

"LA MANDIOCA: MATERIA PRIMA COMPLEMENTARIA EN LA PRODUCCION DE ALCOHOL PARA USO CARBURANTE. ENSAYOS EN LABORATORIO Y PLANTA PILOTO"

Meinardi C., Basílico J.C., Busaniche J., Temperini J., González J.F., Granados R., Arpesella O.A.

La crisis energética latente durante muchos años y más crudamente puesta en evidencia en 1973, obligó a dar un marcado impulso a la generación de energía mediante recursos renovables.

Surgieron ingeniosos proyectos de aprovechamiento de energía y en especial para reemplazar los combustibles líquidos derivados del petróleo por otros renovables, siendo el más viable la producción de alcohol etílico a partir de materias primas sacarinas y almidónicas.

Debido a las buenas posibilidades del uso de etanol en mezclas con naftas para combustibles en automotores, se hace necesario la utilización de materias primas alternativas conducentes a una integración de recursos y disponibilidades, con un máximo aprovechamiento que permita los mayores réditos dentro de un contexto agroindustrial.

Los combustibles líquidos utilizados para el transporte representan más de un 30 % del consumo energético del país.

Las naftas encuentran en el alcohol el sustituto más adecuado, ya que es otro combustible líquido que posee un elevado número de octanos, ac-

túa como un aditivo mejorador, favorece la combustión total de los hidrocarburos y al reemplazar al plomo tetraetilo disminuye la contaminación ambiental, como así también la erogación de divisas para su importación.

En mezclas hasta un 15 % (anhidro) con las naftas, no es necesaria ninguna modificación del motor, excepto el cambio de algunas piezas de plástico. La infraestructura de distribución puede ser utilizada sin mayores problemas, y el consumo no experimenta aumento significativo; en algunos modelos es un 5 % mayor.

La producción de alcohol en los volúmenes requeridos por el sector combustible involucra una importante dinamización de la Agroindustria, con sus consecuentes beneficios a zonas con economías deprimidas y con un fuerte éxodo poblacional. Las inversiones necesarias son muy bajas comparadas con las que exige la industria petrolera y es una de las industrias que tiene la mayor demanda de mano de obra.

Indudablemente esto significa una situación inédita para la industria alcoholera, ya que se enfrenta a una demanda muy superior, debiendo abastecer un mercado que requiere un produc-

to en cantidad, calidad y costos netamente diferenciados al uso tradicional del alcohol.

La producción de alcohol ha estado orientada a abastecer el mercado de bebidas, que tiene características particulares en cuanto a exigir un producto de alta calidad, sin interesarle la energía necesaria para su producción, ni tampoco reclama grandes volúmenes.

El uso del alcohol como carburante para motores de combustión interna, modifica totalmente las características del mercado tradicional. Debe sustituir combustibles no renovables como son las naftas, cuyo volumen de demanda es altamente significativo, su abastecimiento no puede interrumpirse y posiblemente lo más importante es que la producción de alcohol exige un balance energético positivo. Esto último también condiciona la no utilización de combustibles fósiles en la destilería, ya que una de sus ventajas es la del reemplazo de un combustible no renovable por uno renovable.

Por lo tanto resulta prioritario el desarrollo de tecnologías que respondan a este desafío y que en particular permitan la utilización de todas aquellas materias primas complementarias de la caña de azúcar. El N.E.A.Litoral tiene reales posibilidades de producir las, tales como el sorgo y la mandioca. En ambas existe experiencia agrícola y en la región hay posibilidades concretas para extender sus cultivos, ya que se cuenta con las condiciones agroclimáticas adecuadas.

El uso de estas materias primas complementarias permitirá no solo una mayor producción, sino que también alar-

gará el ciclo operativo de las plantas, optimizando el uso de las instalaciones, que con la caña como materia prima es relativamente corto.

La producción masiva de alcohol en la región N.E.A.Litoral, es una necesidad urgente, ya que el expendio de Alconafta ha sido ya aprobado por la Secretaría de Estado de Energía, expendiéndose actualmente en Misiones, Formosa, Chaco y Corrientes. Para fines de octubre de 1985 se incorporan las provincias de Entre Ríos y Santa Fe, esta última con mercado altamente significativo.

