

Estudio sobre la utilización biológica de las grasas

LUIS BIANCHI CAYAMA*
Instituto Nacional de Nutrición

INTRODUCCION

Las grasas poseen cierto número de funciones importantes no asociadas con sus contribuciones calóricas. Estas incluyen interrelaciones existentes entre grasas y otros constituyentes de las dietas; otra función importante de las grasas es la de suplir los biológicamente activos ácidos grasos esenciales. Desde el clásico descubrimiento de Burr y Burr (1929) de que ciertos ácidos grasos no saturados son esencialmente necesarios para el crecimiento, las grasas han sido reconocidas como nutrientes necesarios.

La significación de una grasa en nutrición está relacionada con sus valores nutricionales comparativos.

El límite hasta dónde una grasa es utilizada se expresa como el "coeficiente de digestibilidad", el cual es el porcentaje que ha sido absorbido.

Los valores nutricionales comparativos (digestión, absorción y oxidación siguiente) de las grasas han sido tema de extensas investigaciones durante los últimos años. Algunos de los conceptos largamente establecidos han sido modificados como resultado de recientes estudios. De particular interés son los más recientes descubrimientos con respecto a la digestibilidad y rata de absorción.

La mayoría de las publicaciones relativas a la utilización de las grasas han sido hechas sobre grasas y aceites en su forma como naturalmente ocurren. La literatura sobre la utili-

* Trabajo efectuado para obtener el título de Master of Science en el Massachusetts Institute of Technology. Boston, Mass.

zación de grasas y aceites comercialmente procesados es muy escasa, y muchas de ellas son controversiales.

Considerando que el consumo de estos productos ha aumentado rápidamente durante los últimos años, un estudio satisfactorio sobre la utilización de ellos es de considerable valor.

Para un completo bosquejo de la utilización de las grasas es necesario conocer su valor como promotores del crecimiento, su digestibilidad y rata de absorción. La presente investigación concierne con el estudio comparativo de estos tres factores, empleando siete de las grasas y aceites comúnmente usadas.

GENERALIDADES

A. VALOR NUTRITIVO DE LAS GRASAS VEGETALES Y ANIMALES.

Las grasas tienen importante significación no solamente como fuentes de calorías, sino que, además, como hemos dicho, ellas poseen variadas funciones fisiológicas. Es de gran importancia el establecer si las necesidades de grasas pueden ser igualmente suplidas tanto por las grasas vegetales como por las animales. Químicamente, las grasas animales y vegetales están compuestas de los mismos tipos de ácidos grasos unidos a la glicerina.

Las grasas animales contienen más ácido esteárico, mientras que los aceites vegetales contienen más de los ácidos grasos no saturados linoleico y linolénico. El modo de distribución de los ácidos grasos en la molécula de triglicérido varía en algo en las grasas vegetales y animales. Sin embargo, siendo el organismo capaz de hidrolizar y resintetizar los triglicéridos, no existe ninguna razón para suponer que cualquier variación en el metabolismo sea resultado de las diferencias y modo como estos ácidos grasos están combinados.

Algunas diferencias en el valor nutricional están relacionadas con la variación del contenido en vitaminas lipo-solubles y la ocurrencia y distribución de los ácidos grasos no saturados.

Los aceites vegetales contienen mayor proporción de ácidos grasos esenciales que las grasas animales. Los ácidos linoleico y linolénico son los únicos ácidos grasos no saturados biológicamente activos presentes en los aceites vegetales. Las grasas animales contienen muchísimo menos cantidad de los áci-

dos linoleico y linolénico, pero contienen pequeñas cantidades de ácido araquidónico.

1. *Factor de crecimiento en relación al valor nutricional de las grasas.*—El crecimiento es la respuesta fisiológica que más frecuentemente ha sido aceptada como un índice del valor nutricional de las grasas, tanto animales como vegetales. Existe en la literatura considerable evidencia para probar que las propiedades promotoras del crecimiento de una dieta son mejoradas cuando una mínima cantidad de grasa se encuentra presente.

Deuel y col. (2) sugirieron un nivel óptimo de ingestión de 30% por peso, o 50% de las calorías. Sin embargo, Hoagland y Snider (3) fueron los primeros en demostrar (usando dietas conteniendo 5%, 30% y 55% de manteca de cerdo) que las ratas mejoran con un régimen conteniendo de 30 a 55%. Otros autores, entre ellos Forbes (4) y French (5), han demostrado que una dieta alta en grasa producía mejores resultados.

En contraste con la superioridad de las dietas altas en grasa, comparadas con las dietas bajas en grasas, Hoagland y col. (6) han encontrado recientemente diferencias estadísticamente significativas en la eficiencia del crecimiento de ratas jóvenes machos con dietas conteniendo 4, 9 y 14% de grasa.

Schear et al. (7) alimentaron ratas con grasa seguida de periodos de restringido consumo de alimento, y observaron que una mejora en el estado nutricional y el crecimiento resultaba cuando se incluía en la dieta cantidades generosas de grasa. Pearson y Panzer (8) demostraron que ratas alimentadas con una dieta conteniendo aceite de maíz, o manteca de cerdo, ganaban 29% más en peso que aquellas ratas mantenidas con una dieta similar, pero sin grasas y con la adición de linoleato de etilo.

Ha sido perfectamente demostrado que las grasas son un constituyente esencial de la dieta y que un mayor aumento en peso se obtiene en animales cuando la grasa se incluye en la dieta a un nivel óptimo. Sin embargo, se hace problemático si esta necesidad puede ser suplida igualmente, tanto por grasas animales como por grasas vegetales.

B. DIGESTIBILIDAD DE LAS GRASAS VEGETALES Y ANIMALES.

En general, las grasas comúnmente usadas presentan diferencias apreciables en sus digestibilidades. Según Sherman, el 95% de la grasa de una dieta ordinaria es digerida en comparación con el 98% para los hidratos de carbono y 92% para las proteínas.

Varios factores influyen la digestibilidad de las grasas; estos factores pueden ser resumidos en cuatro grupos generales:

1. La edad del animal.
2. La especie del animal.
3. La cantidad de grasa presente en la dieta.
4. Las características físicas y químicas de la grasa.

A) *Digestibilidad de las grasas en el hombre.*—La mayoría de las grasas vegetales y animales que funde a menos de 50°C. son casi completamente digeridas por un individuo normal. La absorción de las grasas por sujetos humanos ha sido investigada por numerosos autores (13, 14, 15, 16, 17).

De acuerdo con estas investigaciones, aparentemente, la mayor parte de todas las grasas vegetales y animales son bien digeridas por el hombre. Las figuras promedio para las grasas vegetales varía entre 94 y 98%; y para las grasas animales, entre 93 y 98%.

B) *Digestibilidad en la rata.*—Es generalmente aceptado que la digestibilidad de las grasas es similar en el hombre y la rata; sin embargo, existen diferencias. En primer lugar, el aceite de castor es digerido por la rata, el acure y otros animales sin ejercer ningún efecto en ellos; prácticamente, su utilización es cero por el hombre. Otra diferencia en la digestibilidad de las grasas por el hombre y la rata fué demostrada por Deuel, Cheng y Morehouse (18); estos autores reportan que la utilización del aceite de "Colza" crudo en las ratas es del 82%, y Holmes (19) había previamente encontrado que la manteca de cerdo era digerida por la rata hasta un 96,6% (20).

3. *Efecto de la cantidad de grasa presente en la dieta.*—A medida que la cantidad de grasa en la dieta aumenta, hasta cierto nivel, la digestibilidad de dicha grasa es favorablemente influenciada. Hoagland y Snider (3), Forbes (4) y French (5) han demostrado que el nivel óptimo es de aproximadamente 30% de la dieta.

4. *Efecto de las características físicas y químicas.*—Numerosos estudios han sido efectuados en lo que respecta a la influencia de las propiedades físicas y químicas sobre la digestibilidad de las grasas. Estos estudios envuelven cada aspecto del problema incluyendo el tipo de grasa, efecto de los agentes emulsificantes, tales como la lecitina, la dureza o punto de fusión de la grasa, el grado de saturación, la composición en ácidos grasos, la estructura del triglicérido.

