

Producir más y sobre todo adaptar los cuerpos grasos a las necesidades nutricionales e industriales, es un programa de envergadura en donde la biotecnología desempeñará un papel cada vez más importante, tanto en el mejoramiento y transformación de los seres vivos oleoproductores plantas y microorganismos como en la posibilidad de modificar de manera controlada la composición de los aceites y grasas por intermedio de enzimas.

INTRODUCCION

Los métodos clásicos de selección genealógica acrecentaron la productividad y extendieron el área de cultivo de las oleoproteaginosas. Estos progresos, los métodos modernos de hibridación y de micropropagación van a multiplicarlos, haciendo rentable la explotación de plantas nuevas productoras de ácidos grasos escasos, poliinsaturados, de cadena corta,... Si la transferencia de genes no es aún operacional, los expertos ven una herramienta capaz de adaptar la composición de los aceites a las necesidades nutricionales e industriales.

En los próximos 10 años, algunos de los numerosos organismos unicelulares productores de aceite serán explotados industrialmente, para obtener a precios más baratos aceites de gran valor agregado. Cada vez más, las enzimas bacterianas permitirán valorizar mejor los aceites, hidrolizándolos, transesterificándolos, interesterificándolos, y como consecuencia produciendo a bajos precios cuerpos grasos costosos, como la manteca de cacao.

El hombre consume la mayor parte de los aceites y grasas que produce. ¿Cuáles son las consecuencias para la salud de los occidentales de la plétora de lípidos? Los nutricionistas americanos han lanzado una cruzada contra las grasas. Su lema puede resumirse así: "para sus arterias, consérvese flaco". Los nutricionistas franceses son más reservados. Para ellos la buena cocina es un objeto cultural que se debe respetar y del cual no pueden privar a sus conciudadanos sin atender contra su alegría de vivir. Su régimen alimenticio es sin duda demasiado "generoso". Pero no es peligroso sino para una pequeña minoría de sujetos predispuestos. Evocaremos entonces, lo que algunos anuncian como el mercado del siglo en agro-alimentación: los "calofats", pseudograsas de valor calórico redu-

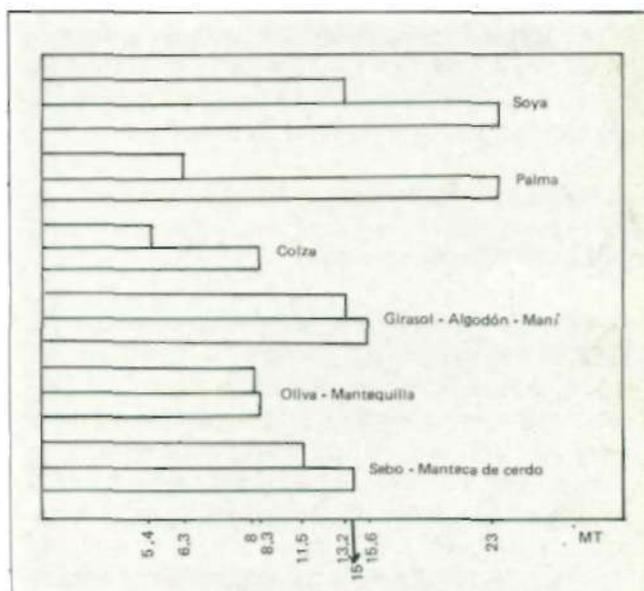
cido, a los cuales el occidental saciado podría recurrir para continuar viviendo sin peligro. Aquí la biotecnología tiene algo que decir.

ACEITES Y GRASAS EN EL MUNDO: IMPORTANCIA ECONOMICA

La producción mundial de aceites y grasas alcanza actualmente 64 MT (ver Tabla 1). Crece a una tasa de 3% anual y ese aumento debe continuar al mismo ritmo. En cuanto al consumo, llega a 35 kg./año en los países occidentales, de los cuales 80% están destinados a la alimentación. Otros grandes países (URSS, Japón, Brasil, Argentina) tienen consumos inferiores (20 kg/año) y tienen por tanto un gran potencial de crecimiento. En el resto del mundo el consumo es del orden de 11 kg/año y a veces menos (India 7, China 6). Serían principalmente estos países los que deberían absorber los excedentes de producción actuales.

