

Composición química de los residuos de destilería del alcohol y su evaluación biológica en ratas y aves^{*1/}

J. IGNACIO EGAÑA**, A. R. RAMIREZ***, OLGA KLEE†, LUIZ G. ELIAS††
ROBERTO GOMEZ-BRENES††, RICARDO BRESSANI††

ABSTRACT

The present paper deals with the chemical analyses and nutritive evaluation in rats and chicks of distillers residues. The chemical determinations demonstrated the product to be high in crude protein (87.8%), phosphorus and calcium, and low in fiber and ether extract content. The limiting amino acids were the sulfur-containing ones.

Biological assays of PER in rats showed that distillers residues alone resulted in a very low PER (0.40), while values of 1.33, 1.63 and 1.38 were obtained when the diet was supplemented with 0.1, 0.2 and 0.3 per cent of methionine, respectively. The casein value was 2.50.

Studies with pullets showed that there was no significant difference when in a control ration of corn and soybean meal the protein provided by the latter was replaced by 25, 50 and 75 per cent of distillers residues protein. The feed conversion figures were 2.2, 2.2, 2.6, 2.7 and 3.4 for the control diet and the rations where distillers residues provided 25, 50, 75 and 100 per cent of the protein, respectively. The blood serum uric acid values increased as distillers residues increased in the ration, and this increase was highly significant when the ration contained 15 per cent or higher levels of residues. These levels also resulted in large hemorrhages in kidneys, liver, spleen and proventriculus in the chicks.

Recommendations are made regarding the use of the distillers by-product in animal nutrition and on the necessity of carrying out further research on the product.

Introducción

EN los países de Centroamérica el desarrollo de la producción de proteína animal proveniente de las especies monogástricas se ve seriamente limitado, a causa de la competencia que se establece entre el hombre y estas especies por los ingredientes comúnmente utilizados en sus raciones, en particular las fuentes tradicionales de energía. Como ejemplo puede citarse el maíz, el cual constituye tanto el alimento básico de la dieta del humano como la parte mayoritaria de las dietas de los monogástricos.

Un problema igualmente grave ocurre con los concentrados proteicos de origen vegetal, ya que, a excepción de la harina de algodón, no existe una disponibilidad constante de estos productos en el transcurso

* Recibido para su publicación el 1º de diciembre de 1978

1/ Este estudio fue realizado en forma cooperativa con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), gracias a los aportes de la Research Corporation con sede en Nueva York (Subvención INCAP N° 740) y del International Development Research Centre, con sede en Ottawa, Canadá (Subvención INCAP N° 840)

** Graduado del Curso de Postgrado en Ciencia de Alimentos y Nutrición Animal, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-INCAP

*** Jefe del Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala

† Estudiante de 5º Año de la Carrera de Zootecnista, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala

†† Científicos y Jefe, respectivamente, de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Apartado Postal 1188, Guatemala, C. A.

del año. Ante esta situación, la industria de aves y cerdos depende, para la elaboración de sus concentrados, de ingredientes importados, como por ejemplo la harina de soya, con el consiguiente aumento de los costos de producción; asimismo, la dependencia de las industrias nacionales de productos de origen animal respecto a la disponibilidad y precio establecidos por el mercado internacional, constituye un poderoso factor limitante a su desarrollo.

Como una de las posibles soluciones a este problema está la utilización de los recursos proteínicos provenientes de la proteína unicelular (PUC) de *Saccharomyces cerevisiae* existente en los residuos de destilería del alcohol. Esta levadura se ha utilizado desde la antigüedad en la producción de bebidas alcohólicas y en la fabricación del pan.

Sin embargo, no fue sino hasta la Segunda Guerra Mundial cuando se incorporaron estas levaduras en cantidades apreciables a la dieta del humano y de especies animales. Von Loesecke (21) cita que en Estados Unidos, durante 1945, se produjeron 4940 toneladas de levadura de cerveza para consumo humano y animal. Actualmente, ante la creciente escasez mundial de fuentes proteicas, se ha investigado la utilización de las PUC, ya que pueden ser una solución parcial a este problema (8).

El contenido de proteína de la levadura *Saccharomyces* fluctúa entre 37 y 53 por ciento, dependiendo del proceso de producción y purificación del microorganismo (14).