Como anteriormente hemos dicho, la influencia del punto de fusión sobre la digestibilidad ha sido objeto de extensas investigaciones. Esto ha sido claramente demostrado por Langworthy (16).

La digestibilidad se encuentra por debajo de 90% para aquellas grasas que funden por encima de 50°C. y que contienen gran cantidad de ácido esteárico. En el curso de todas esas investigaciones siempre se ha observado una relación inversa entre el punto de fusión y la digestibilidad. Hoagland y Snider (21), sin embargo, no pudieron demostrar la relación consistente entre los puntos de fusión de varias grasas y sus coeficientes de digestibilidad. Esto hizo sospechar que la mejor digestibilidad de las grasas de bajo punto de fusión estaba relacionada con una más fácil emulsificación. Sin embargo, más recientemente, se ha presentado evidencia que indica que la estructura triglicérida de una grasa puede ser un factor de mayor importancia en la determinación de la digestibilidad.

La interrelación entre el punto de fusión, estructura triglicérida y digestibilidad es muy compleja. Burr y Barnes (22) han demostrado, usando triglicéridos simples puros, que el punto de fusión depende directamente de la composición en ácidos grasos; por consiguiente, su correlación con la digestibilidad es demostrada. Sin embargo, en las grasas mixtas ordinarias el punto de fusión no depende solamente de la cantidad de ácidos grasos, sino también de la actual estructura triglicérida, y no correlaciona directamente con la digestibilidad.

Hoagland y Snider (21) son de la opinión de que el contenido en ácido esteárico, más que el punto de fusión, es el factor que controla la digestibilidad. Sin embargo, el trabajo de Mattil y Higgins (24) demostró que no existe correlación entre la composición en ácido esteárico y la digestibilidad.

C. RATA DE ABSORCION DE LAS GRASAS.

El tema de la rata de absorción de las grasas a través del intestino delgado ha sido un problema tan extensamente investigado como el de la digestibilidad.

La rata de absorción de una grasa es un factor importante en lo que respecta a su valor nutritivo. Debido a que la grasa se encuentra presente en el intestino delgado por cierto período de tiempo limitado, es aparente que la cantidad disponible por el organismo puede ser reducido debido a una lenta absorción, aun con una grasa alta en digestibilidad.

Existen varios factores que afectan la absorción de las grasas. Estos incluyen la presencia en las grasas de agentes emulsificantes, el punto de fusión, efecto del tamaño del animal, el sexo y la edad, y, por último, el tipo de grasa.

Recientemente se ha demostrado que la presencia de agentes emulsificantes aumenta no solamente la digestibilidad, sino también la rata de absorción de las grasas por sí solas fácilmente absorbibles.

Augur, Rollman y Deuel (23), en un interesante trabajo, demostraron el efecto estimulante de la lecitina sobre la rata de absorción de varias grasas.

Steenbock, Irwin y Weber (28), en su estudio sobre la absorción de las grasas, calculan la rata de absorción por una simple medida del porcentaje de la grasa original absorbida durante un periodo de cuatro horas; si el tamaño del animal, el tiempo de la absorción y la dosis empleada son uniformes, se puede esperar obtener resultados consistentes con este procedimiento. El porcentaje de grasa absorbida solamente pierde mucho valor si cualquiera de esas condiciones son variadas. Deuel, Hallman y Leonard (29), comparando la rata de absorción de varias grasas, la calculan sobre la base de la cantidad absorbida por unidad de superficie corporal. Con este método se han obtenido resultados claramente consistentes para la rata de absorción de grasas en ratas con amplia variación en tamaño, empleando diferentes dosis sobre diferentes intervalos de tiempo; siendo, por lo consiguiente, la superficie corporal una medida biométrica importante en la determinación de la rata de absorción.

La rata de absorción comparativa de diferentes grasas ha sido estudiada por varios autores. Sin embargo, existe gran discrepancia entre las cifras de absorción reportadas; algunos autores la calculan usando el índice de Steenbock (28), mientras que otros calculan sobre la base de miligramos de grasa absorbida por cada 100 centímetros cuadrados por hora.

PARTE EXPERIMENTAL

En el presente estudio se han comparado los valores nutricionales de varias grasas y aceites comerciales (manteca de cerdo, aceite de coco, aceite de algodón, Fluffo¹, Crisco², Swifh'in³, Spry⁴).

El estudio se ha dividido en tres partes: ensayo de crecimiento, digestibilidad y rata de absorción.

A. *COMPARACION DEL VALOR COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO.*

Se usaron ratas machos recién destetados provenientes de Sprague Dawley Inc. A su llegada al laboratorio se les dió una dieta de mantenimiento por dos días y luego fueron distribuidos en siete grupos de 15 animales cada uno, con igual distribución de los animales pequeños y grandes.

Las grasas bajo estudio fueron suministradas con una dieta experimental nutricionalmente adecuada por un período de diez semanas.

La composición de las diferentes dietas se da en la tabla I.

Se llevó un registro semanal del peso de cada animal, así como también de las cantidades de dieta suministradas y la cantidad de dieta desperdiciada fuera de la caja del animal; con estos datos se calculó el consumo total de alimento y la grasa consumida. En la tabla II se puede apreciar el peso promedio por semana para cada grupo, así como el peso neto ganado durante las diez semanas.

1 Fluffo es una mezcla de aceite de algodón hidrogenado y manteca animal.

2 Aceite de algodón hidrogenado.

3 Producto similar a Fluffo.

4 Spry: aceite de algodón hidrogenado.

Las diferencias en valor nutritivo fueron evaluadas en términos del incremento en peso *per se*, incremento en peso por gramo de alimento ingerido (eficiencia alimenticia) e incremento en peso por cada 100 calorías (eficiencia calórica) tabla III).

Al final del experimento las ratas fueron sacrificadas y se tomaron radiografías de la pata izquierda trasera de cada animal. Las radiografías fueron usadas para medir la longitud de la tibia, a modo de evaluar cualquier diferencia en el crecimiento de los huesos (tabla IV).

B. DIGESTIBILIDAD.

La eficiencia de la utilización de las grasas fué medida durante la 7ª y 8ª semanas del ensayo de crecimiento.

Durante un período de 14 días la cantidad de dieta consumida fué registrada bajo una base individual. Durante este período las heces de cada animal fueron colectadas separadamente y preservadas bajo tolueno en frascos de vidrio. Con los datos obtenidos se calculó la cantidad de alimento ingerido, la grasa excretada fué estimada y la utilización de la grasa calculada del siguiente modo:

$$\% \text{ de utilización} = \frac{\text{Grasa ingerida} - \text{Grasa excretada}}{\text{Grasa ingerida}} \times 100$$

1. *Grasa en la dieta esparcida.*—El alimento esparcido por las ratas en el fondo de las cajas fué colectado para cada rata separadamente, y de ésta se calculó la grasa desperdiciada (gr. de muestra \times 0,15 = gr. de grasa). De igual modo, la grasa total ingerida fué calculada, y por diferencia se obtuvo la grasa neta ingerida.

2. *Grasa fecal.*—Las heces fueron colectadas en frascos de vidrio y preservadas bajo tolueno, y luego analizadas del siguiente modo:

Los frascos conteniendo las heces y el tolueno fueron colocados sobre un baño de agua hirviendo y evaporadas hasta sequedad, luego puestos en una estufa al vacío a 29" y a 50°C. durante la noche. Las heces ya completamente secas fueron transferidas a cápsulas de aluminio y pesadas (\pm 0,1 gr.) y luego pulverizadas en un mortero. Las heces pulverizadas fue-

ron guardadas bajo nitrógeno en frascos herméticamente cerrados, los cuales se conservaron bajo refrigeración hasta ser utilizados para el análisis.

Para cada determinación se pesaron 5,00 gr. de muestra en un dedal de extracción de "Alundum" y extraídas por 20 horas en un aparato de Soxhlet con éter etílico anhidro. El residuo de la extracción se guardó para futuro análisis.

