

DESARROLLO DE BIOPROCESOS PARA LA REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE DBO Y DQO DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Abad Flores P.^[1], Mario Bautista C.^[1], Rosa Egúsqiza Ch.^[1], Mayra De La Torre^[2]

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos

² Instituto Politécnico Nacional - México

RESUMEN

Se desarrolló un proceso biotecnológico para la reducción de los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de efluentes de la Industria alimentaria, evaluándose el potencial de bioconversión de levaduras seleccionadas en la producción de biomasa forrajera y etanol. Se produjo una reducción de la DQO de suero lácteo diluido de 22,100 mg de O₂/L a 1280 mg de O₂/L y de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de 17,500 mg O₂/L a 1100 mg O₂/L mediante el cultivo aeróbico de *Kluyveromyces marxianus* NRRL-Y-1109 y de 22,100 mg O₂/L de DQO a 1360 mg O₂/L y de la DBO₅ de 17,600 mg O₂/L a 1250 mg O₂/L con el cultivo aeróbico de *Candida pseudotropicalis* BT-UNMSM-6. También se logró reducir la DQO de un efluente de una industria de procesamiento de Almidón de papa de 22,500 mg O₂/L a 1480 mg O₂/L y de la DBO₅ de 26,400 mg O₂/L a 2100 mg O₂/L empleando un cultivo mixto de *Candida tropicalis* BT-UNMSM-124 y *Lipomyces starkeyi* NRRL-11557 en condiciones aeróbicas.

Palabras clave: Bioproceso, Tratamiento efluentes industriales, Suero lácteo y efluentes amiláceos, Reducción DQO y DBO.

ABSTRACT

It was developed a biotechnological process to reduce chemical oxygen demand (COD) & Biochemical Oxygen Demand (BOD) from industrial waste water, simultaneously, it was evaluated the potential bioconversion of some yeast into Food yeast & ethanol production. It was produced a reduction of the Chemical Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen Demand (BOD) of potatoes starchy processing industry from 22,5000 Chemical Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen demand (BOD) of COD to 1480 mg O₂/L and 26,400 mg O₂/L BOD to 2100 mg O₂/L BOD with an aerobic mixed culture of *Candida tropicalis* BT-UNSM 124 and *Lipomyces* sp BT-UNMSM-145. It was produced a reduction of Chemical Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen Demand (DBO) of dairy effluent diluted from 22,100 mg O₂/L COD to 1280 mg O₂/L and 17,500 mg O₂/L BOD to 1100 mg O₂/L of BOD with an aerobic culture of *Kluyveromyces marxianus* NRRL-Y-1109 and a reduction of COD from 22,100 mg O₂/L to 1360 mg de O₂/L and reduction of BOD from 17,600 mg O₂/L to 1259 mg O₂/L with an aerobic culture of *Candida pseudotropicalis*.

Keywords: Industrial wastewater pollution, Biological treatment DBO & DQO reduction, Sweet whey, amilaceous effluents.

I. INTRODUCCIÓN

Muchos efluentes industriales del procesamiento de alimentos son ideales para el bioprocesamiento porque contienen altos niveles de material orgánico fácilmente biodegradable, y que son frecuentemente vertidos en la red de recolección de aguas residuales, convirtiéndose en fuentes potenciales de alteración ecológica. Tales efluentes son insumos potenciales para la producción de etanol y biomasa forrajera y compuestos bioquímicos por procesos fermentativos, por lo que estos bioprocesos se han convertido en alternativas viables para el tratamiento de residuos y efluentes industriales^[2, 6, 21].

El suero lácteo, considerado un subproducto de la industria láctea, es un fluido obtenido por la separación del coágulo de la leche total, crema o nata, de composición variable. El suero lácteo dulce resulta del uso de enzimas tipo renina a un pH aprox. de 5,6; el suero lácteo ácido deriva de la acidificación directa de la leche a pH 5,1 ó menores. La producción de quesos ácidos frescos (ricota o Cottage) produce sueros ácidos de pH 5,0 - 5,8 con una composición de 4,5 - 5,0% de lactosa; 0,32 - 0,7% de compuestos proteicos; 0,15-1,0% de grasas y pequeñas cantidades de vitaminas y minerales^[11, 16]. Pese a su alto contenido de materia orgánica, el suero es frecuentemente vertido en el medio ambiente causando serios problemas de contaminación^[6, 25].

