

# CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ACEITES

EN DISTINTOS PERIODOS DE MADUREZ DE SEMILLAS  
DE ALGUNAS ESPECIES VEGETALES <sup>1</sup>

POR ALFONSO A. VIDAL <sup>2</sup>

---

## I. INTRODUCCIÓN

Glicéridos tales como grasas, aceites y fosfolípidos se encuentran en todas las plantas. Por lo general están presentes en pequeña cantidad en aquellos tejidos en que el metabolismo es más activo y tienden a acumularse, sin embargo, en las regiones de metabolismo menos intenso, como las semillas, donde sirven como una reserva alimenticia para el embrión.

La síntesis de los lípidos en las plantas mayores no muestra una relación directa al proceso de fotosíntesis; no obstante se ha observado, que las gotitas de aceite aparecen en las células de las plantas menores durante los períodos de iluminación, pero esto no es una evidencia directa de que se formen por la fotosíntesis. Los lípidos característicos de una planta aparecen solamente en cantidades relativamente grandes cuando se aproxima el período de maduración y es generalmente aceptado que se originan de los compuestos orgánicos existentes en los tejidos vecinos.

<sup>1</sup> Trabajo realizado en la Cátedra de Química Agrícola (Fitoquímica) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata. Recibido para su publicación el 3 de noviembre de 1956.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo. Profesor Adjunto Asistente de Química Agrícola (Fitoquímica) en la citada Facultad. El autor agradece al Profesor Titular Ingeniero Agrónomo y Doctor Carlos M. J. Albizzati las sugerencias formuladas durante la realización de este trabajo.

Los glicéridos se originan sin embargo de los hidratos de carbono y por lo tanto su síntesis puede estar indirectamente relacionada a la fotosíntesis.

La semilla no madura muestra un mínimo de glicéridos acumulados, pero a medida que aumenta la madurez, se produce un aumento seguido por una mayor o menor disminución en el contenido de hidratos de carbono. Además una semilla no madura puede ser separada de la planta y hallar más tarde que el contenido de glicéridos es mayor y el de hidratos de carbono menor.

En la síntesis de las grasas a partir de los hidratos de carbono los elementos minerales pueden jugar un rol importante, especialmente en el caso del fósforo. Uno de los efectos de la adición de fósforo es la formación de un fosfato de hexosa (azúcar de Harden y Young), el cual ayuda materialmente en el proceso de fermentación.

La síntesis de las grasas a partir de los hidratos de carbono para las plantas vivientes involucra cambios del azúcar en ácidos grasos y glicerol y la unión de estos compuestos forma un triglicérido, conteniendo idénticos o diferentes radicales de ácidos grasos. Este último proceso puede ser producido por la intervención de una enzima lipolítica.

Las plantas crecidas en climas fríos contienen mayor cantidad de ácidos grasos no saturados y las plantas crecidas en climas tropicales contienen mayor cantidad de ácidos grasos saturados. Las plantas cultivadas producen, generalmente, glicéridos menos saturados que las salvajes.

Es evidente que las grasas se forman por una serie de reacciones que varían de acuerdo a la temperatura en que se producen. A alta temperatura las reacciones químicas principales para la formación de los ácidos grasos no saturados alcanzan su fin, mientras que a baja temperatura, posiblemente, porque los procesos de reducción no tienen lugar tan rápidamente, el mismo punto final para la formación de estos ácidos no es alcanzado. Bajo temperaturas frías no hay oportunidad de una rápida oxidación de los hidratos de carbono que bajo esas condiciones pueden volverse reductores, elevando el contenido de grasas. También ejercen influencia, aunque en menor grado, el suelo y los fertilizantes, salvo algunos, los nitrogenados que por lo general reducen el contenido de aceite.