Al extracto etéreo se le agregó sulfato de sodio anhidro y se agitó hasta completa deshidratación; luego se filtró a través de papel de filtro Watman N° 1. Del filtrado se removió el éter por evaporación sobre un baño de agua caliente. El residuo se disolvió en éter de petróleo, se secó con sulfato de sodio anhidro y se filtró nuevamente en un matraz tarado. El éter de petróleo fué luego evaporado hasta sequedad sobre baño de agua caliente, y el matraz colocado en un desecador durante toda la noche para luego ser pesado. Esta fracción obtenida representó la grasa neutra y los ácidos grasos libres.

El residuo proveniente de la primera extracción fué luego tratado con ácido con unas gotas de ácido sulfúrico diluido 1:1 y extraído de la misma manera como para determinar la grasa neutra. Esta fracción representó los lípidos presentes en las heces como jabones.

Cada muestra fué analizada por duplicado; y se hizo una tercera determinación cuando los resultados obtenidos presentaban cierta diferencia.

Los resultados de estos experimentos se dan en la tabla V.

C. RATA DE ABSORCION.

1. *Ratas.*—Ratas blancas adultas jóvenes de los Laboratorios Charles River en Cambridge se usaron para estos experimentos. Al llegar al laboratorio fueron separadas en cajas individuales y mantenidas con una dieta standard.

2. *Procedimiento de alimentación.*—Cuarenta y ocho horas antes de empezar el ensayo les fué removida la dieta a todas las ratas a ser usadas en la experiencia. Esto fué hecho con el objeto de dar tiempo al alimento a pasar más allá del intestino delgado. Las grasas bajo estudio fueron administradas por intubación estomacal, usando un cateter uretral "French" N° 8 unido a una jeringa para insulina. El cateter se marcó a una longitud de 10 a 13 cm. de la punta. Se administró, en cada caso, 1 ml. de la grasa a 50°C. (las muestras

fueron mantenidas a 50°C. en una estufa de temperatura constante antes de ser usadas). El peso promedio de 1 ml. de las diferentes grasas a 50°C. fué determinado previamente.

Para la administración de la grasa, la rata se tomó por la espalda con la mano izquierda; la boca se abrió haciendo presión entre la mandíbula inferior y superior con los dedos índice y pulgar; luego se colocó un pedazo de madera parecido a un depresor de lengua con un orificio en su centro, detrás de los incisivos.

La cantidad de grasa a administrar se midió en la jeringa, el cateter se humedeció en agua y luego se introdujo a través del orificio en el depresor y rotándolo ligeramente se llevó hasta el estómago; introduciéndole hasta la marca de 10 cm., la punta del cateter se encontraba en la región cardíaca del estómago; esto usando una rata de 300 gramos. Cuando se insertó hasta la marca de los 13 cm., la punta se encontraba a lo largo de la gran curvatura del estómago. La longitud del tubo introducido se disminuyó de acuerdo cuando se utilizaron ratas más pequeñas.

3. *Recuperación de la grasa no absorbida del tracto gastro-intestinal:*

a) *Procedimiento I.*—Después del período de tiempo requerido las ratas fueron sacrificadas por decapitación, y el tracto gastro-intestinal, removido intacto. El contenido fué extraído haciendo pasar éter a través de todo lo largo del intestino. Esto se hizo con un aparato especial diseñado para el caso (fig. 1); para esto la punta del intestino se fijó a la porción del tubo terminal del aparato, y el éter se introdujo en el intestino por presión proveniente de la bomba de mano.

El material se secó con sulfato de sodio anhidro y se filtró en un matraz tarado. El residuo se lavó varias veces con éter filtrando igualmente los lavados. El filtrado colectado se evaporó a sequedad sobre un baño de agua caliente.

Con esta técnica se determinó la rata de absorción a tres diferentes intervalos de tiempo: media, una y dos horas.

b) *Procedimiento II.*—Debido a que los resultados obtenidos en el primer procedimiento resultaron altamente variables, la técnica fué cambiada y se utilizó un procedimiento modificado. Utilizando esta técnica, el contenido del tracto

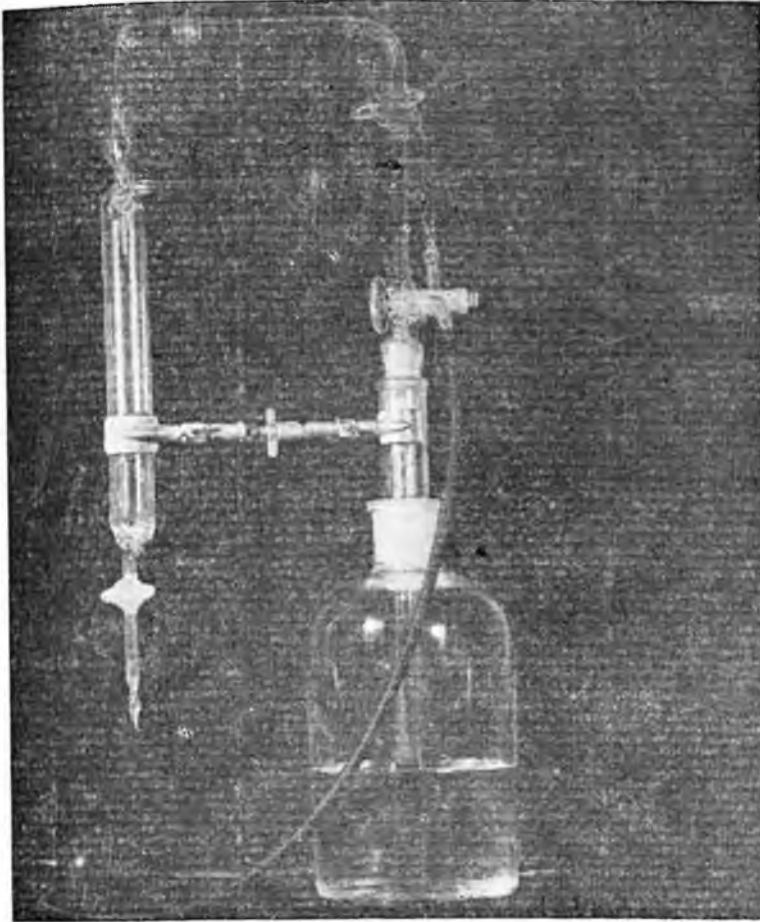


Fig. 1

Aparato usado para la extracción de la grasa del tracto gastro-intestinal

gastro-intestinal fué primeramente extraído con 100 ml. de una solución de NaCl al 0,85%, y el material extraído, recibido en un matraz; se hizo una segunda extracción con 100 ml. de éter etílico anhidro; y el material extraído, recibido en el mismo matraz anterior. Los extractos combinados fueron luego transferidos a un embudo de separación de 250 ml. tipo Squibb y agitados vigorosamente; se separó la capa acuosa y se lavó tres veces con porciones de 70 ml. de éter, reuniendo luego estos lavados con la primera porción de éter. El éter prove-

niente de estas extracciones se concentró hasta aproximadamente 50 ml. sobre un baño de agua caliente; y este volumen concentrado se secó luego con sulfato de sodio anhidro y se filtró; el sulfato de sodio se lavó luego varias veces con éter anhidro, del modo usual, y se filtró en un matraz tarado.

Este procedimiento resultó más complicado que el anterior, pero dió mejores resultados y mejor reproductibilidad.

4. *Experimentos de recuperación.*—A modo de conocer el porcentaje de recuperación de la grasa administrada, se hicieron varias experiencias utilizando ambos procedimientos. A cada rata se le administró por intubación estomacal 1 ml. de aceite de algodón, y luego sacrificadas inmediatamente.

5. *Grasa metabólica.*—Con el objeto de obtener un factor de corrección para la "grasa metabólica" se determinó el contenido en lípidos del tracto gastro-intestinal de ratas en ayuno por 48 horas.

Utilizando el procedimiento primero, se determinaron los lípidos del intestino delgado y del estómago conjuntamente. (Solamente esta porción del tracto gastro-intestinal se utilizó para determinar la rata de absorción utilizando el procedimiento I.)