La eliminación del contenido de lactosa y de proteínas residuales del suero lácteo representa una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 60 000 - 70 000 mg O₂ / L^[22]. La cantidad de agua residual que genera un producto lácteo es de 2-3 L de agua residual / Kg de producto. Estas aguas residuales pueden ser tratadas por métodos tradicionales de tratamiento aerobio, químico o por simple irrigación.

Como solución a esta problemática, se han desarrollado procesos de bioconversión de suero lácteo y efluentes amiláceos de industrias alimentarias en levaduras forrajeras o etanol en varios países^[1, 12, 23].

El uso de suero lácteo para la producción de biomasa forrajera o etanol es ventajoso porque es un proceso simple de fermentación con especies de levaduras *Kluyveromyces*, *Candida* y *Trichosporon*, permitiendo que la descarga final del suero se vea reducida de materia orgánica. Este proceso puede causar la producción de subproductos como alcohol, aldehídos, ésteres, etc., que reducen los rendimientos de biomasa sobre suero lácteo^[7]. Para evitar este efecto, se han utilizado cultivos mixtos de levaduras^[9].

Las especies de *Kluyveromyces* y *Candida* han sido las más estudiadas en la producción de biomasa y etanol (Moresi M. *et al.*, 1989). En el presente trabajo, se determinó y optimizó un rango de condiciones operativas de fermentación de levaduras forrajeras (*Candida pseudotropicalis* *Saccharomyces diastaticus* y *Lipomyces spp*) en biorreactores de laboratorio sobre suero lácteo y subproductos amiláceos para reducir los niveles de DBO y DQO a niveles compatibles con el medio ambiente.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

SELECCIÓN DE LEVADURAS PARA FERMENTACION DE EFLUENTES

Se seleccionaron 2 cepas de levaduras: *Candida tropicalis* BT-UNMS-124; *Candida pseudotropicalis* BT-UNSM-6 de la colección del laboratorio de Microbiología ambiental y Biotecnología UNMSM y cepas referenciales *Candida tropicalis* NRRL-Y-12968; *Lipomyces starkeyi* NRRL-Y-11557 y *Saccharomycopsis fibuligera* NRLL-Y-2388, y *Kluyveromyces marxianus* NRRL-Y-1109 obtenidas de la colección microbiana de la Northern Regional Research Laboratory-USDA. Las levaduras se conservaron en Agar YPD a 5 °C.

Determinación de parámetros de fermentación de efluentes

La determinación de los parámetros de fermentación de suero lácteo dulce y efluente amiláceo se efectuó siguiendo las recomendaciones de Montgomery^[27]; aplicando un

diseño estadístico factorial de Taguchi *et al.*^[31] y de Chen *et al.*^[10], que permitió evaluar la influencia de la concentración de azúcares en el suero lácteo y en los efluentes amiláceos. Para el trabajo con suero lácteo, en el suero lácteo se utilizó *Kluyveromyces marxianus* NRRL-Y-1109 y *Candida pseudotropicalis* BT-USM-6, desarrollados en cultivos sumergidos sobre fermentador CHEMAPAG, CH-8604, de 7 litros de capacidad adaptados con electrodos de oxígeno, de pH y monitores de registro de pH, Temperatura; Oxígeno disuelto y velocidad de agitación. Se utilizó una concentración de lactosa (15 - 25 - 35 g/L), la concentración de sales de fosfato y NH_4SO_4 y extracto de levadura (2-3-4 g/L); la velocidad de agitación (400-600-800 RPM y el flujo de aireación (1,25-1.50-1,75 VVM).