La proteína de origen unicelular se caracteriza por ser deficiente en aminoácidos azufrados, pero contiene niveles elevados de lisina, por lo que se ha usado en nutrición humana y animal para complementar la proteína proveniente de los cereales. Bressani (4) señala que aproximadamente el 80 por ciento del total del nitrógeno presente en las PUC es de origen proteico; el restante es aportado principalmente por las bases nitrogenadas, cuyo metabolismo resulta en la formación de ácido úrico, el cual, en niveles excesivos, es tóxico para el organismo. Además, las levaduras son buenas fuentes de vitaminas del complejo B, pero no de las vitaminas liposolubles.

En el presente trabajo se evaluó la composición química y el valor nutritivo de los residuos de destilería del alcohol en ratas y pollas.

Materiales y métodos

Los residuos de destilería del alcohol provienen de la fermentación de un sustrato, generalmente melaza, en presencia de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Una vez efectuada la destilación del alcohol, queda un caldo con aproximadamente 3 por ciento de materia seca, formado por restos de sustrato y por las levaduras, y el cual debe ser deshidratado. Los residuos de destilería empleados en el presente trabajo fueron obtenidos comercialmente en la República de El Salvador.

Análisis químicos

Se realizó el análisis químico proximal y se determinó el contenido de calcio y fósforo de los residuos siguiendo los métodos establecidos por la AOAC (1). Además, se cuantificó su composición aminoacídica en un autoanализador de aminoácidos Technicon (R), a partir de un hidrolizado de residuos de destilería con HCl 6N. El triptófano fue determinado microbiológicamente a partir de un hidrolizado alcalino con NaOH 10N de los residuos.

Evaluación biológica

Esta se realizó con ratas y pollas en crecimiento. En ratas, se evaluó la calidad de la proteína de los residuos de destilería por medio del índice de eficiencia proteica (IEP),* tanto en el producto natural como en el suplementado con niveles de DL-metionina de 0,1, 0,2 y 0,3 por ciento de la dieta, respectivamente. Como proteína de referencia se utilizó la caseína.

Para esta evaluación se usaron ratas blancas de la raza Wistar, de 21 días de edad, provenientes de la colonia animal del INCAP. Todos los grupos experimentales estuvieron formados por 4 machos y 4 hembras. El alimento y el agua fueron ofrecidos *ad libitum* durante todo el período experimental, que fue de 28 días; se llevó un control semanal del consumo de alimento y ganancia de peso.

Las dietas en estudio (Cuadro 1) estuvieron formadas, además de la proteína y almidón de maíz, por 5 por ciento de aceite de semilla de algodón, 4 por ciento de mezclas de minerales (9), 1 por ciento de aceite de bacalao y 5 por ciento de solución completa de vitaminas (6).

En aves, se evaluó el valor nutritivo de los residuos de destilería. Para esto se utilizaron en raciones de pollas de reemplazo, en las cuales dichos residuos sustituyeron la proteína aportada por harina de torta de soya. La composición de las dietas se describe en el Cuadro 2.

En esta parte del estudio se utilizaron 125 pollas de raza Warren, de 4 días de edad, las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar en 5 grupos de 25 pollitas cada uno.

Durante los primeros 10 días de experimentación las pollitas se alojaron en baterías metálicas provistas de luz infrarroja como fuente de calor. A partir del undécimo día se trasladaron a jaulas de 5 aves cada una.

Como dieta testigo se utilizó una dieta de acuerdo con los requerimientos establecidos por el NRC (12) en que la proteína provino principalmente de soya; ésta se sustituyó por 25, 50, 75 y 100 por ciento de proteína proveniente de residuos de destilería, los que constituyen en peso 7,5, 15,0, 22,5 y 30 por ciento de la ración, respectivamente. El alimento y el agua fueron ofrecidos diariamente *ad libitum* durante el período experimental, que fue de seis semanas.

* IEP = aumento en peso/proteína ingerida (1)

Cuadro 1.—Composición porcentual de las dietas evaluadas en ratas (g/100 g de dietas).

Ingredientes	Dietas				
	I	II	III	IV	V
Caseína	12,0	—	—	—	—
Levadura	—	24,9	24,9	24,9	24,9
Almidón de maíz	78,0	65,1	65,0	64,9	64,8
Aceite de algodón	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Aceite de bacalao	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Minerales	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
DL-metionina	—	—	0,1	0,2	0,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Vitaminas ml/100 g*	5	5	5	5	5
Proteína, %	11,4	10,2	10,3	10,0	10,3

* Manna y Hauge (9).

La evaluación de este experimento se hizo semanalmente llevando un registro de la ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión del mismo.