Los lípidos presentes en el intestino delgado, estómago y ciego fueron determinados separadamente utilizando el procedimiento II.

6. *Cálculo de la superficie corporal.*—La superficie del cuerpo de las ratas fué determinada utilizando una fórmula de Meeth-Rubner modificada por Lee (33):

$$S = KW^{0.60}$$

donde: S, área corporal; K, constante (13,62 para ratas machos), y W, peso.

Según ha dicho Lee, esta fórmula no es precisa para animales en un estado nutricional precario, pero como los animales empleados en nuestro estudio se encontraban en perfectas condiciones, los resultados obtenidos fueron bastante satisfactorios.

La longitud del cuerpo fué medida después de la administración de una ligera anestesia; para hacer la medida, el animal se puso de espaldas sobre un papel, la cabeza se mantuvo

extendida por medio de un alambre puesto sobre los dientes; el cuerpo fué mantenido recto haciendo una ligera tracción por la cola; manteniendo esta posición, se hicieron dos marcas en el papel, una a la altura del ano y otra a la altura de la nariz. Luego se midió la distancia entre los dos puntos, obteniéndose así la medida de la longitud del cuerpo.

Estas medidas fueron efectuadas con el objeto de chequear la fórmula propuesta por Lee.

$$S = KW^{0.61} \times \frac{0.310}{\frac{W}{L}}$$

donde: S, superficie; K, constante (12.63 para ratas machos); W, peso en gramos; L, longitud en centímetros.

Los resultados obtenidos con ambas fórmulas concordaron, lo cual hace evidente que la fórmula Meeth-Rubner modificada es satisfactoria cuando se emplea con ratas en buenas condiciones de salud y aproximadamente del mismo peso.

TABLA I

COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Composición	D I E T A :						
	A	B	C	D	E	F	G
Caseína (Labco V. F.) . .	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Cistina	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Almidón de maíz	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7
Almidón fortificado (1) .	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Mezcla de sales N° 35 (2)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Cellulflour	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Mezcla de vit. (3)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Aceite de coco	14,0						
Aceite de algodón		14,0					
Crisco			14,0				
Spry				14,0			
Fluffo					14,0		
Swifh'in						14,0	
Manteca							14,0
	A	B	C	D	E	F	G
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(1) Almidón fortificado: menadiona, 75 mg.; tiamina, 100 mg.; riboflavina, 124 mg.; niacina, 500 mg.; Ca pantotenato, 500 mg.; ácido fólico, 6,25 mgm.; piridoxina, 100 mgm.; biotina, 7,5 mg.; colina, 75,0 gm.; FABA, 2,5 gm.; inositol, 50,0 gm.; ácido ascórbico, 2,5 gm.; almidón de maíz, 1.120 gm.

(2) Mezcla de sales N° 35 (Hebbell). J. Nut. 14, 273, 1937.

(3) Mezcla de vitaminas, lipo-solubles: 625,00 U.I., Vit. A Acetato, y 62.500 U.I. vit. D, (ergosterol irradiado) diluïdos hasta 500 gm. con aceite de soya.

RESULTADOS Y DISCUSION

A. EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO.

En la tabla II se dan los pesos promedios para cada grupo, semana por semana; en la figura 2 se han trazado las curvas de crecimiento.

TABLA II
INCREMENTO EN PESO PROMEDIO DE LAS RATAS DE LOS
DIFERENTES GRUPOS

Grupo	S e m a n a s											Total ganado
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	60	105	159	203	244	276	303	328	345	360	370	310
B	60	107	157	192	237	267	295	313	329	347	353	283
C	60	110	163	196	244	273	302	324	339	351	364	304
D	61	105	160	202	244	275	301	323	334	351	358	297
E	61	103	160	198	246	278	307	319	329	346	353	292
F	61	110	165	209	249	280	306	322	330	352	359	298
G	61	111	164	210	251	287	217	337	356	371	382	321

A modo de poder relacionar el incremento en peso con la ingestión de las diferentes dietas, en la tabla III se presenta la ganancia en peso por cada gramo de alimento ingerido, y la ganancia en peso por cada 100 calorías ingeridas (eficiencia calórica para cada grupo en particular).

Basados en el incremento en peso solamente, la dieta que contenía manteca dió mejores resultados. El aumento en peso de los otros grupos, exceptuando posiblemente el grupo alimentado con aceite de coco, fué aproximadamente el mismo.

TABLA III

AUMENTO DE PESO. - INGESTION TOTAL DE ALIMENTO.
EFICIENCIA ALIMENTICIA Y CALORICA.

	Peso ganado, gm.	Alimento ingerido, gm.	Eficiencia alimenticia	Calorias ingeridas (1)	Eficiencia calórica (2)
Grupo A					
Aceite de coco. . .	311	946	0.329	4257	7.29
Grupo B					
Producto L	293	882	0.332	3969	7.36
Grupo C					
Crisco	304	920	0.327	4140	7.32
Grupo D					
Spry	298	940	0.317	4230	7.04
Grupo E					
Fluffo	299	979	0.305	4406	6.77
Grupo F					
Swifth'in	297	1017	0.292	5477	6.47
Grupo G					
Manteca	320	1023	0.313	4604	6.94

(1) Asumidas 4,5 calorías por gramo de dieta en cada caso.

(2) La eficiencia calórica es expresada en gramos ganados en peso por cada 100 calorías ingeridas.

El análisis de variantes demostró (tabla V) que la eficiencia alimenticia y calórica de algunos de los grupos era significativamente diferentes. El mayor incremento en peso del grupo de la manteca de cerdo aparentemente fué debido a un mayor consumo de la dieta. Generalmente, aquellas ratas que mostraron un incremento pobre mostraron también poco consumo de alimento.

Es interesante notar que el grupo B, el cual mostró el menor incremento en peso, mostró la mejor utilización del alimento.

Comparando la longitud promedio de la tibia para cada grupo (tabla IV), no se encontró ninguna diferencia en el crecimiento de los huesos.

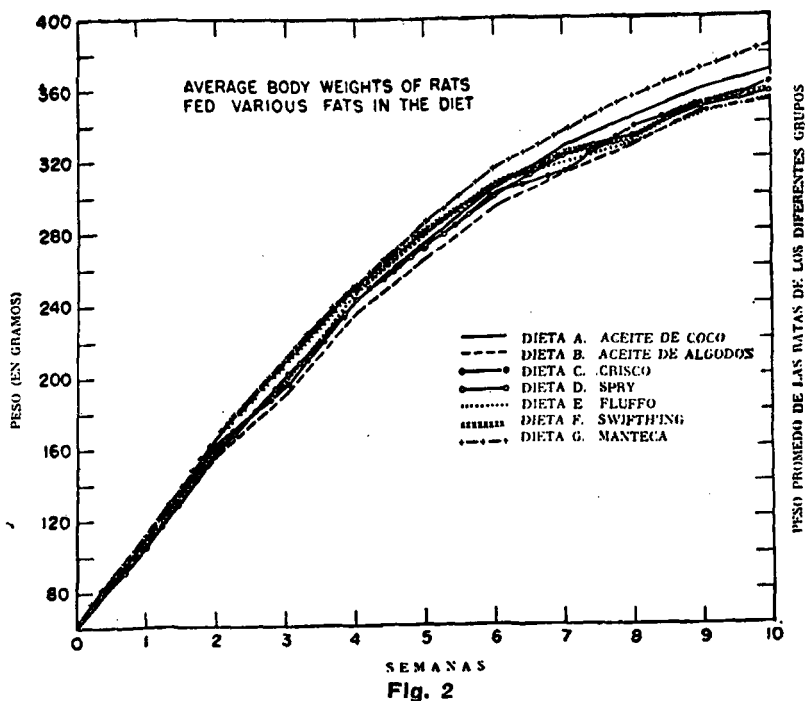


TABLA IV

LONGITUD DE LA TIBIA DE LAS RATAS DE LOS DIFERENTES GRUPOS

	A	B	C	D	E	F	G
Longitud en mm.:	39,5	39,1	39,1	39,2	39,2	39,0	39,5

B. *DIGESTIBILIDAD.*

En la tabla VI se dan los resultados promedios sobre la digestibilidad para cada tipo de grasa. Relativamente, los coeficientes de digestibilidad encontrados en este estudio para las diferentes grasas fué menor comparado con los coeficientes reportados por otros autores.