Para el tratamiento de suero lácteo se fijaron como condiciones operativas del proceso de fermentación un volumen de trabajo de 5 L.; Temperatura de fermentación 30 °C; pH: 4,5; Presión de aire 1 kg/cm². Se aplicó un diseño estadístico ortogonal de la forma 3^k con 3 niveles de concentración de lactosa 15-25-35 g/L, la concentración de K_2HPO_4 (2-3-4 g/L), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (4-6-8 g/L) en medio suplementado con solución de oligoelementos y micronutrientes: $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.1 g/L; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1 g/L; H_3BO_3 0.1 mg/L; $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.1 mg/L; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.15 mg/L; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.15 mg/L. Se aplicó una presión de flujo de aire de 2 kg/cm² y una sobre presión del reactor de 1 kg/cm²

Para el tratamiento del efluente amiláceo se fijaron como condiciones operativas del proceso de fermentación un volumen de trabajo de 5 L.; Temperatura de fermentación 30 °C; pH: 4,5; Presión de aire 1 kg/cm². Se utilizó cepas de *Candida tropicalis* BT-UNSM-124; *Lipomyces starkeyi* NRRL-Y-11557 y se siguieron las condiciones seguidas en el tratamiento de suero lácteo. Se dosificó los niveles de azúcar entre 10 -20-40 g/L suplementado con extracto de levadura 2.5 g/L; concentración de sales de fosfato y NH_4SO_4 5 g/L; Adicionalmente, se incorpora una solución de oligoelementos y micro nutrientes de Mawson A^[23].

Determinación de la Biomasa de levaduras

La biomasa de levaduras en todos los procesos fermentativos fue determinada gravimétricamente, filtrando 5 ml de cultivos o diluciones de ella en cultivos de alta densidad celular a través de filtros "Millipore" de 47 mm de diámetro y 0.43 micras (μ) de porosidad, secados y pesados en una balanza analítica. Los filtros con las muestras secadas a 70 °C por 4-6 hrs fueron pesados nuevamente para obtener el peso seco (g/L) por diferencia de pesos.

La velocidad específica de crecimiento (μ_x) fue determinada en el cultivo por lote durante el crecimiento logarítmico aplicando la fórmula:

$$\mu_x = \frac{\ln X_f - \ln X_o}{T_2 - T_1}$$

El rendimiento celular ($Y_{x/s}$) fue determinado considerando el peso seco de la biomasa alcanzada al final de la fermentación, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Y_{x/s} = \frac{X_2 \text{ (g/L)} - X_1 \text{ (g/L)}}{S_0 \text{ (g/L)} - S_f \text{ (g/L)}}$$

X_2 = Peso seco al final de fermentación.

X_1 = Peso seco al inicio de fermentación.

S_0 = Concentración inicial de sustrato al inicio de la fermentación.

S_f = Concentración final de sustrato al final de la fermentación.

Determinación de la actividad de fermentación alcohólica de las bioconversiones

La evaluación del potencial de evaluación de etanol de las levaduras sobre suero lácteo fue desarrollada sobre el medio optimizado de Moresi *et al.*^[28], formado por suero lácteo desproteinizado con una concentración de lactosa de 50-100 y 200 g/L, suplementado con extracto de levadura 2 g/L; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 5 g/L; K_2HPO_4 4 g/L; pH= 4.5. Los inóculos fueron desarrollados en matraces de 500 ml conteniendo 90 ml de medio e

inoculados con 10 ml de cultivos de cepas seleccionadas y mantenidas en agitación constante. Para la determinación de etanol en los mostos de suero lácteo fermentado por 24 horas, se destilaron muestras de 500 m y se determinó etanol por el método volumétrico de Semichon y Franz por titulación con $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$.

Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅) fue determinada por el método propuesto por los métodos estándares para el análisis de aguas y aguas residuales de la APHA (1995). Las muestras diluidas al 5% y 25% y sin diluir fueron incubadas a 200 °C en oscuridad durante 5 días. Se midió el contenido de oxígeno de cada uno de los frascos, previo a la incubación y luego de la incubación correspondiente, utilizando un electrodo de oxígeno después de un periodo de estabilización de 15 minutos. Los valores de DBO fueron determinados considerando los valores iniciales y finales, aplicando la relación:

$$\text{D.B.O (mg O}_2\text{./L)} = \frac{\text{C.O.D (i)} - \text{C.O.D (f)}}{P}$$

Donde:

COD (i) = Concentración inicial de oxígeno disuelto.

COD (f) = Concentración final de oxígeno disuelto.

P= Fracción decimal de muestra utilizada.