TABLA 1
PRODUCCION MUNDIAL DE LOS PRINCIPALES ACEITES Y GRASAS

En 1984, de los 64 millones de toneladas producidas, 44.8 eran de origen vegetal y 19.2 de origen animal. Algunos aceites y grasas no están representados en este histograma como la copra (2.1 millones de ton.) y las extraídas de pescado (1.4 millones de ton.). Se prevee que para el año 2000, la copra y el palmiste juntos lleguen a 7.3 millones de ton.



Este artículo ha sido autorizado por Pierre Darbon para publicar en la Revista PALMAS.

En términos de consumo alimenticio directo, se puede prever en los países occidentales un estancamiento de los aceites vegetales, actualmente 33% de las calorías lípidas, una baja en los cuerpos grasos animales visibles e invisibles actualmente 67% y, por tanto, la relación grasas vegetales/grasas animales tenderá hacia uno. Pero en los países en desarrollo el consumo de aceites vegetales, que en bastantes de esos países puede producirse, debe doblarse en los próximos 20 años (ver Tabla 2).

TABLA 2
CONSUMO DE ACEITES VEGETALES EN 1980
Y PREVISTO PARA EL 2000
(MT: Millones de toneladas)

	1980		2000	
	kg/pers/año	MT	kg/pers/año	MT
América del Norte	20,4	5,027	22	6,500
Europa Occidental	16,5	6,187	17,5	6,900
Europa Oriental	12,1	4,564	14,5	6,250
Japón	22,2	2,580	27	3,500
América Latina	13,8	5,046	16,7	9,500
Africa Tropical	10,0	3,311	11,3	7,000
Africa del Norte y Medio Oriente	13,9	3,247	16,0	6,600
Asia del Sur	4,6	4,354	6,4	8,800
Asia del Suroeste y Oceanía	11,7	3,638	15,5	8,250
China y países vecinos	6,5	7,013	10,0	12,800
	10	45,454	12,5	77,000

Fuente: UNIDO - DOC IS477 - 1984

Según la naturaleza de los aceites, éstos contribuyen más o menos a la valorización de la planta. Las tortas valorizan un 50% la soya y el algodón, mientras que el aceite representa lo esencial para la colza, el girasol, el maní, la palma y la copra. La linaza y el ricino son valorizados principalmente por las aplicaciones industriales de sus aceites.

La mantequilla interviene en el 50% del valor de la leche, mientras el sebo y la manteca no son más que subproductos de la carne.

La valorización industrial está dominada por la capacidad de los aceites de aportar los ácidos grasos deseados, que representan más del 50% del mercado. La competencia depende de los sectores industriales y por un lado, de los precios del dólar y de la cantidad de petróleo disponible en el mercado y por otro, de los precios de los aceites y grasas naturales por tanto, del crecimiento de las superficies cultivadas, así como de los progresos en productividad y de los procedimientos de extracción y de

transformación. En estos 3 campos la biotecnología va a influir. Un estudio del CUBE (Concertaron Unit for Biotechnology in Europe) de la CEE (1985) prevee que los aceites y grasas van a participar para cada vez más en ciertos sectores, con relación a los subproductos del petróleo. En resumen su participación en el mercado debería doblarse entre 1980 y 1990, pasando por ejemplo de 40 a 80% en revestimientos, de 45 a 70% en detergentes, de 20 a 30% en lubricantes, de 15 a 30% en plastificantes, etc.

ACEITES VEGETALES

Existen centenares de plantas oleaginosas de las cuales sólo algunas son explotadas por el hombre. Si los rendimientos en grasas de las oleoproteaginosas son inferiores a aquellos de los cereales en almidón, no hay rendimientos en calorías utilizables. Se estima que la colza, girasol y soya produciendo 25-30 q (quintales)/ha. son biológicamente tan prometedoras como el maíz que produce 70 q/ha.,

Las propiedades de los aceites dependen de la naturaleza de sus ácidos grasos: entre más rico sea el aceite en ácidos grasos insaturados, conteniendo una o dos dobles uniones y por tanto poca resistencia a la oxidación, es más fluido y secante; si sus ácidos grasos son más bien saturados, el aceite es resistente a la oxidación, pero normalmente sólido a temperatura ambiente.

Las biotecnologías tradicionales (selección genealógica) o menos tradicionales (producción de híbridos, fusión de protoplastos) permiten mejorar los rendimientos, ampliar las áreas geográficas de cultivos, inducir resistencia a herbicidas o a patógenos, adaptar la composición en ácidos grasos de los aceites a necesidades nutricionales o industriales. Las consecuencias económicas son ya de consideración. El mejor ejemplo es la ampliación en Francia de los cultivos de girasol y colza, o mejor, la aclimatación de la soya lo cual ha reducido notoriamente la "factura de soya".

