz precocida (*Zea mays*)

* MARÍA GUALTIERI Y † J. A. SÁNCHEZ CRISPÍN

*Departamento. de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos,
Facultad de Farmacia y Bioanálisis, ULA.

† Facultad de Ciencias, ULA. mgualtieri517@hotmail.com -Telf. 0274-2403527

RESUMEN

En el presente trabajo se utilizaron desechos generados durante el empaqueo de harina de maíz precocida, para enriquecerlos en proteínas microbianas por procesos de fermentación líquida, los cuales poseen, 78.55% de almidón y 7.8% de proteína cruda con el objeto de enriquecerlos en proteínas microbianas por procesos de fermentación líquida. El desecho fue sometido a hidrólisis por tratamientos químicos y enzimáticos. En la hidrólisis química, se utilizaron valores de 1:10 (p/v) para la relación desecho/ácido sulfúrico al 2%, en la hidrólisis enzimática, se realizó con una levadura productora de α -amilasas y con una enzima comercial. Se determinaron, a nivel de fiolas y de fermentadores de 2.5 litros, las condiciones óptimas de crecimiento de *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Schwannomyces castelli*. Las condiciones experimentales: pH 4.5; 30°C, 1 vvm; 20 g/L del desecho, 1.25 g/L de (urea, sulfato de amonio, extracto de levadura y extracto de malta diastásico líquido). La fermentación de 250 litros se realizó en un fermentador PROYETSAN, la hidrólisis enzimática se realizó con *Sch. castelli*, y el consumo de azúcares con *S. cerevisiae*, obteniéndose 9 g de biomasa de peso seco/litro, y un incremento proteico de 7.8 a 41.13%. Se puede concluir que los desechos de harina de maíz precocida constituyen un substrato adecuado para obtener biomasa o proteína unicelular, que podría ser destinada como suplemento en formulaciones para alimentación animal.

ABSTRACT

In this work waste of precooked corn flour was to enrich it in microbial proteins by processes of liquid fermentation. The waste possessed 78,55% of total sugar and 7,8% of raw protein. The waste was hydrolyzed by chemical and enzymatic treatment. In the chemical hydrolysis of the substratum we used values 1:10 (p/

v) for the relationship precooked corn flour / sulfuric acid to 2%. The mixture underwent 75°C during 20 minutes. The enzymatic hydrolysis of the waste of precooked corn flour was carried out with *Sch. castelli* and commercial enzyme. In the organic waste of precooked corn flour, at fiolas level and of fermenters of 2.5 litres, the best growing conditions of *C. utilis*, *S. cerevisiae* y *Sch. castelli*, were determined. For the fermentation of 2 liters in a glass fermenter, the experimental conditions were pH 4.5; 30°C; 1 vvm; 20 g/L of total sugars and 1.25 g/L of (urea, yeast extract y liquid diastases malt). The fermentative production was increased to a scale of 250 liters in the fermenter PROYETSAN, by means of enzymatic hydrolyses with *Sch. castelli* and growing up of *S. cerevisiae* in the medium. In this last one, 9 g of biomass of dry weight by each liter was obtained and an increase in the proteins from 7.8 to 41.12%. These results allow to affirm that the organic waste of precooked corn flour constitute an appropriate substratum to obtain biomass of yeast that could be used as supplement in formulations for animal feeding.

PALABRAS CLAVE

Proteína unicelular, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schwannomyces castelli*, desecho.

AGRADECIMIENTO

Al personal técnico de la Planta Piloto Insumos Biológicos de PROULA, y al Dr. José Antonio Sánchez Crispín.

INTRODUCCIÓN

El procesamiento industrial de la harina de maíz precocida, genera aproximadamente 6 toneladas por día de desechos sólidos orgánicos, volumen que la empresa deposita en rellenos sanitarios, con el objetivo