La demanda química de oxígeno (DQO) de los efluentes decepcionados y tratados fue determinada por el método de Winkler (1980) de la Standard Methods. La materia orgánica fue oxidada por la adición de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ y H_2SO_4 , la cantidad residual de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ fue determinada por titulación con $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. 20 ml de muestra fueron mezclados en un matraz de 300 ml con 10 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.25 N, 40 ml de H_2SO_4 (conteniendo AgSO_4 y 0.4 g de HgSO_4). Los matraces fueron colectados a un sistema de reflujo y calentados hasta ebullición durante 10 minutos;

se colocó 100 ml de agua destilada a través del enfriador de reflujo hasta que se logre el total enfriamiento.

El $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ residual fue determinado por titulación frente a una solución de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. El indicador fue una solución de Ferroína “Merck”, se usó agua destilada como blanco.

La DQO fue calculada aplicando la relación:

$$\text{DQO (mgO}_2\text{ /L)} = (\text{B-A}).\text{N}$$

Donde:

A= ml de solución de Fe (II), usados para titular la muestra.

B= ml de solución de Fe (II), usados para titular el blanco.

N=Normalidad de la solución de Fe (II).

III. RESULTADOS y DISCUSIÓN

La caracterización del suero lácteo dulce y del efluente de una planta procesadora de almidón, se presenta en las Tablas N.ºs 1 y 2. Se observan altos valores de DBO y DQO, superiores a los límites permisibles por la Norma Técnica Nacional para efluentes

Tabla N.º 1. Caracterización de un efluente de industria láctea: suero lácteo dulce.

PARÁMETRO	VALORES
pH	5,2 - 5,8
Demanda química de oxígeno (DQO) (m g / L)	21400- 22100
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (m g / L)	16810- 17500
Sólidos totales (m g / L)	7540 – 7875
Sólidos volátiles (m g / L)	5250 - 5475
Sólidos disueltos totales (m g / L)	6085 - 6178
Sólidos suspendidos totales (mg /L)	1350 - 1765
Sólidos suspendidos volátiles (mg / L)	920 - 1025
Nitrógeno (mg / L)	172 - 178
Fósforo (m g / L)	32 - 35

Tabla N.º 2. Caracterización de un efluente amiláceo de una industria procesadora de almidón de papa.

PARÁMETRO	VALORES
pH	4,2 - 4,8
Demanda química de oxígeno (DQO) (m g / L)	11620 - 12500
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (m g / L)	15810 - 16480
Sólidos totales (m g / L)	8540 - 9875
Sólidos volátiles (m g / L)	3250 - 3475
Sólidos disueltos totales (m g / L)	6015 - 6070
Sólidos suspendidos totales (mg /L)	1750- 1885
Sólidos suspendidos volátiles (m g / L)	980 - 1075
Nitrógeno (m g / L)	82 - 118
Fósforo (m g / L)	12 - 16

industriales y un contenido de P y N que los hace valioso para la formulación de un mosto para la fermentación de levaduras. Los procesos biotecnológicos de fermentación aeróbica para la reducción de los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de efluentes de la industria alimentaria: Suero lácteo y efluente amiláceo se observan en las Tablas N.ºs 4, 5, 6 y 7 y Figura N.º 1. Para el suero lácteo una Demanda Química de Oxígeno de 21400 – 22,100 mg de O₂/L y una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de 17,500 O₂/L mg.. O₂/L. sólidos totales de 7500 a 7875 . mg O₂/L lácteo y efluente amiláceo, evaluándose el potencial de producción de biomasa forrajera y etanol, se presentan en las 3, 4 y 5.

Se observó una reducción de la DQO de suero lácteo diluido de 22,100 mg de O₂/L a 1280 mg de O₂/L y de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de 17,500 mg. O₂/L a 1100 mg O₂/L mediante el cultivo aeróbico de *Kluyveromyces marxianus* NRRL-Y-1109.

También se logró reducir la DQO de un efluente de una industria de procesamiento de almidón de papa de 22,500 mg O₂/L a 1480 mg O₂/L y de la DBO₅ de 26,400 mg O₂/L a 2100 mg O₂/L empleando un cultivo aeróbico de *Candida pseudotropicalis* BT-UNMSM-6; y de 22,100 mg de O₂/L de mixto de *Candida tropicalis* BT-UNMSM-124 y *Lipomyces starkeyi* NRRL-11557 en condiciones aeróbicas.