Los nuevos métodos (cultivo in vitro, fusión de protoplastos, manipulaciones genéticas) aminoran el tiempo necesario para obtener una variedad nueva, agrícola y económicamente aprovechable, los progresos se acelerarán aún en los próximos años y no está lejos cuando la transferencia directa de genes sea operacional. Para que las investigaciones se intensifiquen, todavía falta que los rasgos del

fenotipo que nutricionistas o industriales desean, sean claramente expresados, a fin que los estudios económicos busquen rentabilidad en caso de éxito en investigaciones difíciles y costosas. Investigadores y seleccionadores tienen delante de ellos elecciones difíciles. La primera prioridad es mejorar la rentabilidad y adecuación a las necesidades de los cultivos más tradicionales y cuyo peso económico es mayor. Para los cultivos exóticos o para aquellos productores de ácidos grasos raros que exigen un sector oleoquímico o una escuela nutricionista, todavía hay que asegurarse que las condiciones climáticas no sean muy desfavorables, que sustitutos químicos no sean competencia, que la salud esté ante todo, que no se trate de una moda nutricional ni una simple astucia de mercadeo o simplemente, que el mercado no sea tan estrecho, que no pague la investigación.

La primera prioridad es mejorar la rentabilidad y adecuación a las necesidades de los cultivos más tradicionales y cuyo peso económico es mayor.

Actualmente B.W. Werdelmann y R.D. Schmid han seleccionado plantas capaces de abastecer a la industria química de ácidos grasos interesantes. Una posibilidad es aplicar a las plantas oleoproteaginosas los métodos de ingeniería genética para obtener plantas que crezcan bien en climas templados y produzcan ácidos grasos medios en C12 y C14, habitualmente extraídos de aceites tropicales como el aceite de palma o el de coco, demandados por la industria química (para detergentes y plastificantes). Es este uno de los objetivos de Calgene, modificar la colza y la soya que hoy producen ácidos grasos en C16 y más. En caso de lograrlo, los precios de los ácidos grasos cortos de origen agrícola podrían ser inferiores a aquellos provenientes de la petroquímica. Es un nuevo ejemplo de la política que prefiere orientar más la agricultura hacia la producción de materias primas industriales en lugar de limitarse a sobrevalorar el sector agrícola como productor de alimentos.

El cultivo de células vegetales, el clonaje de genes de estas plantas en microbios o levaduras, la biosíntesis de ácidos grasos semi-sintéticos a partir de estructuras químicas naturales, son también posibilidades para obtener con biotecnología.

ACEITES DE ORGANISMOS UNICELULARES

Numerosos microorganismos tienen su reserva de energía bajo la forma de lípidos, cuya estructura química es a menudo próxima a la de los triglicéridos vegetales. Almacenan hasta 70% de su peso seco con lo que se ha convenido llamar "aceites de organismos unicelulares (AOU) o single cell oil (SCO)". En términos de oleogenicidad son las levaduras las más productoras, seguidas por los hongos y las algas. Las bacterias están de últimas. A estos microorganismos, los biotecnólogos los saben multiplicar en fermentadores y entre otras cosas, los AOU fueron explotados en Alemania durante las 2 guerras habiendo obtenido las POU (proteínas de organismos unicelulares). Pero los rendimientos energéticos no son a priori favorables a una producción en masa de AOU económicamente aceptable.

El rendimiento de la bioconversión excede difícilmente el 20%: se debe prever alrededor de 5 kg. de sustrato por uno de cuerpo graso. Es decir que el costo de sustrato es determinante. Los costos industriales previstos son del orden de US\$1.400/t en la glucosa, US\$2.000/t en la melaza, US\$1.700/t en los alcanos, US\$1.150/t en el metanol, mientras el precio corriente de las grasas vegetales o animales está alrededor de los US\$500/t. Y se debe precisar que no se dispone de un microorganismo que de buenos resultados en metanol, el sustrato más barato. Se entiende entonces que las instalaciones industriales de producción en masa sean rarísimas. La única identificada está en la Unión Soviética en Kstovo*. Aún combinando la producción de POU y AOU el rendimiento en la actualidad no es económicamente interesante.