Al final de la fase experimental se escogieron al azar tres aves por tratamiento, de las cuales se obtuvo

una muestra de sangre por punción cardíaca, a fin de determinar los niveles séricos de ácido úrico por el método de Folin-Wu. Posteriormente estas mismas aves fueron sacrificadas tomándose muestras de bazo, hígado, proventrículo y riñones con el objeto de detectar, a través de cortes histológicos, posibles lesiones en estos órganos.

Cuadro 2.—Composición porcentual de las dietas utilizadas para evaluar los residuos de destilería en pollas de reemplazo.

Ingredientes	Dietas				
	I	II	III	IV	V
Maíz	65,0	64,0	63,0	62,0	61,0
Harina de soya	26,0	19,5	13,0	6,5	—
Harina de levadura	—	7,5	15,0	22,5	30,0
Harina de carne	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Harina de hueso	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Carbonato de calcio	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sal yodada	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitaminas*	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25
Antibióticos**	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50
Metionina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Lisina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100,0	100,0	100,00	100,0	100,0

* PREMIX - 100 (Pfizer)

** Aurofac: 35 g oxitetraciclina por kilo.

Cuadro 3.—Análisis químico proximal de los ingredientes utilizados en las diferentes dietas (g/100 g de materia seca).

Ingredientes	Agua	Mat	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína (N x 6,25)	Cenizas	Extracto libre de nitrógeno
Maíz amarillo	9,7	93,0	2,1	1,1	8,9	1,5	86,4
Harina de soya	5,0	86,0	1,2	3,3	45,6	5,3	44,6
Residuos de destilería	14,0	95,0	0,8	4,0	40,0	12,0	43,2
Harina de carne	7,0	90,3	12,1	0,0	51,3	33,0	3,5

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Resultados

Composición química

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la composición química de los residuos de destilería del alcohol. El contenido de proteína (N x 6,25) fue de 37,8 por ciento y el de extracto libre de nitrógeno, de 44,1 por ciento. Los contenidos de extracto etéreo y fibra cruda fueron bajos, y alcanzaron valores de 0,9 y 3,4 por ciento, respectivamente. El tenor de cenizas fue de 11,3 por ciento y resalta en ellas el alto contenido en calcio y fósforo, como también la adecuada relación entre estos dos elementos minerales.

El contenido de aminoácidos esenciales se detalla en el Cuadro 4. Al comparar estos valores de aminoácidos esenciales con los de la proteína de referencia FAO-OMS (1973), se desprende que sus primeros aminoácidos limitantes son los azufrados. El resto de aminoácidos se encuentra en cantidades relativamente adecuadas.

Ensayo biológico en ratas

Los resultados de la evaluación de la calidad proteica de los residuos de destilería del alcohol con y sin suplementación de metionina, como también los obtenidos para la dieta de caseína, se muestran en el Cuadro 5. Se observa que el IEP de los residuos fue bastante bajo y alcanzó un valor de 0,40, el cual aumentó significativamente al adicionar metionina, llegando a valores de 1,33, 1,63 y 1,38 cuando se suplementó con niveles de 0,1, 0,2 y 0,3 por ciento de metionina, respectivamente. La mayor respuesta ($P < 0,01$) a la metionina se obtuvo cuando ésta se agregó en un 0,2 por ciento de la ración, no diferenciándose los niveles de suplementación de 0,1 y 0,3 por ciento de metionina, respectivamente. El IEP 2,50 obtenido para la dieta de caseína fue significativamente mayor ($P < 0,01$) que el obtenido con las dietas que contenían residuos de destilería del alcohol suplementadas con cualquiera de los niveles usados de metionina.

Ensayo biológico en pollas

Los resultados obtenidos en el experimento con pollas de reemplazo se muestran en el Cuadro 6. La ganancia de peso durante las seis semanas fue de 471 g para la dieta control de maíz-soya, la cual no difirió significativamente ($P < 0,01$) de las dietas en que se sustituyó el 25, 50 y 75 por ciento de la proteína aportada por la harina de soya, por residuos de destilería, alcanzando ganancias de peso de 452, 463 y 448 g para las dietas con 7,5 15 y 22,5 por ciento de residuos, respectivamente. En la dieta en que se

Cuadro 4.—Contenido de aminoácidos de los residuos de destilería, soya y de la proteína de referencia FAO-OMS (1973).