Tabla. N.º 3. Rendimientos de producción de etanol de levaduras seleccionadas sobre suero lácteo.

Cepa	rendimiento de etanol Y _{p/s} % inicial de lactosa en suero		
	5%	10%	2%
<i>K. marxianus</i> NRRL-Y-1109	0,71	0,66	0,21
<i>K. marxianus</i> NRRL-Y- 2415	0,68	0,52	0,24
<i>K. marxianus</i> BT-USM-189	0,62	0,48	0,31
<i>K. marxianus</i> BT- USM- 54	0,76	0,66	0,28
<i>K. marxianus</i> BT-USM- 64	0,60	0,45	0,32
<i>K. lactis</i> BT- USM- 81	0,66	0,51	0,25
<i>K thermotolerans</i> BT-USM- 82	0,64	0,42	0,33
<i>C.pseudotropicalis</i> BT- USM- 6	0,66	0,51	0,38
<i>C. pseudotropicalis</i> BT- USM- 9	0,72	0,48	0,28
<i>C. pseudotropicalis</i> BT- USM- 22	0,68	0,50	0,31
<i>C. pseudotropicalis</i> BT- USM- 25	0,78	0,52	0,36
<i>C. pseudotropicalis</i> BT- USM- 56	0,74	0,54	0,32
<i>C. pseudotropicalis</i> BT- USM- 84	0,81	0,56	0,38
<i>C. curvata</i> BT- USM- 21	0,66	0,42	0,28
<i>C. curvata</i> BT- USM- 24	0,62	0,39	0,30
<i>T. cutaneum</i> BT-USM-40	0,58	0,32	0,22
<i>T. cutaneum</i> BT-USM-50	0,56	0,38	0,34
<i>T. cutaneum</i> BT- USM- 55	0,58	0,44	0,32

Tabla N.º 4. Reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de efluente amiláceo tratado por fermentación con *Candida tropicalis* BT-USM 124 con producción de biomasa.

PARÁMETROS EVALUADOS	EFLUENTE AMILÁCEO	
	TOTAL	DILUIDO
DQO (mg O ₂ /L)	12,500	6,300
DBO (mg O ₂ /L)	16,400	8,280
Peso seco de levaduras (g/L)	12.75	6.85
Rendimiento celular (Y _{x/s}) (g/g X 100)	30.31	33.59
Almidón inicial /g/L)	42.78	20.65
Almidón residual (g/L)	0.374	0.26
Tiempo de Fermentación (horas)	48	36
DQO de cultivo filtrado (mg O ₂ /L)	1480	885
DBO de cultivo filtrado (mg O ₂ /L)	2100	1025
(mg O ₂ /L) % de disminución	85.04	84,36
de DQO % de disminución de DBO	82.99	85,88

Tabla N.º 5. Reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de efluente amiláceo tratado por fermentación con cultivo mixto de *Candida tropicalis* BT-USM 124 y *Lipomyces starkeyi* NRRL-Y-11557.

PARÁMETROS EVALUADOS	EFLUENTE AMILÁCEO	
	TOTAL	DILUIDO 50%
DQO (mg O ₂ /L)	12,500	6,450
DBO (mg O ₂ /L)	16,400	8,150
Peso seco de levaduras (g/L)	12.75	7.15
Rendimiento celular (Y _{x/s}) (g/g X 100)	30.31	35.01
Almidón inicial (g/L)	42.78	20.78
Almidón residual (g/L)	0.72	0.36
Tiempo fermentación (Hrs)	48	36
DQO de cultivo filtrado (mg O ₂ /L)	1480	765
DBO de cultivo filtrado (mg O ₂ /L)	2085	1090
% de disminución de DQO	85,32	86,58
% de disminución de DBO	86,88	87,70