Los POU están actualmente —tal vez sin razón— desechados. Y los AOU están entonces condenados? No lo creemos. Si los fermentadores no tienen oportunidad de reemplazar a las plantas para la producción de aceites de gran consumo -mejor aún para el paisaje- los AOU pueden encontrar sin embargo un sitio en el mercado. En efecto los microorganismos se prestan mejor que las plantas a la transferencia de genes y hemos razonado hasta aquí sin tener en cuenta los progresos del genio genético. Entonces se puede esperar según W. Werdelmann y R.D. Schmid:

Produce por fermentación de alcanos con *Candida lipolytica* (o *C. tropicalis*) una mezcla de fosfolípidos y triglicéridos destinada a la alimentación animal.

1. Seleccionar o "Construir" microorganismos oleoproductores que crezcan bien en substratos baratos o algas autótrofas en climas cálidos.
2. Descubrir o fabricar microorganismos productores de lípidos raros, industrialmente atractivos (ver Tabla 3).
3. Montar operaciones para descontaminar (tratamientos de aguas negras) y de producción de lípidos.

TABLA 3

ACIDOS GRASOS PRODUCIDOS POR MICROORGANISMOS
(Para una revisión en detalle de los microorganismos productores de aceites, ver J.B. Bottray, Journal of American Oil Chemist's Society (1984), 61, 1701).

CLASE	EJEMPLO	MICROORGANISMO
Cadena corta	C8-C10	Entomophthora coronata (hongo)
Cadena media	ácido láurico C12	Entomophthora coronata (hongo)
	ácido palmitoleico C16	Saccharomyces carlsbergensis (levadura)
Cadena larga	ácido erúcico C22	Rhodotorula rubra (levadura)
Poliinsaturado	ácido gamma linoleico C18: 3-n6	Spirula platensis (alga)
	ácido gamma linoleico C18: 3-n6	Nonnea macrosperma (hongo)
	20: 5-n3	Chorella minutissima (alga)
Hidroxiado	C16 dihidroxiado	Claviceps sulcata (hongo)
	ácido ricinoleico C18:1, hidroxiado en 12	Claviceps purpurea (hongo)
Ramificado	15:0	Micrococcus lysodeikticus (bacteria)
	17:0	Serratia marescens (bacteria)
Epoxidado	ácido vernólico	Lipomyces sp. (levadura)

BIOTRANSFORMACIONES

Se pueden extraer de los microorganismos, enzimas de potencialidades múltiples-hemicelulosa, pectinasa, proteasa- que ayudan a extraer el aceite de los granos. Pero los procedimientos mecánicos son más baratos y la técnica enzimática no es benéfica sino para granos que contengan pequeñas cantidades de aceite de precio elevado, como los aceites esenciales utilizados en perfumería.

Los principales constituyentes de los aceites y grasas usuales son los triésteres de glicerol y los ácidos grasos (triglicéridos). La naturaleza física de todo aceite o grasa está determinado por:

- El largo de la cadena hidrocarbonada de sus ácidos grasos;
- El grado de insaturación de sus ácidos grasos;
- La distribución de sus ácidos grasos sobre los tres grupos hidroxilos del glicerol.

Generalmente las materias grasas con fuerte proporción de ácidos grasos saturados son sólidas a temperatura ambiente. Aquellas en que los ácidos grasos insaturados son preponderantes, son líquidos. Para ampliar su utilización existen procedimientos como el fraccionamiento, la hidrogenación, la síntesis, la interesterificación.

Hidrólisis, síntesis, transesterificación e interesterificación son realizables por vía química. Pero desde el punto de vista teórico, las reacciones enzimáticas presentan numerosas ventajas. Para empezar son específicas y por ejemplo, en el caso de las interesterificaciones, escogiendo lipasas 1-3 específicas, se ahorran los ácidos grasos fijados en la posición 2 sobre glicerol. Las enzimas trabajan en condiciones "suaves" de temperatura y presión y son menos contaminantes. Por tanto consumen menor energía. En general las lipasas no necesitan cofactores costosos lo que favorece su utilización industrial.

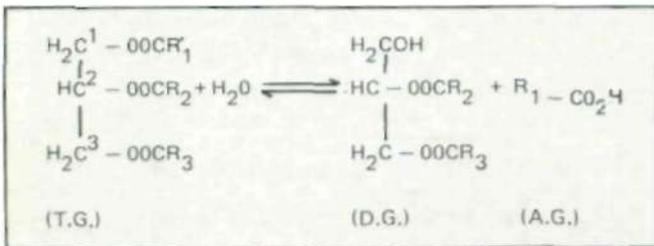
Sin embargo las biotransformaciones enzimáticas de los lípidos tardan en industrializarse. Por ser las grasas insolubles en agua, necesitan la puesta en marcha de sistemas bifásicos, mientras las enzimas trabajan en la interfase entre la fase insoluble del sustrato y la fase acuosa en la cual la enzima es soluble. Si las técnicas enzimáticas no se utilizan más en la industria, es porque las lipasas son menos conocidas que las proteasas y las carbohidrasas, por lo menos en lo que concierne a los métodos que se deben poner en marcha para lipolizar o esterificar a gran escala. No es en efecto, sino recientemente, que preparaciones purificadas de lipasas microbianas han estado disponibles comercialmente. Es el caso de las lipasas de *Candida rugosa*, *Aspergillus niger* y *Rhizopus arrhizus*, cuyo precio ha sido estimado aún elevado para los industriales.