Aminoácidos	Residuos de destilería		Soya*	Proteína FAO-OMS
	g/100 g de muestra	g/16 g N	g/16 N	g/16 N
Arginina	0,997	2,30	6,80	—
Histidina	0,446	1,16	2,80	—
Lisina	1,451	3,77	6,32	5,44
Leucina	2,011	5,21	7,71	7,04
Isoleucina	1,479	3,83	5,37	4,00
Metionina	0,030	0,21	1,34	—
Cistina	0,320	0,83	1,78	3,52
Fenilalanina	0,945	2,45	4,94	6,08
Tirosina	0,637	1,65	3,31	—
Treonina	0,930	2,49	3,94	4,00
Triptofano ^a	0,266	0,689	1,38	0,96
Valina	1,008	4,17	5,25	4,96

* Según Orr y Watt (13)

^a Determinado microbiológicamente

Cuadro 5.—Evaluación del índice de eficiencia proteica de caseína de residuos de destilería del alcohol natural con y sin suplemento con diferentes niveles de metionina (en ratas).

Dietas	Peso (g)		Aumento promedio de peso (g)	Consumo (g)		Índice de eficiencia proteica
	Promedio inicial	Promedio final		Promedio de dieta	Promedio de proteína	
Residuos	52,0	61,0	9,4	27,4	28	0,4 ^d
Residuos + 0,1% DL-metionina	52,0	97,0	45,0	325	34	1,33 ^c
Residuos + 0,2% DL-metionina	52,0	105,0	53,4	343	34	1,63 ^b
Residuos + 0,3% DL-metionina	52,0	94,0	42,1	316	32	1,38 ^c
Caseína	52,0	160,0	108,1	406	46	2,5 ^a

a, b, c, d: letras diferentes, difieren estadísticamente ($P < 0,01$).

sustituyó completamente la harina de soya se produjo una menor ($P < 0,01$) ganancia de peso, que fue de 387 g.

El consumo de alimento, que para la dieta control fue de 1.076 g durante las 6 semanas, aumentó cuando se incluyeron los residuos en cantidades superiores al 15 por ciento, obteniéndose consumos de 1.018, 1.236 y 1.326 g para las dietas con 7,5, 15, 22,5 y 30 por ciento de residuos de destilería, respectivamente.

El índice de eficiencia de conversión del alimento fue 2,2, para la dieta control; dicho índice se mantuvo sin variaciones al sustituir 25 por ciento de la proteína aportada por soya, pero aumentó a 2,6, 2,7 y 3,4 al sustituir 50, 75 y 100 por ciento de la proteína aportada por soya por residuos de destilería.

Los niveles de ácido úrico (mg/100 ml) en plasma fueron de 2,6 para la dieta control, y aumentaron en forma proporcional a la inclusión de residuos de destilería en la ración, alcanzando valores de 3,4, 3,9, 4,9 y 5,9 para las dietas con 7,5, 15, 22,5 y 30 por ciento de residuos de destilería en la ración. Los aumentos fueron altamente significativos cuando se usaron niveles superiores a 15 por ciento de residuos de destilería en la ración.

Los análisis histopatológicos de bazo, hígado, proventrículo y riñones mostraron que estos órganos eran normales en las aves que fueron alimentadas con niveles de hasta 15 por ciento de residuos de destilería en la ración, a diferencia de los niveles de 22,5 y 30 por ciento con los cuales se encontraron hemorragias grandes en los riñones.

Cuadro 6.—Promedios de peso inicial, peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia de conversión de las diferentes dietas evaluadas en en pollas (g).

Dieta	Peso		Promedio ganancia de peso (g)	Promedio de consumo de alimento (g)	Índice de eficiencia de conversión*
	Promedio inicial (g)	Promedio final (g)			
I	36	507	471 ^a	1076	2,2
II	36	488	452 ^a	1018	2,2
III	36	499	463 ^a	1236	2,6
IV	36	484	448 ^a	1326	2,7
V	36	423	387 ^b	1326	3,4

* Índice de eficiencia de conversión del alimento = $\frac{\text{consumo de alimento (g)}}{\text{ganancia de peso (g)}}$

a, b: letras diferentes, difieren estadísticamente ($P < 0,01$).

Discusión

Los datos de composición química proximal concuerdan con aquéllos de los cuales informaron Lescano y Elías (7) para este mismo producto, pero son inferiores en lo que a contenido proteico se refiere, de acuerdo con los resultados de otros autores (2, 19), quienes trabajaron con levadura obtenida en forma pura.