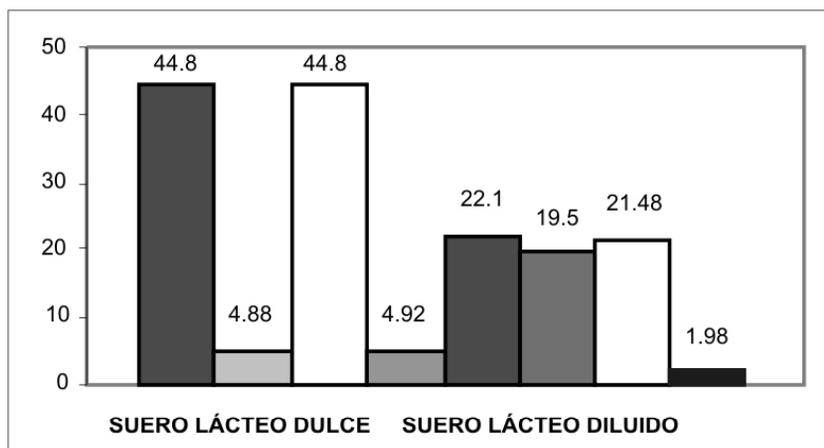


Figura N.º 1. Eficacia de la reducción de la PQO y DBO en efluente de suero lácteo dulce y suero lácteo diluido con *k. marxianus* y-1109.

Tabla N.º 6. Reducción de la demanda química de oxígeno (dco) y de la demanda bioquímica de oxígeno (dbo) del suero lácteo total y desproteinizado tratado por fermentación con *Kluyveromyces marxianus* NRRL-Y-1109.

PARÁMETROS	SUERO	LÁCTEO	DULCE	SUERO DILUIDO
EVALUADO	Total	Desprot.	Total	Desprot.
DQO (mg O ₂ /L)	44,800	44,1000	21,480	21,800
DBO (mg O ₂ /L)	33,250	31,175	17,500	16,465
Peso seco de levaduras (g/L)	20.18	20.85	11.85	12.465
Rendimiento celular (Y _{x/s}) (g/g X 100)	37.40	41.82	52.05	56.20
Lactosa inicial /g/L)	44.65	44.48	22.32	22.56
Lactosa residual (g/L)	0.350	0.320	0.020	---
Tiempo de fermentación (Hrs)	15	15	15	15
DQO de cultivo (mg O ₂ /L)	470	4620	1850	1280
DBO de cultivo (mg O ₂ /L)	3875	3780	1280	1100
% de disminución de DQO	89.33	89.52	92.52	94.64
% de disminución de DBO	88.34	87.87	90.37	93.91

Tabla N.º 7. Reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del suero lácteo total y desproteinizado tratado por fermentación con *Candida pseudotropicalis* BT-106.

PARÁMETROS	SUERO	LÁCTEO	DULCE	S. DILUIDO
EVALUADOS	Total	Desprot.	Total	Desprot.o
DQO (mg O ₂ /L)	44,800	44,100	22,100	21,480
DBO (mg O ₂ /L)	33,250	31,175	17,500	16,465
Peso seco de levaduras (g/L)	20.10	20.5	10.85	11.75
Rendimiento celular (Y _{x/s}) (g/g X 100)	35.20	40.50	51.25	52.50
Lactosa inicial (g/L)	44.65	44.48	22.32	22.56
Lactosa residual (g/L)	0.350	0.310	0.021	---
Tiempo de fermentación (Hrs)	15	15	15	15
DQO de cultivo filtrado (mg O ₂ /L)	4880	4920	1950	1280
DBO de cultivo filtrado (mg O ₂ /L)	3875	3780	1580	1210
% de disminución de DQO	89.33	89.52	92.52	94.64
% de disminución de DBO	86.34	85.87	88.25	91.65

IV. CONCLUSIONES

Las características físico-químicas del suero lácteo y efluentes amiláceos muestran un alto contenido de materia orgánica biodegradable y un alto contenido de sólidos en suspensión.

La reducción de la DBO y DQO depende de la concentración inicial de sustratos. Una disminución óptima ocurre a una concentración inicial de sustrato de 20-25 g/L de azúcar reductor, con la adición de NH₄ SO₄, extracto de levadura y un flujo de aireación de 1.5 VM.

Los procesos de tratamiento de efluentes lácteos y amiláceos podrían suministrar las bases para una serie de bioproducciones fácilmente integrables a un sistema de mayor atracción económica que la simple producción de levaduras forrajeras.