LAS LIPASAS

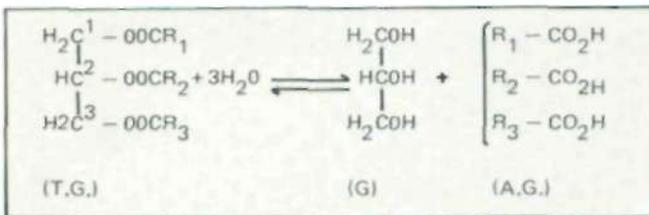
Estas enzimas catalizan la hidrólisis de las uniones esteres que existen en los triglicéridos (TG) entre las tres funciones alcohol del glicerol y los ácidos grasos (AG). Según la especificidad, existen tres tipos de lipasas:

- Aquellas que no poseen especificidad marcada ni por la posición de los AG sobre el glicerol, ni por la naturaleza de esos AG (Figura A). Entre este tipo de lipasas no específicas, se pueden citar las de *Corynebacterium acnes*, de *Staphylococcus aureus* y de *Candida Cylindraceae*.
- Algunas catalizan la hidrólisis de los esteres primarios (1 y C3 del glicerol) de los TG, como las lipasas de *Aspergillus niger* y de *Rhizopus arrhizus* (Figura B).
- Otras tienen una especificidad muy estrecha ya que catalizan la hidrólisis de un tipo particular de AG de la molécula de TG (Figura C).

ESPECIFICIDAD DE LAS LIPASAS

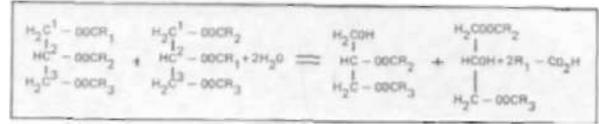


- A. La hidrólisis es generalmente total y se obtienen ácidos grasos y glicerol. Aparecen sin embargo diglicéridos y monoglicéridos en calidad de intermediarios de la reacción.



- B. Con la enzima que actúa alternativamente sobre la función ester llevada por los carbonos C1 o C3, se obtiene una mezcla de 2-3 diglicérido, 1-2 diglicérido y 2 monoglicérido, acompañada de ácidos grasos liberados respectivamente. De hecho, esos di-y monoglicéridos son químicamente inestables y se observa a menu-

do una migración de ácidos grasos que tienen por consecuencia la formación de 1-3 diglicérido y 1- y 3- monoglicéridos. Si la incubación enzimática es prolongada, el balance de reacción puede ser del glicerol y de los ácidos grasos.



- C. Solo son hidrolizados los enlaces esteres entre el ácido graso de cadena carbonada R1 y el glicerol.

Pocas lipasas microbianas extracelulares muestran una especificidad por un AG particular, no considerando aquella de *Goetrichum candidum* que posee una gran especificidad por los ácidos oleicos y linoleicos, cualquiera sea su posición sobre el glicerol.

HIDROLISIS

Para obtener ácidos grasos, el procedimiento industrial estándar que opera a alta temperatura por vapor de agua bajo presión, hidroliza 98 a 99% de los triglicéridos tratados. Las lipasas obtienen resultados análogos a 40-60°C en aproximadamente 4 horas. El estudio al que nos referimos utilizó *Candida cylindraceae* y estaba dirigido a evaluar el interés industrial de la hidrólisis enzimática: economía de energía y menor corrosión del reactor. Este procedimiento será puesto en marcha industrialmente por Miyoshi, en el Japón.

Investigadores de la USDA compararon los resultados de las lipasas de *C. rugosa*, *Asp. niger*, y *Rhizopus arrhizus* para la hidrólisis del aceite de coco, de oliva y el sebo. Las cantidades de ácidos grasos producidos son proporcionales al logaritmo del tiempo de reacción y a la concentración enzimática. La hidrólisis total demanda alrededor de 72 horas si se reduce al mínimo la concentración de lipasas.