En la siguiente tabla se dan los coeficientes de digestibilidad encontrados para las diferentes grasas.

Grupo	Tipo de grasa	Coefficiente de digestibilidad
A	Aceite de coco	92,2
B	Aceite de algodón	91,8
C	Crisco	80,7
D	Spry	81,2
E	Fluffo	80,5
F	Swifth'in	82,7
G	Manteca de cerdo (prime Steam)	90,5

Como se puede observar en la tabla, los aceites de los grupos A, B y la manteca G mostraron los coeficientes de digestibilidad más altos; los aceites de los grupos C, D, E y F mostraron un coeficiente muy similar y pueden ser clasificados juntos.

Los coeficientes de digestibilidad reportados en la literatura para el aceite de coco son 96-98; para el aceite de algodón, 95; para crisco, 97 (Crockerr y Deuel, 20). Sin embargo, los resultados de este estudio concuerdan con los obtenidos en una investigación preliminar efectuada por nosotros en los Laboratorios de Bioquímica Nutricional del Instituto de Tecnología de Massachusetts (datos no publicados). Los valores reportados en la literatura para el coeficiente de digestibilidad de la manteca varían entre 94 y 97. No se encontró referencias en la literatura para los otros tipos de aceites vegetales hidrogenados.

TABLA V

ANALISIS DE VARIANTES

Grupo A X	Grupo B X	Grupo C X	Grupo D X	Grupo E X	Grupo F X	Grupo G X
332	338	293	309	302	310	324
344	321	306	302	348	297	327
346	371	330	319	316	302	318
341	364	333	307	302	308	306
357	337	339	311	335	317	296
316	382	320	340	311	295	309
336	365	331	316	301	285	309
324	288	349	310	330	303	315
323	310	360	342	305	298	309
325	315	345	342	305	308	302
328	319	302	301	294	292	322
332	318	341	325	294	323	298
331	306	352	303	270	307	318
295	337	321	278	327	184	338
303	315	315	344	239	247	302

A	B	C	D	E	F	G	
X4.933	4.986	4.937	4.749	4.579	4.376	4.693	Total promedio 33.253

x^2 1.625891 1.667724 1.630237 1.50855 1.407687 1.293300 1.470213 10.603607
x 0.3288667 0.332400 0.329133 0.316600 0.305267 0.291733 0.312836

Total promedio
0.316695

Factor de corrección: $(33.253)^2 = 10.531067$

Suma de los cuadrados: $x^2 - C = 10.603607 - 10.531067 = 0.072540$

Grupos:

$$\frac{(4.933)^2 + (4.986)^2 + (4.579)^2 + (4.376)^2 + (4.693)^2 + (4.937)^2 - 10.531067 =}{15}$$

15

$$= 10.5508347 - 10.531067 = 0.0197677$$

$$\text{Indiv.} = \text{Total-grupos: } 0.072540 - 0.0197677 = 0.0527723$$

TABLA V (Continuación)
ANALISIS DE VARIANTES

	d. f.	S. S.	Promedio Sq.	
Grupo . . .	6	0.0197677	0.003294617	$F = \frac{0.003294617}{0.0005384929} =$
Indiv. . . .	98	0.0527723	0.0005384929	$= 6.1182$
Total . . .	104	0.072540		
			F	
		98	6	$= 2.70$

Sobre el nivel de probabilidad del 0.1%, el tratamiento produjo un efecto significativo sobre los sub-grupos.

TABLA VI

DIGESTIBILIDAD DE LAS DIFERENTES GRASAS BAJO ESTUDIO

Grupo	Alimento suministrado gm.	Alimento desperdiciado gm.	Alimento ingerido gm.	Grasa ingerida gm.	Peso de las heces gm.	% grasa en las heces gm.	Grasa excretada gm.	Grasa absorbida gm.	% utilización de la grasa	P E S O		
										Inicial gm.	Final gm.	Peso ganado gm.
A	234	67	167	25.03	16.77	14.48	1.96	23.46	92.22	328	360	32
B	240	75	162	23.25	14.90	12.29	1.85	21.38	91.81	313	347	34
C	215	62	160	23.98	20.78	22.21	4.75	19.39	80.72	324	351	27
D	221	62	158	23.76	20.24	21.81	4.47	19.84	81.25	323	351	28
E	219	53	167	24.85	20.23	23.93	4.85	17.66	80.49	319	346	27
F	220	47	172	25.81	20.95	21.23	4.45	21.35	82.68	322	352	30
G	223	50	173	25.99	16.26	15.40	2.47	23.52	90.49	337	371	34

TABLA VII
 ABSORCION DEL ACEITE DE ALGODON (1 ml. a 50° C.) BASADA EN LA GRASA REMANENTE EN
 EL ESTOMAGO E INTESTINO DELGADO

Animal número	Peso gm.	Superficie cm. ²	Cantidad adminis- trada mg.	Tiempo hr.	GRASA EXTRAIDA		GRASA ABSORBIDA			
					Total mg.	Corregida mg.	Total mg.	%	Por 100 gm./hora mg.	Por 100 cm. ² /hora mg.
1	294	382.0	921	2	578	564	357	35.7	17.8	46.7*
2	300	386.6	921	2	619	515 ²	406	43.0	21.5	52.5
3	292	380.4	921	2	529	515	406	43.0	21.5	53.4
4	302	388.1	921	2	327	313	508	55.2	27.6	65.5
5	312	403.0	908	2	678	664	244	26.8	14.4	30.3
6	288	377.0	908	2	607	593	315	34.7	12.8	41.7
7	298	385.0	908	2	532	518	390	42.9	21.4	50.6
8	254	351.0	908	2	559	545	363	39.9	19.9	51.7
9	291	388.0	908	2	577	563	345	38.0	19.0	44.4
Promedio:									19.5 ± 1.05	48.5 ± 1.6

* Presentaron diarrea.

TABLA VIII
ABSORCION DEL ACEITE DE ALGODON (1 mil. a 50° C.) BASADA EN LA GRASA EXTRAIDA DEL
TRACTO GASTRO-INTESTINAL COMPLETO

Animal número	Peso gm.	Superficie cm. ²	Cantidad administrada mg.	Tiempo hr.	GRASA EXTRAIDA				GRASA ABSORBIDA			
					Intestino delgado y estómago	Ciego	Total mg.	Corregida mg.	Total mg.	%	Por 100 gm./hora mg.	Por 100 cm. ² /hora mg.
1	294	328.0	921	2	378	120	698	638	283	28.3	14.1	37.0*
2	300	386.6	921	2	519	37	556	496	425	46.2	23.1	55.0
3	292	380.4	921	2	529	33	562	560	361	39.2	19.6	47.5
4	302	388.1	921	2	327	173	500	440	421	45.7	22.8	49.2
5	324	404.9	921	2	408	129	537	477	444	48.2	24.1	49.7
6	312	403.0	908	2	678	43	721	661	247	27.2	13.6	30.6
7	288	377.0	908	2	607	49	656	596	312	34.3	17.1	41.3
8	298	385.0	908	2	532	50	582	522	386	42.5	21.2	50.1
9	254	351.0	908	2	559	135	694	634	274	30.2	15.1	39.0
10	291	388.0	908	2	577	147	724	664	244	26.8	18.4	31.4
Promedio:											18.8	41.2
											± 1.05	± 2.36

* Presentaron diarrea.