de promover una putrefacción rápida, mezclando los desechos con lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. La enorme cantidad del desecho produce problemas de costosa deposición y difícil solución. En un estudio preliminar que se realizó sobre la composición bioquímica de esos desechos (Gualtieri, 1998), se determinó que poseen un alto contenido de materia orgánica (79.45%), formada principalmente por almidón. Esta circunstancia nos condujo a proponer una solución biotecnológica, aprovechando la capacidad de las levaduras para metabolizar, mediante procesos fermentativos, materia orgánica y generar proteína unicelular con alto valor proteico similar a la de origen vegetal. El término "proteína unicelular", significa o identifica a alimentos proteicos derivados de microorganismos unicelulares o pluricelulares crecidos por procesos fermentativos en cultivos sumergidos, de diversas fuentes y en desechos orgánicos. También se le conoce como proteína microbiana, biomasa o SCP (*Single cell protein*). Suelen ser producidas por métodos no tradicionales y están asociadas al reciclaje de una gran variedad de desechos biodegradables de bajo valor económico (Quintero, 1981). *Saccharomyces cerevisiae* representa una de las levaduras de primera elección para la producción industrial de biomasa y etanol, y que careciendo de actividad β -galactosidasa, amilasa y glucoamilasa, las levaduras en gemación son incapaces para fermentar el almidón (Compagno, 1995). *Schwanniomyces castelli* es una levadura amilolítica, capaz de degradar el almidón por dos amilasas secretadas, una α -amilasa y una glucoamilasa, la producción de estas enzimas, es inducida por la ausencia de glucosa, por la presencia de maltosa o almidón (Piontek, 1998). *Cándida utilis* es una levadura que tiene una alta tasa de crecimiento, que ninguna especie ha logrado superar, y que requiere de un sustrato rico en azúcares o fuentes de carbono, para su crecimiento o cultivo (Lucca, 1995). Gaspar (1996), realizó ensayos con el hongo *Pleurotus ostreatus* en desechos de plátanos (tallos y hojas), alcanzando un incremento proteico de 6,12 a 29%. Zamora (1996), realizó ensayos con *Candida utilis* en extractos ácidos de paja de arroz, en donde se consumieron en 10 horas el 82% de los azúcares reductores y se produjeron 3,5 g de biomasa seca/litro de medio, con un rendimiento de 0,76 g de peso seco/gramo de azúcar consumido.

En este trabajo, se pretende realizar fermentaciones aeróbicas con levaduras empleando los desechos de harina de maíz precocida para enriquecerlos en proteína unicelular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Microorganismos: *Candida utilis* ATCC 9226,

Saccharomyces cerevisiae Pampero 103 y *Schwanniomyces castelli* CBS 2863, crecidas en cuñas de agar papa dextrosa e incubadas a 30°C, se guardaron en frío a 5°C. Los desechos se recolectaron en una empresa agroindustrial, procesadora de maíz ubicada en Chivacoa, Estado Yaracuy y fue sometido a diferentes tratamientos con el objetivo de hidrolizar el almidón presente y así obtener azúcares fermentables por las levaduras.

Hidrólisis ácida: Se preparó una solución del desecho en 10 g/L, en una relación desecho/ácido: 1/10; empleando ácido sulfúrico al 1, 2, 3%; tiempo de hidrólisis de 20, 30, 45 minutos y temperatura de hidrólisis de 50, 75, 98°C. Las muestras se colocaron en fiolas, provistas con tapón de algodón y gasa para evitar la evaporación durante la experiencia. El tratamiento térmico se realizó en un baño de María. Los hidrolizados fueron diluidos en 1/500, 1/1000 y 1/2000 para determinar azúcares totales (Gaspar, 1996). Los hidrolizados obtenidos se enriquecieron con 0.25, 0.50, 1.0 y 1.25 g/L, de urea, sulfato de amonio, extracto de levadura y extracto de malta diastásico líquido, e inoculados con las cepas de las levaduras con el objeto de determinar las condiciones óptimas de crecimiento en 100 ml de cultivo, a un pH 4.5, 30°C de incubación de y 150 r.p.m agitación rotatoria. Así, mismo se realizó un control, sin nutrientes. El crecimiento celular se cuantificó por densidad óptica a 540 nm, utilizándose agua como blanco, cada 2 horas se retiraron del cultivo 5 ml de muestra, se centrifugaron durante 10 minutos a 6.000 r.p.m. El sedimento fue suspendido y lavado dos veces con 5 ml de agua destilada. Los distintos sobrenadantes se utilizaron para determinar los azúcares totales por el método de antrona (Chinappi, 1996).