Las estadísticas del año 1984 en el país indicaron un consumo de : 6.809.000 m<sup>3</sup> de naftas; de este volumen un 17,9 % correspondió a la región del NEA Litoral ( 1.219.000 m<sup>3</sup> ). Es importante destacar que la provincia de Santa Fe representa el 52 % del mercado de la región ( 633.900 m<sup>3</sup> ).

Si se toma la misma proporción actual de alcohol en las mezclas (15% en la zona del N.E.A.Litoral demandaríamos alrededor de 180.000 m<sup>3</sup> de alcohol al año. Esta cifra muestra la importancia del mercado del alcohol carburante en la zona N.E.A.Litoral.

El volumen equivalente de nafta reemplazada, significa unos 40 millones de dólares anuales posibles de portar, ó un valor muy superior si la nafta se deriva a la producción de productos químicos, que poseen un alto valor agregado.

Tomando como base instalaciones de 120 m<sup>3</sup>/d de alcohol, con una producción anual de 25.000 m<sup>3</sup>, se necesitarían 7 destilerías como mínimo.

Estas instalaciones generarían

manda de más de 18.000 puestos de trabajo entre directos e indirectos y una expansión de la superficie cultivable para el caso de utilizarse solamente caña de alrededor de 50.000 hectáreas. Si se trata de sorgo granífero, la superficie sería de unas 130.000 hectáreas.

Todo lo expuesto demuestra el porqué el alcohol es el sustituto de las plantas con mayores posibilidades técnicas - económicas.

#### MÉTODE EXPERIMENTAL

El objeto del presente trabajo ha sido la optimización de las condiciones de fermentación de un mosto de mandioca a escala laboratorio. Las variables puestas en consideración fueron: concentración de almidón, adición de nutrientes, siembra y tratamiento térmico.

La variedad de mandioca utilizada fue proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y provenía del norte de la provincia de Santa Fe. La cepa empleada corresponde a una variedad de *Sacharomyces-Cerevisiae* (DBL - 504) con la característica de ser buena productora de alcohol en tiempos relativamente cortos.

Optimizadas las condiciones, se alcanzaron rendimientos del 85 - 89 % y transformaciones del 93 - 94 %, valores que se repitieron trabajando a escala piloto.

El tiempo total de fermentación osciló entre las 22 y 26 horas, tanto a escala laboratorio como planta semi-piloto.

#### Preparación del mosto.

La preparación del mosto se efectúa en las siguientes etapas:

- 1.- Trituración de la mandioca y agregado de agua, para obtener una concentración de almidón del 12 %.
- 2.- Hidrólisis efectuada en 2 etapas con 2 enzimas comerciales:  $\alpha$  amilasa con temperatura óptima de trabajo de 90°C y pH 5,5 - 7 y glucoamilasa con temperatura óptima de 60°C y pH 3,8 - 4,5.
- 3.- Efectuada la hidrólisis se lleva la temperatura a 30°C y se inocula con un precultivo (aproximadamente un 5 % del volumen total) de mosto de malta.

Se trabajó con balones de un litro, conteniendo aproximadamente 750 ml. de mosto al que no se separaron las materias insolubles.

Las variables medidas como parámetros del avance de la fermentación, fueron: concentración inicial y final de azúcares reductores y determinadas mediante técnica propuesta por AOAC y concentración final de alcohol, medida indirectamente por densimetría en un volumen de destilado, y verificada la presencia exclusiva de agua y alcohol en la solución mediante un cromatógrafo de gases.

Se definió rendimiento en función del almidón inicial en el mosto, sabiendo que con un rendimiento teórico del 100 %, de 100 g. de almidón se obtienen 71,5 ml de alcohol y transformación definida como el rendimiento en base al almidón consumido durante el proceso.

#### RESULTADOS:

En la mandioca utilizada se verificó una concentración de almidón de 30,82 % y una humedad de 60,75 %.

En las experiencias efectuadas no

se apreció mejora alguna con la adición de  $SO_4(NH_4)_2$ ,  $PO_4H_2K$ ,  $SO_4Mg$  y/o extracto de levadura.