TABLA IX
 ABSORCION DE CRISCO (1 ml. a 50° C.) BASADA EN LA GRASA EXTRAIDA DEL ESTOMAGO
 E INTESTINO DELGADO

Animal número	Peso gm.	Superficie cm. ²	Cantidad administrada mg.	Tiempo hr.	GRASA EXTRAIDA		GRASA ABSORBIDA			
					Total mg.	Corregida mg.	Total mg.	%	Por 100 gm./hora mg.	Por 100 cm. ² /hora mg.
1	264	358	878	1	696	682	196	22.3	22.3	54.7
2	266	360	878	1	716	701	177	24.8	24.8	60.5
3	270	363	878	1	716	701	177	20.1	20.1	48.8
4	305	392	878	1	746	732	146	16.6	16.6	37.2
5	304	390	878	1	678	664	214	24.4	24.4	54.8
6	303	389	878	1	773	759	119	13.5	13.5	30.6
7	323	404	878	1	613	599	279	31.8	31.8	69.0
8	323	404	878	1	615	601	277	31.5	31.5	68.6
9	350	424	878	1	769	755	123	14.0	14.0	29.0
10	350	424	878	1	742	728	150	17.1	17.1	35.4
							Promedio:		21.61	48.86
									± 1.69	± 3.77
11	302	389	878	2	621	697	271	36.0	18.0	34.8
12	270	371	878	2	700	686	212	23.9	11.9	28.6
13	263	357	878	2	695	681	197	22.4	11.2	27.6
14	273	365	878	2	567	553	325	37.0	18.5	44.5
15	291	380	878	2	462	448	430	48.9	24.5	56.6
16	288	377	878	2	628	614	264	30.0	15.0	34.9
17	281	372	878	2	628	614	264	30.0	15.0	35.5
18	243	341	878	2	608	594	284	32.3	16.2	41.6
19	300	387	878	2	625	611	261	29.7	14.8	33.7
20	314	397	878	2	449	435	443	50.4	52.2	70.5
							Promedio:		17.03	40.83
									± 1.14	± 3.15

TABLA X
 ABSORCION DE FLUFFO (1 ml. a 50° C.) BASADA EN LA GRASA EXTRAIDA DEL TRACTO
 GASTRO-INTESTINAL COMPLETO

Animal número	Peso gm.	Superficie cm. ²	Cantidad adminis-trada mg.	Tiempo hr.	GRASA EXTRAIDA		GRASA ABSORBIDA			
					Total mg.	Corregida mg.	Total mg.	%	Por 100 gm./hora mg.	Por 100 cm. ² /hora mg.
1	300	387	895	1	709	649	246	27.5	27.5	63.5
2	288	377	895	1	741	681	214	23.9	23.9	56.7
3	262	356	895	1	677	617	278	31.1	31.1	78.1
4	317	401	895	1	716	656	239	26.7	26.7	59.6
5	315	398	895	1	710	650	245	27.4	27.4	61.5
6	330	409	895	1	701	641	254	28.4	28.4	62.1
7	287	376	895	1	788	728	167	18.6	18.6	44.4
8	274	366	895	1	665	605	290	32.4	32.4	79.2
9	350	424	895	1	699	639	256	28.6	28.6	60.4
								Promedio:	27.2	62.8
									± 0.88	± 1.29
10	283	374	895	2	589	529	366	40.9	20.4	48.9
11	275	367	895	2	611	551	344	38.4	19.2	46.8
12	300	387	895	2	584	524	371	41.4	20.7	47.9
13	328	408	895	2	721	661	234	26.1	13.0	28.6
14	354	427	895	2	649	589	306	34.2	17.1	35.8
15	323	404	895	2	593	533	362	40.4	20.2	44.8
16	304	390	895	2	770	710	185	20.7	10.3	23.6
17	300	387	895	2	807	747	148	16.5	8.2	19.1
18	299	386	895	2	756	696	199	22.2	11.1	25.7
19	312	396	895	2	601	541	354	39.5	19.7	44.7
								Promedio:	16.0	36.6
									± 1.35	± 3.17

TABLA XI
ABSORCION DEL ACEITE DE COCO (1 ml. a 50° C.) BASADA EN LA GRASA EXTRAIDA DEL TRACTO
GASTRO-INTESTINAL COMPLETO

Animal número	Peso gm.	Superficie cm. ²	Cantidad administrada mg.	Tiempo hr.	GRASA EXTRAIDA		GRASA ABSORBIDA			
					Total mg.	Corregida mg.	Total mg.	%	Por 100 gm./hora mg.	Por 100 cm. ² /hora mg.
1	325	406	921	2	604	544	377	40.9	20.4	46.4
2	327	407	921	2	—	—	—	—	—	diarrea
3	350	424	921	2	—	—	—	—	—	diarrea
4	297	384	921	2	629	569	352	38.2	19.1	45.8
5	308	393	921	2	711	551	370	40.2	20.1	47.0
6	287	376								
								Promedio:	19.86	46.4
7	287	376	921	1	761	701	220	23.9	23.9	58.5
8	345	420	921	1	608	548	373	40.5	40.5	88.8
9	270	363	921	1	614	554	367	39.8	39.8	101.1
10	328	408	921	1	639	579	342	37.1	37.1	83.8
11	295	383	921	1	704	644	277	30.1	30.1	72.3
								Promedio:	34.3	80.9
									± 2.59	± 5.54

C. RATA DE ABSORCION.

1. *Procedimiento I.*—Se hizo un intento de determinar la rata de absorción para los tres periodos de tiempo seleccionados. En cada caso se hicieron cuatro determinaciones. De las figuras obtenidas en el experimento se pudo observar que los resultados logrados fueron altamente variables. La rata de absorción fué calculada como grasa absorbida por cada 100 mg. de grasa administrada por hora, y como mg. de grasa absorbida por cada 100 cm.² de superficie corporal por hora. En ambos casos los resultados fueron altamente variables. Con tales datos seria completamente imposible hacer un estudio comparativo de la rata de absorción de las diferentes grasas. Por esta razón se hizo un cambio en la técnica de la extracción.

2. *Procedimiento II.*—Con este procedimiento de extracción se determinó la rata de absorción del aceite de algodón al final de un período de dos horas. La grasa presente después de este período de tiempo fué extraída de dos porciones del tracto gastro-intestinal. Una fracción representó la fracción extraída del estómago e intestino delgado conjuntamente, y la otra fracción, la grasa extraída del ciego (tablas VII y VIII). Como se puede ver, al final de las dos horas algo de grasa ha pasado al ciego; por lo consiguiente, resultados más consistentes son obtenidos cuando se extrae el contenido del tracto gastro-intestinal completo.

Se calculó la desviación standard de la rata de absorción calculada como mg. absorbidos por 100 mg. de la grasa ingerida y como mg. absorbidos por cada 100 cm.² por hora; los valores obtenidos fueron: 1,05 y 2,36, respectivamente; aparentemente, la superficie corporal (variaciones de tamaño) no tuvo ningún efecto sobre la rata de absorción de las grasas.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriormente expuestas, se determinó la rata de absorción de los aceites y grasas bajo estudio. En la tabla IX se muestran los resultados obtenidos para Crisco después de una y dos horas de administrado.

La rata de absorción promedio de esta grasa durante los periodos de una y dos horas fueron de $21,61 \pm 1,67$ y $17,03 \pm 1,14$ mg. por 100 mg. de grasa absorbida por 100 cm.² de superficie corporal por hora.

Los resultados obtenidos para el fluffo se muestran en la tabla X.

La rata de absorción durante el período de dos horas fué más baja que lo esperado. Sin embargo, la desviación standard calculada para este grupo indicó que esas ratas no afectaban los resultados significativamente.

Con el aceite de coco no se pudo obtener suficientes datos debido a que la mayoría de los animales desarrollaron diarrea durante los ensayos, aun cuando solamente 0,5 ml. del aceite se administró; sin embargo, el pequeño número de determinaciones mostró solamente una ligera mayor desviación de la que mostraron las demás grasas; y esto pudo ser debido al menor número de muestras tratadas. Los resultados se dan en la tabla XI.

En resumen: las ratas de absorción para las diferentes grasas y aceites, durante el período de dos horas, fueron las siguientes:

G R A S A	R A T A D E A B S O R C I O N	
	Por 100 mg. por hora	Por 100 cm. ² por hora
Aceite de algodón . . .	18,8 ± 1,05	41,02 ± 2,36
Aceite de coco	19,8	46,4
Crisco	17,0 ± 1,14	40,83 ± 3,15
Fluffo	14,8 ± 1,52	32,8 ± 3,52

Estos resultados indican que los aceites vegetales (aceite de algodón y de coco) y el aceite hidrogenado (Crisco) fueron absorbidos aproximadamente a la misma rata durante el período de dos horas.