La composición aminoacídica de la proteína de los residuos de destilería mostró que sus primeros aminoácidos limitantes son los azufrados. Estos datos corroborean los resultados de otros investigadores a este respecto (2, 10). La treonina no se cita como un aminoácido limitante en la levadura *Saccharomyces*, sin embargo, se ha informado de la deficiencia de este aminoácido en la levadura *Torula* (5).

Al comparar el contenido individual y total de aminoácidos presentes en los residuos de destilería con los de la proteína de la soya y la proteína de referencia FAO-OMS (1973), se observa que en los residuos el contenido de aminoácidos fue menor al presente en la soya y en la proteína FAO, a pesar de no presentar diferencias tan grandes en el contenido de proteína total (N x 6,25). Esto se debe a que sólo el 80 por ciento del nitrógeno es proteico, correspondiendo de 8 a 13 por ciento a purinas y 4 por ciento a pirimidinas (4).

La evaluación proteica efectuada en ratas mostró que la proteína es pobre en calidad, ya que alcanzó un IEP de sólo 0,40. Esta cifra es inferior a la citada por Bressani (4), pero coincide con las de Truhaut y Ferrando (16), y Bello *et al.* (2), quienes obtuvieron rendimientos muy bajos en ganancia de peso en ratas.

La calidad de la proteína mejoró significativamente cuando se le agregaron niveles de metionina de hasta 0,2 por ciento de la dieta, alcanzando un EIP de 1,63, lo que corresponde al 65,2 por ciento del valor nutritivo de la caseína. Niveles de 0,3 por ciento de metionina en la dieta produjeron una baja del IEP, debida posiblemente, a un desequilibrio causado por este aminoácido.

Es importante destacar que, a pesar de suplementarse la proteína de los residuos de destilería con el aminoácido limitante, ésta no alcanzó los valores de IEP de la caseína. Esto podría deberse, parcialmente, al menor contenido de aminoácidos esenciales presentes en los residuos, pero es probable que la digestibilidad de la proteína de éstos sea menor que la de la caseína. Esta baja digestibilidad se debe, según Tannembaum (15), a una baja digestibilidad de la pared celular.

El ensayo de crecimiento en pollas mostró que los residuos de destilería pueden sustituir hasta un 50 por ciento de la proteína aportada por la harina de soya sin afectar el crecimiento, a pesar de que aumentan el consumo de alimento y el índice de eficiencia de conversión del mismo. Vogt (20) encuentra resultados similares en pollos de carne (broilers) al utilizar niveles de 2,4 por ciento de residuos de destilería, y otros autores (3, 11, 18), en cerdos en crecimiento y

engorde cuando se utilizan los residuos en bajos porcentajes.

Diversos autores (7, 16, 17) coinciden en que el nivel de PUC* no debe exceder del 15 por ciento de la ración, ya que niveles superiores disminuyen significativamente las ganancias de peso y la utilización del alimento. Valdivie (17) recomienda 13 por ciento de residuos de destilería en la ración como máximo, sin que se afecte el consumo y la aceptabilidad.

Se le atribuye a la levadura de cerveza un fuerte sabor amargo, lo que limitaría su aceptabilidad (21). Esta baja aceptabilidad no se presentó con los residuos de destilería, tanto en la evaluación en ratas como en pollas, ya que a medida que se aumentó el nivel de residuos de destilería, también se incrementó el consumo de la dieta.

Los niveles de ácido úrico encontrados en las pollas alimentadas con la dieta control son inferiores a aquéllos de que han informado otros autores para dietas similares, pero los niveles de ácido úrico plasmático mostraron una clara tendencia a aumentar a medida que se incrementó el porcentaje de residuos en la ración. Convendría, por lo tanto, realizar estudios más largos que abarquen toda la etapa productiva de estas especies, con el objeto de evaluar la presencia de factores toxicológicos presentes en las PUC.

Otra área de investigación necesaria en este producto es la evaluación de su digestibilidad y la forma en que, a través de un proceso tecnológico (secado en secador de rodos o autólisis), se puede mejorar el valor nutritivo de los residuos de destilería.

Resumen

El presente trabajo tuvo por objeto evaluar la composición química y el valor nutritivo de los residuos de destilería del alcohol en ratas y pollas. El análisis químico demostró que el producto contiene 37,8 por ciento de proteína cruda, es bajo en fibra y extracto etéreo, y alto en fósforo y calcio. Los aminoácidos limitantes demostraron ser los azufrados.