En la tabla No.1, pueden apreciarse los valores obtenidos cuando se estudiaron las distintas temperaturas y tiempos de cocción y la influencia de sales.

En la tabla No.3 se presentan datos obtenidos cuando se estudió el efecto de la concentración inicial de los mostos

#### DISCUSION.

Del análisis de la tabla No.1, puede decir que:

Los rendimientos fueron siempre

### EFFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO EN MOSTOS CON Y SIN ADICION DE SALES

TABLA No.1

TRATAMIENTO	B.M.(min.)	Con adición de sales				Sin adición de sales			
		30	60	30	30	30	60	30	30
TERMICO	1 atm(min)	-	-	30	60	-	-	30	60
ALMIDON INICIAL	%	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95
ALMIDON RESIDUAL	%	2,25	0,85	0,83	0,66	2,11	0,68	0,66	0,62
TRANSFORMACION	%	86,90	90,20	90,50	79,20	90,90	93,90	93,30	93,08
RENDIMIENTO	%	70,54	83,78	84,21	74,82	74,85	88,56	88,15	88,17

Los resultados obtenidos cuando se estudió los distintos grados de trituración de la mandioca, conjuntamente con los diversos tratamientos térmicos se muestran en la tabla No.2.

superiores en los mostos no aditados

Con una cocción de 30 minutos a  $90^{\circ}C$  se obtuvo una fermentación deficiente, elevado almidón residual y bajos rendimientos. Cuando se hicieron

### INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN MOSTOS CON DISTINTO GRADO DE TRITURACION

TABLA No. 2

TRATAMIENTO	B.M.(minutos)	Característica de la trituración					
		GRUESA		NORMAL		FINA	
TERMICO	1 atm (min.)	-	30	-	30	-	30
ALMIDON INICIAL	%	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95
ALMIDON RESIDUAL	%	1,52	1,29	0,59	0,63	0,60	0,56
TRANSFORMACION	%	85,50	89,10	93,20	93,30	93,50	93,60
RENDIMIENTO	%	74,62	79,56	88,60	88,38	89,10	89,21

ESTUDIO DE LA CONCENTRACION OPTIMA DE ALMIDON

TABLA No.3

ALMIDON INICIAL	%	11,95	13,20	14,35
ALMIDON RESIDUAL	%	0,65	1,07	1,23
TRANSFORMACION	%	93,40	93,80	93,90
RENDIMIENTO	%	88,32	86,20	85,85

en extremas las condiciones de cocción, se notó en los mostos con adición de sales, que se mejoraron los rendimientos general, observándose valores menores de tratamiento más enérgico, fenómeno muy atenuado también se manifestó en los mostos sin agregado de sales.

En iguales condiciones de cocción, siempre se encontró menor tenor de almidón residual en los mostos sin aditamen

De la tabla No.2 se puede apreciar que el rendimiento aumenta cuando mayor es el grado de trituración. Cuando las partículas son excesivamente gruesas, el almidón residual en la fermentación es elevado y los rendimientos bajos, mientras que con partículas muy finas no se afectan los rendimientos.

En la tabla No.3 se puede observar un leve aumento de la transformación con la concentración de almidón, mientras que los rendimientos disminuyen con un aumento del almidón residual, parámetro indicativo de una fermentación incompleta.

CONCLUSIONES:

La concentración de almidón que presentó mejores resultados fue el 12 %, la trituración no requiere ser excesiva y la hidrólisis óptima es 1 hora a 90°C con  $\alpha$  amilasa y 30 minutos con glucoamilasa. Como ya se mencionó anteriormente, no se notó ninguna variación a causa del agregado de nutrientes.

Es de hacer notar que al no requerirse una cocción bajo presión para hidrolizar el mosto, la mandioca se coloca en ventaja respecto a otro tipo de sustratos amiláceos.

Repitiendo los valores expuestos en las conclusiones, se efectuaron además una serie de ensayos a escala semipiloto ( 30 l. ), con similares rendimientos a los obtenidos en laboratorio.