## II. REVISTA DE LA BIBLIOGRAFÍA

Du Sablón, L. (7) estudió las proporciones de almidón, sacarosa, glucosa y grasa presentes en frutos de almendras y nuez en varios estados de maduración y halló que una disminución en el contenido de hidratos de carbono era acompañado por un aumento en el contenido de grasas. Señaló que la disminución del porcentaje no es suficiente para probar este hecho, desde que aumentos muy grandes en el peso total de la semilla durante la maduración contrapesa el descenso en el porcentaje; la cantidad total de hidratos de carbono presentes a la madurez queda constante o aún aumenta levemente en su porcentaje. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran que la glucosa desaparece completamente en ambos casos.

Los trabajos de Gerber, C. (9) sobre la maduración de los frutos de olivo también proporcionan alguna confirmación de que los hidratos de carbono son los precursores de las grasas, porque en el estado de maduración, cuando el aceite se forma rápidamente, el cociente respiratorio sube a 1,51 y establece que el mencionado cociente es solamente mayor que la unidad durante la fase en la cual el porcentaje de aceite aumenta. Este autor también observó que no solamente bajan en concentración los hidratos de carbono, sino también las proteínas, cuando se produce el aceite.

Ivanov, S. (10) estableció que las semillas de colza, cáñamo, amapola y lino en los primeros estados de desarrollo contenían aceite, en el cual estaba presente una considerable cantidad de ácidos grasos libres. En otras palabras: que la formación de ácidos grasos libres parece preceder la síntesis final de la mezcla de triglicéridos, desde que a la madurez, los aceites contienen muy pocos ácidos grasos libres. Este autor también observó que en el aceite de lino el característico valor alto de yodo está relacionado únicamente con el estado final de maduración; así una cosecha de semillas de lino maduras, cuyo aceite tenía un índice de yodo de 175, siete semanas antes de la completa madurez, tenía un índice de 120.

Eyre, J. V. (8) estudió la formación y cambios en las características de los aceites en la semilla de *Linum usitatissimum* y *Linum caribrosom*, comprobando que los constituyentes ácidos de las grasas se forman al principio. Si el glicerol se forma al mismo tiempo o su formación es posterior no está aclarado. Este autor observó una rápida formación de aceite en un período de 15 días, en el cual se

alcanzaba un porcentaje de aceite de aproximadamente 36 % calculado sobre sustancia seca. Los cambios que se producen pueden ser observados en el siguiente cuadro :

Días después de la floración	Porcent. de aceite (semilla seca)	Índice de yodo
10.....	2,5	114
14.....	15,1	119
17.....	31,1	127
23.....	37,0	143
28.....	36,9	170
35.....	36,8	180
51.....	36,3	190

Alsberg, C. L. y A. E. Taylor (1) observaron que el índice de yodo de una grasa contenida en una planta disminuye durante un período dado, indicando que los ácidos grasos no saturados del aceite se vuelven saturados probablemente por la adición de oxígeno. A tal fin indican los índices de yodo de algunas de las plantas más comunes :

Grasa o aceite	Índice de yodo
Aceite de lino .....	173-201
» soja .....	137-143
» girasol .....	119-135
» maíz .....	111-130
» algodón .....	108-110
» nabo .....	94-102
» maní .....	83-100
» palma .....	51-57
Manteca de cacao .....	32-41
Aceite de coco .....	8-10

Caskey (junior) C. y W. D. Gallup (6) y Lonzing, E. y R. Raskina (13) realizaron investigaciones sobre el desarrollo de la semilla de algodón, demostrando que el aceite contenido en la misma aumenta regular y muy rápidamente hacia los 50 días, especialmente entre los 20 y 30 días; arriba de los 30 días el aumento en el contenido de aceite es acompañado por la aparición de otros principios, mientras que el azúcar disminuye gradualmente. La fibra insoluble disminuye rápidamente y los constituyentes solubles en el agua también disminuyen hacia los 35-40 días, después de lo cual ambos quedan casi constantes. El valor ácido y de saponificación de los aceites disminuye en relación al aumento de edad de la semilla, mientras que el índice de yodo aumenta hasta los 50 días y luego queda constante.