V. AGRADECIMIENTOS

Al CONCYTEC y CSI - UNMSM por el financiamiento otorgado al presente proyecto.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abouzied MM y Reddy CA (1987). *Bio-
tech Lett*; 9: 59-62.
- [2] Angenent LT; Khursheed K; Muthanna
H; Al-Dahhan H; Wrenn BA & Domýn-
guez-Espinosa R. *Trends Biotechn*
2004; 22(9): 476-485.
- [3] American Public Health Association
(APHA) 1992; 16th edition, New York.
- [4] Azoulay E; Lebault JM. *Appl Env Microb*
1980; 39:41-47.
- [5] Bainotti AE; Basilico JC; Carrasco MS.
R Arg Microb 1987; 19:1-7.
- [6] Ben-Hassan RM; Ghaly AE. *Biochem
Biotechn* 1994; 47: 89-105.
- [7] Beasejour D; Leduy A; Ramaho RS. *J
Chem Eng* 1981; 59:522-52.
- [8] Burgués KJ; Kelly J. *J Food Sci Technol*
1979; 3:1-6.
- [9] Carlotti A; Jacob F; Perrier J; Poncet S.
Biotech Letters 1981; 13(6): 437-440.
- [10] Chen J; Sun DX; Wu CF. *International
Statistical Review* 1993; 61: 131-145.
- [11] Delaney RAM. *J Soc Dairy Techn* 1976;
29: 91-101.
- [12] Flores PA. Selección y evaluación de
levaduras para la producción de biomasa
microbiana por fermentación de suero
lácteo. Tesis para optar el grado acadé-
mico de Magíster en Microbiología, Fac.
Farmacia y bioquímica - UNMSM, 1998.
- [13] Flores PA. Selección y evaluación de
levaduras nativas para procesos de bio-
conversión de residuos agroindustriales
por fermentación. Tesis para optar el
grado académico de Doctor en Cien-
cias Biológicas - Facultad de Ciencias
Biológicas - UNMSM, 2000.
- [14] Ghaly AE; Singh RK. *Appl Biochem
Bio technol* 1989; 22: 181-203.
- [15] Gawel J; Kosikowski FV. *J Food Sci* 1978;
43: 1717-1719.
- [16] Glas L; Hedrick TI. *J Dairy Sci* 1976; 60:
190-96.
- [17] Janssens JH; Bernard A. Bailey, R. B.
Biotechnol Bioeng 1984; 26: 01-05.
- [18] Laluce L; Matton JR. *Appl Env Microb*
1984; 48: 17-25. 3.10.
- [19] Lemmel SA; Heimsch RC; Edwards LL.
Appl Env Microb 1979; 37: 227-232.
- [20] Mahmoud M; Kosikowsky FV. *J Dairy
Sci* 1982; 65: 2082-87.
- [21] Marwaha SS; Kennedy JF. *Int J Food
Sci Technol* 1988; 23: 323-336.
- [22] Maiorella BL; Castillo F. *Process Bio-
chem* 1984; 17: 157-161.
- [23] Mawson AJ. *Biotechn Letters* 1988; 10:
503-508.
- [24] Mishra BK; Arora A; Lata. *Biosource
technology* 2004; 91(1): 9-12.
- [25] Moeini H; Nahvi IM; Tavassoli. *Electronic
J Biotech* 2004; 7(3) Dec. 15.
- [26] Mitchell A; Jacob F; Perrie J; Poncet S.
Biotech Bioeng 1987; 30: 780-783.
- [27] Montgomery, Douglas C. *Design and
Analysis of Experiments*, John Wiley &
Sons Inc., New York, 1976 .
- [28] Moresi M; Colocchio A; Sansovani F;
Sebastiani E. *Europ J Appl Microb Bio-
techn* 1980; 9: 261-274.
- [29] Moresi M; patete M; Truffio A. *Europ
J Appl Microb Biotechn* 1989; 9: 261-
274.
- [30] Murado MA; Gonzalez MP; Pastrana I;
Siso MIG; Miron J; Montemayor MI.
Bioresource technology 1993; 44(2.):
155-163 (1 p.).
- [31] Taguchi G; Elsayed A; Hsiang Thomas
C. *Quality Engineering in Production
Systems*. McGraw-Hill Inc., New York,
1989.
- [32] Yoshizawa K. *J Ferm Technol* 1978;
56(4): 389-395.