El resultado obtenido con el aceite de coco no puede ser considerado como definitivo, debido al hecho de que solamente se hizo un pequeño número de determinaciones.

Debido a que la rata de absorción de la mezcla de aceite hidrogenado y grasa animal (Fluffo) resultó ser inesperadamente menor que la del aceite hidrogenado (Crisco), esta grasa debe ser más extensamente estudiada.

3. *Experimento de recuperación.*—A modo de averiguar con qué exactitud la grasa administrada era recuperada del tracto gastro-intestinal inmediatamente después de ser administrada, se hizo un ensayo de recuperación utilizando los procedimientos I y II.

Utilizando el procedimiento I, el $89,9\% \pm 0,65$ de la grasa administrada fué recuperada; sin embargo, cuando se utilizó este factor para corregir la grasa extraída se encontró que en ciertos casos resultaba más grasa extraída que administrada.

Utilizando el procedimiento II, una recuperación de $102\% \pm 0,26$ fué obtenida. A pesar de que la recuperación obtenida fué ligeramente superior a 100% , la desviación fué muy pequeña. Esta variación pudo ser debida a cambios en la temperatura del aceite o a la imprecisión de medir 1 ml. con la jeringa. Sin embargo, cuando se utilizó el procedimiento II para la extracción, se asumió que una recuperación del 100% era obtenida. Lo cierto es que el error que puede envolver el asumir que la recuperación es 100% completa, es menor que el error del procedimiento como un todo.

4. *Grasa metabólica.*—Con el procedimiento I se determinó el contenido en lípidos del tracto gastro-intestinal de las ratas en ayuno por $\bar{48}$ horas. Un promedio de 66 mg. de lípidos totales fué encontrado. Debido a que no se observó el que el tamaño de los animales afectara la cantidad de grasa metabólica presente, este factor (66 mg.) fué utilizado para corregir toda grasa extraída con el procedimiento I.

Con el procedimiento II se determinó el contenido en lípidos del estómago e intestino delgado, y del tracto gastro-intestinal completo, separadamente. El contenido promedio encontrado para el estómago e intestino delgado juntos fué de 14 mg. El valor promedio para los lípidos presentes en el tracto gastro-intestinal completo fué de 60 mg. Este valor fué utilizado como factor de corrección para las extracciones hechas con el procedimiento II.

CONCLUSIONES

El análisis de variantes efectuado con los datos de la eficiencia alimenticia indicaron que las diferencias entre los varios grupos eran altamente significativas.

Se puede concluir, de esta parte del estudio, que el aumento

en peso *per se* no es un índice seguro del valor nutricional de las grasas. Un mayor aumento en peso puede ser debido a un mayor consumo de alimento y no a una mejor utilización de dicho alimento.

La eficiencia calórica de los aceites vegetales fueron muy similares y resultó significativamente superior a la eficiencia calórica de los aceites hidrogenados.

De los resultados sobre la digestibilidad se puede concluir que los aceites vegetales usados en este estudio poseen una mayor digestibilidad que los aceites hidrogenados. No se encontró ninguna diferencia práctica entre las digestibilidades de la manteca de cerdo y los aceites vegetales. Es interesante notar que los aceites, los cuales mostraron mejor utilización en los ensayos sobre el crecimiento, presentaron también mejor digestibilidad; mientras que los aceites hidrogenado que mostraron una menor utilización resultaron igualmente con una menor digestibilidad.

En las determinaciones de la rata de absorción no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes aceites y grasas en estudio. Sin embargo, no se pueden sacar conclusiones definitivas hasta que estas grasas no se hayan estudiado durante períodos de tres y cuatro horas. Es posible que la absorción total de ciertas grasas sea la misma a pesar de que sus ratas de absorción sean diferentes.

Mucho falta todavía por aprender sobre la absorción de las grasas a través del intestino delgado y su significación nutricional. Se hace aconsejable y necesario que este aspecto se estudie más extensamente.

Las discrepancias encontradas en la literatura referente a la absorción comparativa de aceites y grasas son debidas, en gran parte, a diferencias en las técnicas empleadas, especialmente a las variaciones en las técnicas empleadas para extracción de las grasas del tracto gastro-intestinal.

La rata de absorción de las grasas pudiera ser estudiada con el uso de grasas "marcadas" con isótopos radiactivos (C^{14}) o estables (H^2).

RESUMEN

El valor nutricional comparativo de varios aceites y grasas comestibles ha sido estudiado usando tres diferentes criterios:

valor como promotores del crecimiento, digestibilidad y rata de absorción.

1. *Valor promotor de crecimiento.*—En este ensayo, las grasas fueron administradas como el 14% de una dieta nutricionalmente adecuada por un período de diez semanas. Las diferencias entre valor nutricional fueron evaluadas en términos del aumento en peso por cada 100 gramos de alimento ingerido (eficiencia alimenticia) y del aumento en peso por cada 100 calorías ingeridas (eficiencia calórica).

Sobre la base del aumento en peso solamente, el grupo cuya dieta contenía manteca de cerdo mostró el mayor crecimiento; el aceite de coco fué segundo, y los grupos con las otras grasas estuvieron todos por igual en tercer lugar. Sin embargo, sobre la base de la eficiencia alimenticia y calórica, el grupo alimentado con aceite de algodón, el cual mostró el más bajo incremento en peso, mostró un buen valor para la utilización alimenticia.

2. *Digestibilidad.*—El experimento sobre digestibilidad se condujo durante la séptima y octava semana del experimento anterior, utilizando la misma dieta por un período de 14 días. El aceite de coco y el de algodón mostraron los coeficientes de digestibilidad más altos: 92 y 90, respectivamente; las otras grasas mostraron un coeficiente menor, variado entre 80 y 82.

3. *Rata de absorción.*—Se requirió una técnica satisfactoria para la extracción del contenido gastro-intestinal con el objeto de determinar la rata de absorción. Se desarrollaron dos procedimientos: procedimiento I, en el cual se utilizó éter etílico solamente para la extracción; y procedimiento II, en el cual el contenido gastro-intestinal fué extraído primeramente con una solución al 0,8% de cloruro de sodio y luego con éter etílico. Una recuperación del 90% fué obtenida con el procedimiento I, y una recuperación del 100% con el procedimiento II. Este procedimiento por mostrar una buena reproductibilidad fué utilizado para este estudio.

La cantidad de "grasa metabólica" presente en el tracto gastro-intestinal de ratas en ayuno por 48 horas no fué influenciada por el tamaño y peso de las mismas.

La rata de absorción se determinó a la una y dos horas después de haber sido administrada la grasa o aceite por intubación estomocal. Se observó que parte de la grasa había pasado al ciego después de las dos horas de haber sido admi-

nistrada, esto con ciertas grasas. Por lo consiguiente, se hizo necesario extraer el contenido del tracto gastro-intestinal completo de manera de obtener una recuperación completa de la grasa absorbida.

SUMMARY

The comparative nutritive values of several commercial fats have been studied, using three different criteria: growth promoting value, digestibility and rate of absorption.

1. *Growth promoting value.*

In this experiment, the fats were fed as 14% of the nutritionally adequate diets for a period of ten weeks. Differences in nutritive value were evaluated in terms of body weight increase, also body weight increase per gramme of food intake, and weight increase per 100 calories eaten (caloric efficiency).

On the basis of body weight alone, the group fed lards showed the greatest growth, coconut oil was second, and the groups fed the other fats were equally in third place. However, on the basis of food and caloric efficiency, the group fed cottonseed oil, which showed the poorest body weight response, showed good food utilization value.

The analysis of variance made of the food efficiency data indicated that differences between the various groups were highly significant.

From this part of the study, it may be concluded that body weight data *per se* are not a reliable index of the nutritive value of fats. Greater body weight increase may be to the consumption of greater amounts of food and not to better food utilization.

Caloric efficiency of the two vegetable oils and lard were very similar, and were significantly superior to the caloric efficiencies of the hydrogenated oils.