Una técnica ha sido patentada para extraer los ácidos grasos poliinsaturados, tipo eicosapentanoico, de aceite de pescado. Todos los ácidos grasos son primero esterificados en esteres etílicos, gracias a un tratamiento del aceite por etanol y metóxido de sodio. Luego interviene una lipasa, que respeta las uniones esteres de los ácidos grasos poliinsatu-

rados; los otros esteres etílicos son hidrolizados y luego los ácidos grasos resultantes saponificados. Los esteres etílicos de los ácidos grasos poliinsaturados pueden ser separados por centrifugación (Nyppon Oil and Fats Co., patente japonesa-1984).

SINTESIS, TRANSESTERIFICACION, INTERESTERIFICACION

La reacción de hidrólisis con lipasas es reversible. El factor fundamental que influye sobre esta reversibilidad es el porcentaje de agua o más exactamente la actividad del agua. En virtud de la ley de acción de masa, un porcentaje de agua elevado provoca la hidrólisis. Un porcentaje de agua pequeño y si posible controlado, favorecerá la síntesis, la transesterificación o la interesterificación.

1. Síntesis de glicéridos

Las investigaciones en síntesis están aún bajo secreto. Señalemos sin embargo que Martinek puso a punto, sobre la base del desplazamiento del equilibrio químico en síntesis enzimática en medio bifásico (fase acuosa/fase orgánica) y obtuvo la síntesis de esteres cortos, meta obtenida igualmente por Durand y Monsan.

Un ejemplo de síntesis enzimática de glicéridos a partir de glicerol y ácidos grasos fue dado por M. Pina y J. Graille. A partir de glicerol y ácidos grasos disueltos en un solvente orgánico, el objetivo era obtener alfa-monoglicéridos o 1-3 diglicéridos puros, que pueden servir para la elaboración de triglicéridos mixtos costosos y difícilmente sintetizables por la química orgánica clásica. La enzima utilizada fue la lipasa 1-3 específica de *Rhizopus arrhizus*. Los resultados publicados son aún parciales pero permiten ser optimistas.

2. Trans e interesterificación

Si se incuba uno o varios triglicéridos en uno o varios ácidos grasos en presencia de una lipasa, se produce un intercambio entre los ácidos grasos integrados en los triglicéridos y los ácidos grasos libres hasta la obtención de un equilibrio y se hace la repartición del o de los ácidos grasos libres al azar sobre el glicerol. Sin embargo, con una lipasa específica (1.3) solo las posiciones 1 y 3 son modificadas. Es la transesterificación.

Si se incuba una mezcla de triglicéridos diferentes

en presencia de una lipasa, los ácidos grasos se intercambian de un triglicérido a otro hasta la obtención del equilibrio. Aquí también una lipasa específica permite escoger los triglicéridos que se quieren obtener. Entre menos numerosos sean los productos anexados a la reacción más fácil será la purificación.

Se están realizando investigaciones para valorar los aceites vegetales por interesterificación entre aceites, por ejemplo para valorar la fracción sólida, muy rica en ácido esteárico, del aceite de palma. Esta investigación en particular, encuentra aplicaciones en oleoquímica, pero la demanda de aceite de palma fluido para uso alimenticio aumentado, hace que sea cada vez más difícil de colocar. Se busca su valorización conjunta con aceite de colza para obtener aceites "sobre medidas" que correspondan a las necesidades tecnológicas y nutricionales sin recurrir a la hidrogenación.

Otras investigaciones se desarrollan en Francia sobre la inter y transesterificación de cuerpos grasos animales, sebo en particular, cuya valoración es difícil, si no nos apartamos de sus aplicaciones clásicas (alimentación animal, jabonería, oleoquímica). La lipasa utilizada es de *Rhizobium*. Las investigaciones de Rousselot, llevadas con el IRHO y con la ayuda del Ministerio de Investigación y Tecnología tienen por meta redistribuir los ácidos grasos en los triglicéridos del sebo, ya no al azar como en los procedimientos químicos, sino de manera controlada con el fin de adaptar mejor esta materia prima a las exigencias industriales de la galletería, pastelería y fritura.

La explotación de las especificidades de las diferentes lipasas conocidas o por conocer, o incluso en el futuro optimizadas por "protein design" o ingeniería genética— es por tanto obtener las mezclas de triglicéridos deseados, lo cual es imposible con los métodos de catálisis química en el curso de los cuales los intercambios de ácidos grasos se hacen inevitablemente al azar.