Hidrólisis enzimática: Se realizó con *Sch. castelli*, levadura productora de α -amilasa y glucoamilasa, enzimas que degradan el almidón hasta maltosa o glucosa. Así mismo se realizó la hidrólisis con una enzima comercial "Termamyl", una α -amilasa, estable al calor producida por *Bacillus licheniformis*, que hidroliza los enlaces 1,4 α -glucosídicos del almidón a dextrinas solubles y oligosacáridos (Compagno, 1995). Se emplearon 10 g/L del desecho y 0.07 ml del enzima por litros de sustrato, la mezcla se calentó a 100°C por 10 minutos, pH 4.5, para inducir la gelatinización, seguidamente la temperatura se disminuyó a 85°C hasta completar los 30 minutos de calentamiento.

Incremento de escala: La fermentación aeróbica se realizó en procesos de incremento de escala donde se crecieron las células en fiolas de 250 ml provistas con tapón de gasa, con un volumen de 90 ml de medio de producción hidrolizado por los métodos antes indicados y 10 ml de inóculo; en fermentador de vidrio

de 2.5 litros y en fermentador de acero inoxidable de 250 litros (Albornoz, 1992). Las condiciones del proceso: Temperatura de pasteurización 90°C durante 2 horas, pH 4,5, flujo de aire de 1 vvm. Cuando la mezcla alcanzó 30°C, se inóculo con 16 litros de un cultivo mixto de *Sch. castelli* y *S. cerevisiae* de 48 horas. Cada 2 horas se retiraron 100 ml de muestra para los análisis correspondientes y a las 32 horas se detuvo el proceso. La biomasa o proteína unicelular se concentró en una marmita de acero inoxidable con vapor de agua a 95°C y secada por atomización a 100°C. El crecimiento de células viables se cuantificó por los métodos de recuento estándar en placas de Petri en medio agar papa dextrosa y por el método de conteo total, utilizando la cámara de Neubauer (Anido, 1943). Se realizaron cinéticas de crecimiento y se determinó la velocidad de crecimiento de las células de levaduras (Lee, 1996). Los análisis físicos-químicos y microbiológicos se realizaron de acuerdo a las normas COVENIN. La actividad de la amilasa se realizó por el método de Caraway modificado (Bioscience, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Hidrólisis Química: Luego de realizadas las hidrólisis ácidas, se observa (tabla 1) que al incrementar la temperatura de hidrólisis de 50 a 75°C y las concentraciones de ácido de 1 a 2%, el rendimiento de azúcares totales también aumenta. El efecto combinado de elevada temperatura (75 a 98°C) y elevada concentración de ácido (2 a 3%), transforma los azúcares en furfurales, los cuales, son inhibidores de la actividad microbiana, y no son detectados por el método utilizado. Estos resultados sugieren que para obtener azúcares solubles a partir del almidón existente en el desecho, se deben aplicar las siguientes condiciones de hidrólisis, empleando una temperatura media de 75°C; un tiempo de 20 minutos y una solución de ácido sulfúrico al 2% con producción de 17,2 g/L de

Tabla 1. Efecto de la hidrólisis ácida del desecho para la producción de azúcares fermentescibles

Temperatura °C	Tiempo de Hidrólisis (min)	Concentración de H ₂ SO ₄ (%) Azúcares (g/L)		
		1	2	3
50	20	6.0	12.0	10.0
	30	9.0	12.0	10.0
	45	10.0	14.3	12.0
75	20	10.0	17.2	14.0
	30	11.2	17.0	14.0
	45	11.3	18.3	15.0
98	20	12.5	8.0	7.0
	30	13.0	10.3	8.4
	45	13.3	13.0	10.2

azúcares fermentables.

2. Efecto de la concentración de almidón sobre el crecimiento

Esta experiencia se realizó creciendo las levaduras sobre el desecho hidrolizado a diferentes concentraciones de almidón. A medida en que la concentración del desecho fue mayor, se observó mayor velocidad de crecimiento. La tabla 2, muestra que las mayores velocidades de crecimiento 0.93 h⁻¹, 0.50 h⁻¹ y 0.78 h⁻¹ *C. utilis*, *S. cerevisiae* y *Sch. castelli*, respectivamente se obtuvieron cuando la

Tabla 2. Efecto de la concentración del desecho en la velocidad de crecimiento de *C. utilis*, *S. cerevisiae* y *Sch. castelli*.