Ensayos biológicos de Índice de Eficiencia Proteínica (IEP) en ratas demostraron que este valor fue muy bajo (0,40) cuando se alimentó con el residuo de destilería. Sin embargo, los valores subieron a 1,33, 1,63 y 1,38 cuando se suplementó con 0,1, 0,2 y 0,3 por ciento de metionina, respectivamente. El valor de caseína en este caso fue de 2,50.

Estudios de crecimiento en pollas de reemplazo demostraron que no hubo diferencias significativas cuando en una dieta control de maíz y soya se sustituyó el 25, 50 y 75 por ciento de la proteína aportada por soya por los residuos de destilería. Los índices de eficiencia de conversión fueron de 2,2, 2,2, 2,6, 2,7 y 3,4 para la dieta control, y con sustituciones de proteína de soya por la de residuos de destilería en proporciones de 25, 50, 75 y 100 por ciento, respectivamente. Los valores de ácido úrico en el suero sanguíneo aumentaron a medida que aumentó la cantidad de residuos de destilería en la ración, siendo altamente

* PUC = proteína unicelular

significativos con respecto al grupo control cuando éstos alcanzaron niveles superiores a 15 por ciento de la ración. Estos niveles también resultaron en hemorragias extensas en los riñones, hígado, bazo y proventrículo de las aves.

Se hacen recomendaciones con respecto al uso de este subproducto en la alimentación animal, así como sobre la necesidad de efectuar más investigaciones al respecto.

Literatura citada

- 1 ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of the AOAC 11th ed Washington, D.C., The Association. 1970 957 p.
- 2 BELLO, J., IARRALDE, J. y VILLANUEVA, R. Estudios sobre la calidad nutritiva de levaduras alimentos. 3. Influencia de algunos factores químicos y fisiológicos sobre la utilización de la levadura desecada de panadería (*Saccharomyces cerevisiae*) por el organismo animal. Revista de Nutrición Animal 12: 17-26 1974.
- 3 BOWMAN, G. L., y VEUM, T. L. *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture in growing-finishing swine diets. Journal of Animal Science 37: 72-74 1973.
- 4 BRESSANI, R. The use of yeast in human food. In: Mateles, R. y Tannenbaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., the MIT Press. 1968 pp. 90-121.
- 5 ELIAS, I. G. y BRESSANI, R. Valor nutritivo de la proteína de la levadura torula y como complemento de concentrados proteicos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 20: 135-149 1970.
- 6 HEGSTED, D. M., MILLS, R. C., ELVEHJEM, C.A. y HART, E.B. Choline in the nutrition of chicks. Journal of Biological Chemistry 138: 459-466 1941.
- 7 LEZCANO, P. y ELIAS, A. Comportamiento de puercos alimentados con diferentes niveles de levadura *Saccharomyces* en sustitución de la harina de pescado en dietas de mieles. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 9: 311-317 1975.
- 8 LORD RITCHIE-CALDER. Importancia potencial de las nuevas fuentes de proteína. Boletín del Grupo Asesor en Proteína 6 (3): 2-7. 1976.
- 9 MANNA, L. y HAUGE, S. M. A possible relationship of vitamin B₁₂ to orotic acid. Journal of Biological Chemistry 202: 91-96 1973.
- 10 MILLER, S. A. Nutritional factors in single-cell protein. In: Mateles, R. y Tannenbaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., the MIT Press 1968 pp. 79-89.
- 11 NEAS, B. y SHAGSVOLD, P. The nutritive value for growing pigs of single cell protein (*Saccharomyces cerevisiae*) produced from sulphite spent liquor. Acta Veterinaria Scandinavica 14: 160-167 1973 (Cf Nutrition Abstracts and Reviews 44: 293, Abstract 260-1 1974).
- 12 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirement of Poultry. Washington, D. C., National Research Council - National Academy of Sciences 1971.
- 13 ORR, M. I., y WATT, B. K. Amino acid content of foods. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture. 1957. 41 p. (Home Economics Research Report N° 4).
- 14 PEPPLER, H. J. Industrial production of single-cell protein from carbohydrates. In: Mateles, R. y Tannenbaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., The MIT Press 1968 pp. 229-242.
- 15 TANNENBAUM, S. R. Factors in the processing of single-cell protein. In: Mateles, R. y Tannenbaum, S. R., eds. Single-cell Protein. Cambridge, Mass., The MIT Press 1968. pp. 343-352.
- 16 TRUHAUT, R. y FERRANDO, R. Aspectos toxicológicos de las proteínas unicelulares utilizadas en la alimentación de animales. Boletín del Grupo Asesor en Proteínas 6 (4): 15-25 1976.
- 17 VALDIVIE, M. Levadura *Saccharomyces* obtenida como subproducto de la producción de alcohol sobre miel final en dietas para pollos de ceba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 9: 341-345 1975.
- 18 VEUM, T. L. y BOWMAN, G. L. *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture in diets for mechanically-fed neonatal piglets and early growing self-fed pigs. Journal of Animal Science 37: 67-71 1973.
- 19 VIÑARAS, R. y OCIO, E. Experimento de alimentación de cerdos en crecimiento-cebo con caldo de levadura de cerveza. Revista de Nutrición Animal 13: 73-89 1975.
- 20 VOGT, H. Dried brewer's yeast for fattening chickens. Archiv für Geflügelkunde 37: 236-237 1973 (Cf Nutrition Abstracts and Reviews 44: 995 Abstract 8357. 1974).
- 21 VON LOESECKE, H. W. Controversial aspects: yeast in human nutrition. Journal of the American Dietetic Association 22: 485-493. 1946.