2. *Digestibility.*

The digestibility experiment was conducted during the seventh and eighth week of the growth experiment, using the same diet for a period of 14 days. Coconut oil and cottonseed oil showed the highest digestibilities, 92% and 90%, respectively, and the other fats showed lower digestibilities ranging between 80 and 82%.

From these results can be concluded that the vegetable oils used in this study have higher digestibility than the hydrogenated oils. No practical difference was found in the digestibility of lard as compared with the two oils. It is interesting that the oil which showed better food utilization in the growth experiment were also more digestible, while hydrogenated oils that showed lower utilization are also less digestible.

3. *Rate of absorption.*

To determine the rate of absorption, a satisfactory technique for extracting the content of the gastrointestinal tract was required. Two procedures were developed. In procedure I, ethyl ether was used for the extraction of Chyme, while in procedure II the contents of the gastrointestinal tract were extracted first with 0.8% saline solution, and then with diethyl ether. A 90% recovery was found with procedure I, and 100% recovery with procedure II. Because procedure II showed good reproductibility, it was used for most of the study.

The amount of "metabolic fat" present in the gastrointestinal tracts of rats fasted for 48 hours was not influenced by body size or body weight.

The rate of absorption was determined one and two hours after the test oil or fat had been administered by stomach tube. It was observed that some of the oil had reached the caecum at two hours. Thus, it was necessary to extract the contents of the entire gastrointestinal tract in order to get complete recovery of unabsorbed fat.

No significant differences were found in the rate of absorption of the several fats and oils under study. However, definitive conclusions cannot be drawn until these fats have been studied three and four hours after feeding. It is possible that the total absorption of certain fats and oils is the same even though their rates of absorption are different.

Much has yet to be learned concerning the rate of absorption of fats and oils from the small intestine, and its nutritional significance. It is advisable that this subject be studied more extensively.

The discrepancies in the literature relating to the comparative rates of absorbability of fats are due in large part to differences in techniques employed, specially variations in the procedure for extracting fat from the gastrointestinal tract.

The rate of absorption of fats may be studied by the use of fats labeled with radioactive (C^{14}) or estable (H^2) isotopes.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Nährwert einer Reihe von Ölen und Fetten wurde untersucht und mit folgenden Methoden:

1. *Wachstumstest.*—In dieser Versuchsreihe wurden Ratten mit Diäten ernährt, die 14% der verschiedenen Fette enthielten, sonst aber gleich und vollwertig waren. Es wurden die Unterschiede in der Gewichtszunahme in 10 Wochen bestimmt sowie die Gewichtszunahme pro 100 gr. verzehrtes Futter und die Gewichtszunahme pro 100 cal.

Die Serie, die Schweineschmalz erhielt, wuchs am schnellsten, die mit Kokosöl ernährte am zweit schnellsten und alle andern waren gleich. Wurde jedoch das Wachstum pro 100 gr. gefressener Diät oder 100 cal. berechnet, so zeigte die mit Baumwollöl ernährte Serie ein bedeutend besseres Wachstum als aus den Zahlen der Gewichtszunahme ersichtlich war.

2. *Verdaulichkeit.* — Während der 7. und 8. Woche der Wachstumsexperimente wurde die Verdaulichkeit bestimmt. Kokosöl und Baumwollöl zeigten die höchsten Verdaulichkeitskoeffizienten, 92 u. 90 während die andern Fette Koeffizienten zwischen 80 und 82 zeigten.

3. *Absorption.*—Es wurden zunächst 2 Methoden für die Fettextraktion ausgearbeitet, eine der direkten Extraktion mit Ethyläther und eine zweite bei der zunächst der Magen-Darminhalt quantitativ mit 0.8% Kochsalzlösung herausgepült wird und dann mit Ether extrahiert wird. Die erste Methode gibt Resultate von 90% des theoretischen Wertes, die zweite 100%; diese letztere wurde für die weiteren Untersuchungen verwandt.

Die Menge von "metabolischem Fett" das im Gastro-Intestinaltrakt von Ratten gefunden wird, die 4 Stunden nicht gefressen haben, war unabhängig von deren Grösse und Gewicht.

Die Absorption wurde 1 und 2 Stunden nach der Verabfolgung des zu untersuchenden Fettes durch Magensonde bestimmt; nach 2 Stunden wurde bei einigen Fetten ein Teil bereits im Blinddarm gefunden. Es war daher nötig den gesamten Magen-Darmkanal zu extrahieren.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Fetten im Bezug auf die Absorbtiionsgeschwindigkeit gefunden.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Miller, H. G. — *J. Nutrition* 26, 43 (1943).
- (2) Deuel, H. J. y col. — *J. Nutrition* 33, 569 (1947).
- (3) Hoagland, R. y G. G. Snider.—*U. S. Dept. Agric. Bol. N° 725* (1940).
- (4) Forbes, E. B. y col. — *J. Nutrition* 31, 302 (1946).
- (5) French, C. E., A. Black y R. W. Swift. — *J. Nutrition* 35, 83 (1948).
- (6) Hoagland, R., G. G. Snider y C. E. Swift. — *J. Nutrition* 47, 399 (1952).
- (7) Scheer, S. B. y col. — *J. Nutrition* 33, 583 (1947).
- (8) Pearzon, P. B., y F. Panzer. — *J. Nutrition* 38, 257 (1949).
- (9) Schants, E. J., C. A. Elvehjem y E. B. Hart. — *J. Dairy Sci.* 23, 181 (1940).
- (10) Deuel, H. J. y col. — *J. Nutrition* 27, 335 (1944).
- (11) Holt, L. E. y col. — *J. Pediat.* 6, 427 (1935).
- (12) Holt, L. E., A. M. Courtney y H. L. Fales. — *Amer. J. Diseases Children* 17, 241 (1919).
- (13) Holmes, A. D. — *U. S. Dept. Agric. Bol. N° 630* (1916).
- (14) Holmes, A. D. — *U. S. Dept. Agric. Bol.* 613 (1919).
- (15) Deuel, H. J. y A. D. Holmes. — *U. S. Dept. Agric. Bol.* 310 (1915).
- (16) Langworthy, C. F. y A. D. Holmes. — *U. S. Dept. Agric. Bol.* 310 (1915).
- (17) Langworthy, C. F. y A. D. Holmes. — *U. S. Dept. Agric. Bol.* 507 (1917).
- (18) Deuel, H. J., A. L. S. Cheng y M. G. Morehouse. — *J. Nutrition* 35, 295 (1948).
- (19) Holmes, A. D. — *U. S. Dept. Agric. Bol. N° 687* (1918).
- (20) Crockett, M. E. y H. J. Deuel. — *J. Nutrition* 33, 187 (1947).
- (21) Hoagland, R. y G. G. Snider. — *J. Nutrition* 26, 219 (1943).
- (22) Burr, G. O. y R. H. Barnes. — *Physiol. Rev.* 23, 256 (1943).
- (23) Augur, V., H. S. Rollman y H. J. Deuel. — *J. Nut.* 33, 177 (1947).
- (24) Mattill, K. F. y J. W. Higgins. — *J. Nut.* 29, 255 (1945).
- (25) Frazer, A. C. — *Physiol. Rev.* 26, 103 (1946).
- (26) Irwin, M. H. y col. — *Amer. J. Physiol.* 124, 800 (1938).
- (27) Holmes, A. D. y H. J. Deuel. — *Amer. J. Physiol.* 54, 479 (1921).
- (28) Steenbock, H., M. H. Irwin y J. Weber. — *J. Nut.* 12, 103 (1936).
- (29) Deuel, H. J., L. Hallman, Jr., y A. Leonard.—*J. Nut.* 20, 215 (1940).
- (30) Becker, G. H., J. Meyer y H. Necheles. — *Gastroenterology* 14, 80 (1950).
- (31) Bevetta, L. y col. — *Amer. J. Physiol.* 134, 619 (1941).
- (32) Calbert, C. E. y col. — *Food Research* 16, 294 (1951).
- (33) Lee, M. O. — *Amer. J. Physiol.* 89, 24 (1929).