Un estudio similar sobre la formación de grasas fué realizado por Sahasrabuddhe, D. L. y N. P. Kale (18) con semilla de niger (*Guizotia abyssinica*) cuyo contenido de aceite correspondía a un período máximo de 45 días después que las flores se abrieron, las proteínas aparecen en la semilla 15 días después de la floración y el aceite unos pocos días después, mientras que la cantidad de azúcares reductores es mayor a los 27 días y disminuye a medida que la formación de aceites es completa.

Este autor establece que la síntesis de los ácidos grasos más bajos precede a aquella de los miembros más altos y que las hexosas y pentosas son probablemente las verdaderas fuentes de las grasas y no los polisacáridos; asimismo observó que el índice de yodo aumenta de 90 a 126 durante el último estado de maduración de la semilla.

Barker, M. F. (3) en trabajos realizados sobre lino determinó que posiblemente la síntesis de los aceites comienza casi inmediatamente después de la floración y prosigue comparativamente más lento durante los once primeros días. Al final de este tiempo una rápida acumulación de aceite comienza, aumentando aproximadamente 3% por día, durante unos 10 días, ya que aproximadamente a 21 días del período de floración se encuentra el máximo de aceite. Transcurrido ese lapso de tiempo no se produce ningún aumento apreciable en el contenido de aceite, pero el valor del índice de yodo aumenta en los días subsiguientes de 130 a su valor normal de 180-185.

La acidez de los aceites varía mucho en sus primeros estados, como puede observarse en el estudio particular realizado, cuyos datos se indican a continuación:

*Por ciento de ácidos grasos (como ácido oleico) en los aceites de:*

Días después de la floración	<i>Linum</i> <i>usitatissimum</i>	<i>Linum</i> <i>caribrosum</i>
14.....	4,3	42,0
17.....	—	11,8
20.....	2,1	7,2
23.....	1,1	3,6
28.....	—	1,7
32.....	0,3	—
66.....	0,3	0,4
76.....	0,2	—
84.....	—	0,1

Johnston, I. J. (12) consideró que la fecha de siembra podía influir en el contenido de aceite en el lino, en algunas estaciones pero no en otras.

Ivanov, S. y P. Klokov (11) determinaron que en la semilla de lino de Moscú, el contenido de ácido linolénico aumenta con la madurez de la misma, mientras que el contenido de oleico y especialmente el linoleico disminuye.

También identificaron en semillas de lino verde, girasol y mostaza, aldehida acética y ácidos propiónico, hexanoico, octanoico y decanoico y observaron que en todas las semillas se forman primero los ácidos grasos más bajos, pero éstos en los climas fríos, se transforman en ácidos grasos altos por el proceso de maduración.

Bauer, H. K. (4) estudió el aceite de semilla de girasol madura (de una sola flor principal), comprobando que el índice de yodo queda prácticamente constante en todo el período (143-144), pero observó variaciones en el valor tiocianógeno que indican que el contenido de ácido oleico durante la maduración se eleva constantemente, mientras que el ácido linoleico y saturado disminuyen progresivamente.

Burr, G. O. y E. S. Miller (5) realizaron un estudio de los cocientes respiratorios en el grano de ricino durante el desarrollo y maduración de la semilla, obteniendo resultados que muestran que muchos de los ácidos grasos son sintetizados dentro del fruto, no excluyendo la posibilidad de que se produzca el aporte de algunas grasas de las hojas a otros tejidos. Con este estudio ellos demuestran que la mayor parte de las grasas de la semilla se sintetizan dentro del fruto.