Notas y Comentarios

Continúa el debate sobre la sacarina

El periodo de gracia para la sacarina ha terminado. En octubre de 1977, el congreso de los Estados Unidos impuso una prórroga de 18 meses a una propuesta de la Food and Drug Administration (FDA) de que el edulcorante, que se cree causa cáncer de la vejiga, debería ser prohibido. La moratoria terminó el 23 de mayo. Para esta fecha, los políticos y hombres de negocios esperaban que hubiesen sido analizados tan extensamente los costos, riesgos o beneficios de la sacarina, que el debate estaría agotado. Lejos de ello

La prórroga de 18 meses no ha producido resultados concluyentes. Pensándolo bien, fue una locura esperar que se obtuvieran. La investigación sobre el cáncer es todavía muy tentativa. Queda mucho por comprender. Aunque los científicos son ahora capaces de identificar posibles causantes o promotores de cáncer entre los productos químicos, no pueden decir cuan riesgosos son en realidad. Las pruebas de laboratorio han mostrado que casi todos los productos químicos orgánicos son mutagénicos, capaces de provocar cambios en el material genético de las células. Pero su potencia puede variar en más de un millón. Por eso es que el estudio más influyente en el periodo de moratoria, producido por la National Academy of Sciences, confirmó que la sacarina debería ser considerada como una causa de cáncer pero no hizo ninguna solicitud para que fuera prohibida. Ciertamente, en marzo, un comité de la academia recomendó al congreso que su uso debería ser continuado. El riesgo, concluyó la academia, "es muy pequeño pero real".

¿Qué pensaron de esto los norteamericanos?, se pregunta *The Economist* (26 de mayo 1979). Durante 18 meses han vivido con signos en sus latas gaseosas dietéticas advirtiéndoles que se ha "determinado" que la sacarina causa cáncer en los animales de laboratorio. Pero nadie lo ha probado concluyentemente. Pueden haber más carcinógenos en el aire ordinario (por no hablar del aire de una fábrica, un salón de peinados, o un salón de comités del senado), que en una dieta bien fortificada con goma de mascar y gaseosas. La sacarina tranquiliza, aunque no ayude, a los que están a dieta y a los diabéticos. Hasta el consejo sobre salarios y estabilidad de precios ha terciado en el asunto, objetando que la prohibición propuesta por el FDA sobre la sacarina no toma en cuenta los costos de una prohibición para los diabéticos y los obesos.

El obstáculo legal que debe superar la sacarina es la llamada cláusula Delaney. Esta prohíbe que los aditivos a los alimentos sean considerados seguros si se encuentra que causan cáncer "cuando son ingeridos por el hombre o animales". En el presente estado del conocimiento, que encuentra agentes causantes del cáncer en todas partes, pero no puede medirlos, la cláusula Delaney presenta muchos obstáculos a la industria. Muchos de los que tienen dudas sobre la sacarina desearían ver que la cláusula se revise aún al costo de dejar pasar a la sacarina.