Velocidad de crecimiento (μ)	Desecho (g/L)		
	10	15	20
<i>C. utilis</i> (h ⁻¹)	0.25	0.35	0.93
<i>S. cerevisiae</i> (h ⁻¹)	0.43	0.23	0.50
<i>Sch. castelli</i> (h ⁻¹)	0.40	0.43	0.78

concentración del desecho fue de 20 g/L.

3. Efecto de la concentración de urea, sulfato de amonio, extracto de levadura y extracto de malta diastásico

Se utilizaron concentraciones de urea, sulfato de amonio, extracto de levadura y extracto de malta de 0.25, 0.50, 1.0 y 1.25 g/l. En la tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos. Las mayores velocidades de crecimiento (0.33 h⁻¹, 0.53 h⁻¹ y 0.73 h⁻¹) para *C. utilis*, *S. cerevisiae* y *Sch. castelli* respectivamente, se obtuvieron cuando la concentración de urea fue de 1.25 g/l.

De igual forma, las mayores velocidades de crecimiento (0.40 h⁻¹, 0.61 h⁻¹ y 0.43 h⁻¹) para *C. utilis*, *S. cerevisiae* y *Sch. castelli* respectivamente, se obtuvieron cuando la concentración de sulfato de amonio fue de 1.25 g/l.

Así mismo, las mayores velocidades de crecimiento (0.53 h⁻¹, 0.33 h⁻¹ y 0.33 h⁻¹) fue para *C. utilis*, *S. cerevisiae* y *Sch. castelli* respectivamente, se obtuvieron cuando la concentración de extracto de levadura fue de 1.25 g/l. De igual manera las mayores velocidades de crecimiento (0.50 h⁻¹, 0.43 h⁻¹ y 0.60 h⁻¹) para *C. utilis*, *S. cerevisiae* y *Sch. castelli* respectivamente, se obtuvieron cuando la concentración de extracto de malta fue de 1.25 g/l.

Estos resultados nos permiten afirmar que el desecho de harina de maíz precocida es un medio que debe ser enriquecido con elementos nutritivos, los cuales son necesarios para incrementar el crecimiento celular de las levaduras.

Tabla 3. Efecto de la concentración de los nutrientes sobre las velocidades de crecimiento celular (μ) de las levaduras

(g/l)	<i>C. utilis</i> Velocidad de crecimiento (h ⁻¹)					<i>S. cerevisiae</i> Velocidad de crecimiento (h ⁻¹)					<i>Sch. castelli</i> Velocidad de crecimiento (h ⁻¹)				
	0	0.25	0.50	1.0	1.25	0	0.25	0.50	1.0	1.25	0	0.25	0.50	1.0	1.25
Urea	0.03	0.10	0.11	0.23	0.33	0.20	0.30	0.32	0.40	0.53	0.15	0.26	0.30	0.43	0.73
Sulfato de amonio	0.06	0.10	0.13	0.36	0.40	0.23	0.26	0.30	0.53	0.61	0.26	0.30	0.36	0.40	0.43
Extracto de levadura	0.15	0.17	0.23	0.27	0.53	0.15	0.17	0.20	0.30	0.33	0.16	0.18	0.20	0.26	0.33
Extracto de malta	0.25	0.37	0.44	0.46	0.50	0.16	0.17	0.30	0.36	0.43	0.26	0.43	0.46	0.53	0.60

El objetivo fue estudiar en los medios de cultivo tratados, el comportamiento de las levaduras sobre el desecho de harina de maíz precocida al incrementar la escala de fermentación e introducir aire en el medio de cultivo en lugar de la agitación, se realizaron ensayos incrementado desde 100 ml a fermentadores de 2.5 litros y 250 litros. Las condiciones óptimas de temperatura, pH, macro y micronutrientes fueron tomadas de los resultados obtenidos de fiolas de 100 ml de medio. En la Tabla 4, se puede observar que el desecho de harina de maíz precocida tratada mediante hidrólisis química con H₂SO₄ al 2% (relación 1:10), 75°C y 20 minutos, la biomasa con mayor porcentaje en proteínas (29.82% en peso), fue obtenida con la levadura *S. cerevisiae* (Cepa 523), y con la mezcla de *C. utilis* y *S. cerevisiae* (505+523), se alcanzó igual concentración (29.79%). Con *S. cerevisiae*, se produjo la mayor cantidad de biomasa (8x10⁷ UFC/ml), que el obtenido por cada una de las levaduras individualmente pero no sobrepasó la suma de producción de las otras dos levaduras. En el tratamiento con hidrólisis enzimática con *Sch. castelli* (cepa 538), la cual provee las enzimas α -amilasas y amiloglicosidasas para degradar el almidón, la biomasa