Un equipo japonés puso a punto un reactor de membrana microporosa, fuertemente hidrófoba, que juega el rol de interfase. De un lado una solución de glicerol (96%) y agua + lipasa (4%). Por ser fuertemente hiperosmótica impide el paso a través de los microporos de los ácidos grasos no diluidos que circulan del otro lado. Mono y diglicéridos son obtenidos en estado puro. El rendi-

miento de conversión puede llegar a 70% durante un mes.

Es posible trabajar en emulsión inversa (agua en aceite) en que la fase acuosa que contiene la enzima solubilizada, permite su activación. Esto fue realizado para integrar ácido esteárico al aceite de oliva y ácido palmítico en 3-2 dioleil-1- palmitil glicerol. Pero a nivel industrial serios problemas deben superarse (costo energético de la emulsificación; aporte de un surfactante que inhiba la enzima; dificultad de separación de los productos emulsificados).

Una aproximación realista fue puesta en marcha para la obtención de sustitutos de manteca de cacao por trans o interesterificación catalizada entre el 1.3 dipalmitoil-2 monoolefna (POP), triglicérido mayor de la fracción media del aceite de palma, y el ácido esteárico o triestearina por una lipasa 1,3 específica (*Rhizopus niveus*). Se obtiene un producto enriquecido en 1 (3) palmitoil-3 (1) estearoil-2 monoolefna (POST) y 1.3 diestearoil-2-monooleína (St 0 St) que son los principales componentes de la manteca de cacao.

Procedimientos japoneses un poco diferentes han sido descritos por Fuji Oil Co. y Ajinomoto, también para obtener sustitutos de manteca de cacao a partir de cuerpos grasos baratos (con patente europea de Fuji y del Reino Unido de Ajinomoto).

Actualmente la Universidad Tecnológica de Compiègne está estudiando las microemulsiones. Estas consisten en una dispersión de gotitas de agua en el aceite (microemulsión inversa) con el fin de que la condición de baja hidratación se realice. El diámetro de las microgotas está entre 10 y 60 nm. Una microemulsión tiene generalmente cuatro componentes; los fluidos graso y acuoso, un surfactante y un cosurfactante alcohólico.

Por el pequeño tamaño de las partículas la interfase es muy grande y la formación de microemulsiones se hace casi que espontáneamente. Su porvenir en el dominio de la lipogénesis enzimática parece grande.

Por el pequeño tamaño de las partículas la interfase es muy grande y la formación de microemulsiones se hace casi que espontáneamente. Su porvenir en el dominio de la lipogénesis enzimática parece grande.

BIOMODIFICACION DE LOS ACIDOS GRASOS

Propuestas en gran número en la literatura, estas biotransformaciones están aún en estado preindustrial.

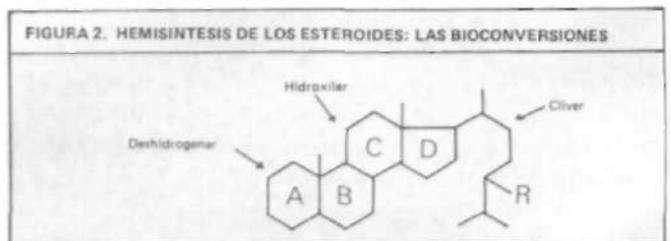
Donde los eucariotas la desaturación recuerda un sistema polienzimático ligado a las membranas, cada vez mejor conocido a nivel molecular. La reacción inversa de saturación de las dobles uniones que podría interesar a los productores de margarinas, no es por ahora "bio factible". Una bacteria del rumen, *Butyrivibrio fibrisolvens* hidrogena el ácido linoleico, pero el producto final trans-11-octadecenoato, no es nutricionalmente aceptable.

Si enzimas capaces de reducir los ácidos grasos en alcohol son conocidas, necesitan la cooperación de cofactores costosos y en ese caso, como en los precedentes las biotransformaciones deberán esperar.

La hidroxilación de los ácidos grasos poliinsaturados está asegurada por la lipooxigenasa, enzima que se encuentra en numerosas plantas, principalmente en la soya. En presencia de oxígeno, la lipooxigenasa transforma el ácido gama-linolénico y el ácido araquidónico en hidroperóxidos. Aislados y purificados por HPLC son utilizados en la biosíntesis de prostaglandinas, de las cuales se conoce la importancia médica.