Además de dar tiempo (se esperaba) para un veredicto sobre la sacarina, la moratoria fue impuesta también para permitir que se desarrollase un sustituto. Desgraciadamente, el ritmo de la investigación científica no se mueve tan rápido. La aceptación de la sacarina por el público está establecida y es enorme. En los Estados Unidos se consumen más de 7 millones de libras por año, tres cuartas de eso en gaseosas dietéticas. Para tener éxito, cualquier reemplazo de la sacarina debe hacer su primera lucha en el mercado de los refrescos. Solamente una, la fructosa, parece tener esta capacidad al momento. Tres grandes firmas de gaseosas, Coca-Cola, Dr Pepper y Seven-up, comenzaron el año pasado a utilizar la fructosa, obtenida de jarabe de maíz, con gran

alarma de los productores de caña de azúcar (Cf. *Turrialba* 28: 116. 1978). Debido a que es casi dos veces más dulce que la sacarosa, la fructosa puede también reemplazar a la sacarina en alimentos bajos en calorías. Hasta ahora, parece perfectamente segura. Su desventaja es que, en forma cristalizada, es cuatro veces más cara que la sacarosa.

Otros sustitutos no han dado resultados. El aspartame, que es 200 veces más dulce que la sacarosa, está mantenido fuera del mercado, por lo menos durante el verano de los Estados Unidos. Es sospechoso de causar convulsiones en los niños. El sorbitol, que se usa ya en confites, y jarabes para la tos, se dice que causa daños en la sangre, y en los nervios de los diabéticos. El xilitol, un extracto de la corteza del abedul (*Betula*), importado de Finlandia, fue usado ampliamente en goma de mascar para evitar las caries dentales hasta que se descubrió que causaba tumores en la vejiga. La misma sacarosa, como es sabido, ha estado por largo tiempo en la lista negra.

Por consiguiente, es poco probable una prohibición total de la sacarina. Por el momento, no hay otra cosa para el adicto al dulce que no quiere engordar. El jefe de la FDA, Donald Kennedy, preferiría ver a la sacarina prohibida como aditivo arbitrario a los alimentos y vendida, por otra parte, como droga obtenible sin receta. El problema de la sacarina continúa sin solución.

Sustancias cítricas contra la mosca de la fruta

Aceites naturales que se encuentran en la cáscara de los cítricos, incluso naranjas, toronjas y limones, se ha encontrado que son altamente tóxicos a los huevos y larvas de la mosca de fruta del Caribe (*Anastrepha mombinpraeotans*) (*Agricultural Research* Vol. 27, Nº 4).

El descubrimiento resultó de estudios llevados a cabo para explicar diferencias en la resistencia a esta plaga entre la naranja y la toronja. Aunque la naranja es atacada ocasionalmente con éxito por la mosca del Caribe, la toronja (especialmente las variedades blancas) es algo vulnerable, dependiendo de su madurez. La toronja plenamente madura es bastante más susceptible que la fruta inmadura.

Luis Viñas, un estudiante graduado en la Universidad de Florida, en Gainesville, que trabaja bajo la dirección de Patrick Greany, encontró que mientras que las moscas ponían sus huevos con prontitud en todas estas frutas, la mayor parte de las crías morían. Pruebas posteriores mostraron que los aceites de la cáscara eran tóxicos tanto a los huevos como a las larvas.

Estudios subsecuentes han mostrado que un número de constituyentes del aceite de la cáscara son tóxicos y se están haciendo esfuerzos para determinar cuáles de ellos contribuyen más a la resistencia. Debido a que los aceites varían en composición según los cultivares, puede ser posible relacionar las diferencias en susceptibilidad con diferencias químicas específicas en los aceites. Además, se están haciendo análisis para determinar si las diferencias en el contenido de aceite de la cáscara y en la morfología de la cáscara influyen en la resistencia que exhiben varios cultivares de cítricos.

Se realizarán estudios adicionales con cooperadores internacionales para determinar el efecto de estas sustancias en otras especies aún más dañinas de mosca de la fruta, tales como la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*). Esta plaga fue erradicada de Florida a un costo muy grande. Podría ser posible evitar o disminuir el control con insecticidas de estas especies donde ellas ocurran si se distribuyen variedades resistentes de cítricos entre los agricultores.

Se están haciendo estudios, en colaboración con P.L. Davis, para determinar si es posible desarrollar pruebas químicas que indiquen cómo aumenta la susceptibilidad y, en consecuencia, que señalen la fecha óptima para el recojo de los frutos. Los científicos esperan que sus resultados podrían conducir a reducir los costos y disminuir el impacto sobre el ambiente de los insecticidas usados contra varias moscas de la fruta.