con mayor concentración de proteínas (39.66% en peso), fue con la levadura *S. cerevisiae* y el recuento de células también fue mayor cuando *Sch. castelli* y *S. cerevisiae* actuaron simultáneamente (80x10⁷ UFC/ml), aunque no se logró un incremento cuando estas dos levaduras crecen juntas con *C. utilis* (16x10⁷ UFC/ml). Lo interesante de estos resultados es que el aporte enzimático al medio causado por *Sch. castelli*, hace posible que la producción de biomasa sea 5 veces mayor cuando está presente *S. cerevisiae*, levadura con mayor capacidad de dividirse y asimilar sacáridos simples. En el tratamiento de hidrólisis del desecho con la enzima comercial (Termamyl), la biomasa con mayor concentración de proteínas (37.69% en peso), fue con la levadura *S. cerevisiae*, con un crecimiento celular de 15x10⁷ UFC/ml.

Los resultados obtenidos en estas fermentaciones nos permiten seleccionar, el tratamiento enzimático con la levadura *Sch. castelli* como el tratamiento previo de hidrólisis del desecho orgánico de harina de maíz precocida, el cual está constituido principalmente por almidón, para ser degradado a moléculas más sencillas con la finalidad de obtener azúcares fermentables por la levadura *S. Cerevisiae*.

Tabla 4. Efecto de la hidrólisis sobre la producción de biomasa en el desecho de lharina de maíz precocida en fermentador de 2.5 litros.

Hidrólisis	Cepa	% Pc	D.S	% Pc-Control	% Cn	D.S	% Az	D.S	Lev UFC/ml x10 ⁷
Ácida	505	32.81	±0.081	24.35	5.29	±0.012	69.36	±0.008	4.8
	523	38.20	±0.033	29.82	5.56	±0.081	63.62	±0.016	8.0
	505+523	38.25	±0.089	29.79	5.51	±0.016	63.70	±0.016	6.4
<i>Sch. castelli</i>	505	29.53	±0.024	21.07	5.59	±0.032	72.34	±0.081	6.0
	523	48.12	±0.016	39.66	5.77	±0.048	53.57	±0.016	80.0
	505+523	38.72	±0.024	30.26	5.63	±0.055	63.11	±0.008	16.0
Termamyl	505	29.53	±0.024	21.07	5.27	±0.020	72.66	±0.016	5.4
	523	46.25	±0.081	37.69	5.57	±0.024	55.74	±0.009	15.0
	505+523	39.12	±0.020	30.66	5.53	±0.024	62.81	±0.016	10.0
Control	-	8.46	±0.012	0	4.61	±0.008	86.93	±0.014	-

Ps: Peso seco; Pc: Proteína cruda; Cn: Cenizas; Az: Azúcares totales; Lev: Levaduras; D.S: Desviación Standard. El medio de cultivo constituido por: Desechos de harina de maíz precocida, 20 g/l, urea (1.25 g/l); sulfato de amonio (1.25 g/l); extracto de levadura (1.25 g/l) y extracto de malta diastásico líquido (1.25 g/l), pH 4.5, 30°C; con un flujo de aire de 1 vvm y tiempo de fermentación, 48 horas. El control se realizó bajo las mismas condiciones pero sin agregar ninguna levadura. Cepa 505 (*C. utilis*), Cepa 523 (*S. cerevisiae*), Cepa 538 (*Sch. castelli*). Cada valor representa la media de tres ensayos. Los resultados están calculados sobre base seca