HEMISINTESIS DE LOS ESTEROIDES POR BIOCONVERSIONES

Los doce millones de toneladas de grasas, que procesa la oleoquímica por año, contienen en promedio 0.35% de esteroides. Hay pues disponibles 42.000 toneladas de los mismos, provenientes principalmente del desgrase de la lana y del sebo. Son las materias primas de bioconversión que llevan de un producto natural a uno intermedio, que el químico termina.



Entre los millares de reacciones de bioconversión posibles sobre el núcleo esteróidico, se aplican 3 tipos de reacción a nivel industrial (Figura 2): insaturación de la unión entre los carbonos 1 y 3 con la ayuda de deshidrogenasas bacterianas (*Arthrobacter simplex*, *Bacillus sphaericus*) que conducen a moléculas de la familia de la prednisona y de la prednisolona (la actividad farmacológica es mejorada entonces con relación a sus homólogos naturales, la cortisona y el cortisol) -hidroxilación en posición 11-; estos microorganismos tienen sin embargo la molesta propiedad de ocasionar la degradación de la molécula más allá del nivel deseado.

Todo el trabajo del microbiólogo consiste en bloquear esas degradaciones sea con el empleo de inhibidores. sea con la obtención de cepas mutadas.

GLICEROL

En Europa occidental se obtienen 195.000 toneladas de glicerol a partir de los cuerpos grasos. Como la demanda de ácidos grasos está aumentado (síntesis de surfactantes, esteres metílicos de ácidos grasos como sustituto del gazool) el tonelaje de glicerol disponible aumentará. Es utilizado por la industria para la fabricación de productos químicos, explosivos, cosméticos y alimentos. Podría ser transformado por fermentación en derivados químicos de gran valor: dihidroxiacetona, gliceraldehído, propano diol. En este momento células inmovilizadas de *Acetobacter* producen en un reactor dihidroxiacetona.

Tomado de: Biofutur, Febrero de 1986.



ABONO PAZ DEL RIO FOSFORITA HUILA DOLOMITA SULFATO DE AMONIO

Magnesio 1%
Manganeso 1%
Fósforo asimilable 10%
Calcio 48%

Fósforo 22%
Calcio 40%

Carbonato de magnesio 36%
Carbonato de calcio 55%

Nitrógeno 21%
Azufre 21%

Informes y ventas:

SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA, SAC
Carrera 7a, No. 24-89 piso 44, Tels: 2421131 - 2821989 Bogotá, Colombia

DISTRIBUIDORES:

Bogotá: Central Agrícola y Cía, Ltda.; Centro Agropecuario de Bogotá; Fedepalma; Fedepapa; Analac; Ramírez y Cueta Ltda.;
Corabastos: Central Agrícola y Cía, Ltda.; **Facatativá:** Cooseral; **Subachoque:** Ramírez y Cueta Ltda.; **Ubaté:** Carlos Ramírez;
Sibaté: Agrosibaté; **Une:** Surtiagrícola Ltda. **El Rosal:** Cooseral y Central Agrícola y Cía, Ltda.; **Zipaquirá:** Almacén La Cosecha,
Fedepapa; **Cogua:** Agrocogua; **Villapinzón:** Pedro García, Pablo García, José Ramón Pinzón y Fedepapa; **Ventaquemada:** Fedepapa;
Hato Grande-Suesca: Fedepapa; **Duitama:** Analac; **Tunja:** Fedepapa y Ferragro Ltda.; **Chiquinquirá:** Carlos Acero; Ferreteria
Santa Marta (Domingo Ortiz) y Analac; Fedepapa (La Unión); **Popayán:** Casa Agrícola y Ganadera del Cauca; **Cali:** Inagrovalle
Ltda. y Central Agrícola y Cía Ltda.; **Palmira:** Palmiragro Ltda.; **Ibagué:** Pijay Ltda.; **Ambalema:** Fedearroz; **La Dorada:** Alfangel
y Cía, Ltda.; **Honda:** Comité Ganadero de Honda; **Manizales:** Comité Departamental de Cafeteros de Caldas y Central Agropecua-
ria de Caldas; **Bucaramanga:** Centro Agropecuario de Bucaramanga; **Villavicencio:** Pastos y Leguminosas, Semillano, Coagrometa,
Algodoneros de Villavicencio, Unión de Arroceros del Meta, Gramicol Ltda., Distribuidora Agroindustrial, Gramillanos, Fedearroz
y Fedepalma.

SECCIONALES DE: FEDEARROZ, FEDEPALMA Y FEDEPAPA