Finalmente se realizó una producción de proteína unicelular en un fermentador PROYETSAN de 250 litros, con las levaduras seleccionadas. En la Tabla 5, se muestran las características de la producción de proteína con el consorcio de *Sch. castelli* y *S. cerevisiae*. A partir de esta tabla se elaboraron las gráficas en función del tiempo. El consumo de almidón durante el crecimiento celular, se inició con 20 g/l y a las 32 horas de fermentación descendió hasta 5.57 g/l (Fig. 1), se observa además, un incremento en el número de células por ml de 0.4×10^7 hasta 15.4×10^7 UFC/ml durante el proceso de fermentación. Se observa que a las 20 horas del proceso de fermentación se detecta la producción de enzima amilasa por la levadura *Sch. castelli* (0.45 UA/ml) y a las 32 horas se cuantifica una actividad enzimática de 4 UA/ml.

Tabla 5. Características de la biomasa obtenida por tratamiento enzimático con el consorcio formado por *Sch. castelli* y *S. cerevisiae* crecidas en medio con harina de maíz precocida. Fermentador Proyetsan de 250 litros

Hora	Almidón g/L	Peso Seco %	Cenizas %	Proteínas %		Células/ml (x10 ⁷)	Act. Amilasa (UA/ml)
				Sobrenadante	Sedimento		
0	20.00	17.0	17.1	2.18	6.56	0.4	0
4	19.40	15.9	15.4	3.72	7.22	0.5	0
8	17.90	10.95	10.6	12.25	8.53	0.6	0
12	15.86	9.05	9.05	15.31	9.63	0.8	0
16	11.44	8.0	8.0	13.34	10.28	1.0	0
20	10.12	5.8	5.8	7.88	17.5	1.12	0.45
24	8.64	5.0	5.0	4.15	22.56	7.76	0.66
28	7.46	4.6	4.6	2.63	24.93	12.6	2.66
32	5.57	4.2	4.2	1.96	25.15	15.4	4.0

El medio de cultivo contiene (almidón) desecho de harina de maíz precocida, 20 g/l; urea, 1.25 g/l; extracto de malta diastásico, 1.25 g/l. El volumen de producción, 150 litros. A tiempo cero se inoculó 16 litros de un cultivo mixto de 24 horas con *Sch. castelli* y *S. cerevisiae*. Muestras de 100 ml se retiraron del fermentador cada 4 horas para los análisis. Las condiciones de fermentación fueron: pH 4.5, 30°C y 1 vvm de aireación. Los valores de los parámetros se calcularon sobre base húmeda.

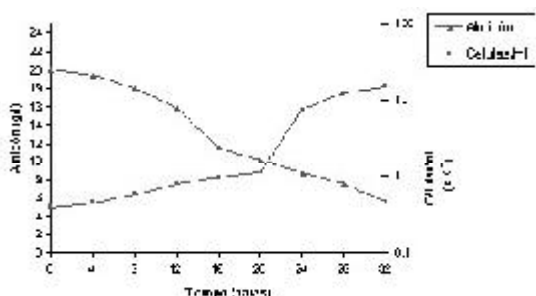


Figura 1. Consumo de almidón y crecimiento del consorcio formado por *Sch. castelli* CBS 2863 y *S. cerevisiae* Pampero 103 crecidas en desecho de harina de maíz precocida. Fermentador de 250 litros. Condiciones de crecimiento: 30°C; pH 4.5; flujo de aire, 1vvm; 150 litros de medio de cultivo.

En la Tabla 6, se muestra la caracterización bromatológica y microbiológica del desecho de harina de maíz precocida empleado en el proceso fermentativo y la biomasa de levaduras obtenida por fermentación aeróbica en el fermentador de 250 litros. Se puede

precisar el incremento proteico (de 7.8 a 41.13%), que experimentó el desecho de harina de maíz precocida durante la fermentación aeróbica, con *Sch. castelli* y *S. cerevisiae*. Así, mismo, observamos un aumento en el contenido de cenizas (de 0.5 a 5.53%).

Tabla 6. Caracterización bromatológica y microbiológica del desecho y la biomasa de levaduras obtenida en el fermentador de 250 litros

Parámetros	Desecho de harina de maíz precocida	Biomasa
Humedad %	10.65	5.32
Proteínas %	7.8	41.13
Nitrógeno No Proteico %	-	5.1
Grasa %	1.6	0.51
Fibra cruda %	0.9	0.48
Almidón %	79.45	52.35
Cenizas %	0.5	5.53
Materia seca %	89.35	94.68
Aerobios mesófilos UFC7g	26x10 ³	8x10 ³
Mohos UFC7g	<10 ³	<10 ²
Levaduras UFC/g	<10 ³	<10 ²
Coliformes NPM/ml	40x10 ²	<10 ²

CONCLUSIONES

Se aplicaron tratamientos químicos y enzimáticos al desecho con la finalidad de obtener azúcares fermentables por las levaduras a partir del desecho de harina de maíz precocida. De las tres levaduras empleadas, *Sch. castelli* CBS 2863 aporta iguales resultados que con la utilización de enzimas comerciales, datos no mostrados. Esto nos permitió obtener biomasa de levaduras, con rendimientos y productividades comparables con valores reportados en la literatura, útil en principio como aporte proteico para dietas de animales. Los resultados obtenidos, permiten ofrecer una tecnología para disponer de un desecho agroindustrial contaminante y proporcionar una solución ecológica con un beneficio económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albornoz, I y Sánchez Crispín, J. 1992. **Producción de biomasa enriquecida en metionina intracelular por un mutante de *Saccharomyces cerevisiae***. Acta Científica Venezolana. ULA. Mérida.
- Anido, V. 1943. **Técnicas clínicas e interpretaciones**. Fraguio Cultural, S.A. La Habana.
- Chinappi, Italia. 1996. **Producción de biomasa para alimentación animal por *Kluyveromyces fragilis* crecida en suero de leche**. Tesis de grado para optar al título de Magister Scientiae en Biotecnología de Microorganismos. ULA, Merida-Venezuela.
- Compagno, C., Porro, D., Smeraldi, C., Ranzi, M. 1995. **Fermentation of whey and starch by transformed *Saccharomyces cerevisiae* cells**. Appl Microbiol.

Biotechnol, 43: 822-825.

Covenin 902-87. 1987. **Determinación de aerobios mesófilos.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Covenin 1104-84. 1984. **Determinación del número más probable de coliformes, de coliformes fecales y de *Escherichia coli*.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Covenin 1783-81. 1981. **Determinación de cenizas. Alimentos para animales.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Covenin 1553-80. 1980. **Determinación de humedad. Alimentos para animales.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Covenin 1785-81. 1981. **Determinación de grasa cruda. Alimentos para animales.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Covenin 1195-80. 1980. **Determinación de nitrógeno total por Kjeldahl. Alimentos para animales.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Covenin 1315-79. 1979. **Determinación de pH. Alimentos para animales.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Covenin 1337-90. 1990. **Determinación de mohos y levaduras.** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Gaspar, Rebeca. 1996. **Producción de proteínas unicelulares por fermentación de desechos de plátanos (*Musa AAB*).** Trabajo de grado para optar al

título de Magister Scientiae. ULA. Mérida.

Gualtieri, María. 1998. **Diagnóstico de los desechos sólidos orgánicos de harina de maíz precocida.** Pasantía de Postgrado realizada en PROMASA. Tutor industrial, Ing° José Dávila. Tutor académico, Dr. J. Sánchez Crispín. ULA. Mérida.

Lee, Ki-Young y Lee, Sung-Taik. 1996. **Continuous process for yeasts biomass production from sugar beet stillage by a novel strain of *Candida rugosa* and protein profile of the yeasts.** J. Chem. Tech. Biotechnol. 66: 349-354.

Lucca, M.E., Romero, M.E., Callieri, D. 1995. **Continuous culture of *Candida utili*: Influence of medium nitrogen concentration.** World Journal of Microbiology & Biotechnology: 11, 515-519.

Piontek, M., Hagedorn, J. y Hollenberg, C. 1998. **Two novel gene expression systems based on the yeasts *Schwanniomyces castelli* and *Pichia stipitis*.** Appl Microbiol Biotechnol, 50: 331-338.

Quintero, Rodolfo. 1981. **Ingeniería Bioquímica. Teoría y Aplicaciones.** Dpto de Biotecnología, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Alambra mexicana. México.

Zamora, R. 1996. **Producción de proteínas unicelulares de *Candida utilis* a partir de extractos ácidos de paja de arroz.** Acta Científica Venezolana 47: 147-153. ULA. Mérida.