Miller, E. C. (16) determinó que la grasa o aceite de las diferentes partes de la semilla puede tener características que son enteramente diferentes y que los porcentajes de aceite varían en la misma especie bajo diferentes condiciones. Los porcentajes dados por este autor para algunas especies son los siguientes:

Parte de la planta	% de grasa o aceite
Coco .....	65
Nuez de Brasil.....	70
Semilla de ricino.....	60
» girasol .....	45-50
» lino .....	30-35
» algodón .....	15-20
Maní .....	40-50
Cáñamo .....	30-35
Nuez .....	50-65
Almendras .....	40-50
Semilla de tártago .....	35-45
» sésamo .....	50-55
Yemas y hojas de hortalizas .....	2,9
Yemas y hojas de caupí.....	2,6

Pulpa de oliva .....	50
Semilla de kefir.....	25
» feterita.....	24
» milo.....	23
» maíz .....	5
» trigo .....	2,1
» centeno.....	1,8
» arroz .....	1,9
» alforfón.....	2,5
» soja .....	15-20
» nabo .....	33-43
» colza.....	43-53
Yemas y hojas de alfalfa .....	2,3
Yemas y hojas de soja.....	2,5

McCann, L. P. (15) observó que siempre en los primeros estados de síntesis del aceite de tung, se acumula una cantidad apreciable de ácidos libres y se producen insignificantes cambios en las constantes físicas y químicas, tales como índice de yodo, acidez, saponificación, refracción y peso específico del aceite.

Neumann, P. (17) ha observado en plantas de lupino blanco que el contenido de grasa aumenta durante la maduración de la semilla de 2,5 a 11 % y el índice de yodo de 106 a 114,5, mientras que el valor ácido disminuye de 50 a 0.

Sell, A. M. et. al. (19) observaron los cambios que se producen en la composición y actividad biológica durante el desarrollo del fruto de tung, con especial referencia a la síntesis de los aceites, comprobando que las principales reservas de este fruto son: sacarosa, proteína y aceite y que este último se forma a expensas de los azúcares reductores y no reductores, almidón y proteínas.

## III. MATERIAL UTILIZADO

Muestra	Fecha de siembra	Fecha de cosecha		
		1ª	2ª	3ª
<i>Brassica campestris</i> L . . . . . « Nabo » (Crucíferas) DEIP 12.523 <sup>1</sup>	26-VIII-55	1-XII-55	10-XII-55	20-XII-55
<i>Linum usitatissimum</i> L . . . . . Lino « Buck 113 » (Lináceas) DEIP 362	5-VIII-55	1-XII-55	15-XII-55	30-XII-55
<i>Carthamus tinctorius</i> L . . . . . « Falso azafrán » (Compuestas) DEIP 12.330	5-VIII-55	20-XII-55	5-I-56	25-I-56
<i>Helianthus annuus</i> L . . . . . Girasol « Selec. Klein » (Com- puestas) DEIP 12.350	4-XI-55	5-III-56	15-III-56	27-III-56
<i>Sesamum indicum</i> L . . . . . Sésamo « 43-15 » (Pedaliáceas) DEIP 10.573	1-XII-55	15-III-56	2-IV-56	16-IV-56
<i>Glycine max</i> (L.) Merr . . . . . Soja « Lincoln » (Legumino- sas) DEIP 4.703	1-XII-55	2-V-56	16-V-56	29-V-56

El material de referencia fué facilitado por la Cátedra de Cultivos Industriales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata y por la División de Exploraciones e Introducción de Plantas del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación, habiéndose realizado las siembras en el campo didáctico de la Facultad antes mencionada.

Se deja constancia que los cultivos se desarrollaron en condiciones algo anormales en lo que se refiere a temperatura y humedad, lo que obligó a repetir la siembra de sésamo y soja.

## IV. MÉTODOS DE EXPERIMENTACIÓN

El presente estudio fué realizado sobre el aceite extraído de las semillas, en distintos períodos de maduración, de las especies indicadas más arriba.

<sup>1</sup> Número correspondiente al registro de entrada de la División de Exploraciones e Introducción de Plantas.

Para la extracción y determinación del porcentaje de aceite se utilizó la técnica indicada por Lewkowitsch, M. A. (14), utilizando el extractor de Soxhlet y como solvente el benzol.

El índice de yodo fué determinado siguiendo la técnica de Hübl indicada por Lewkowitsch, M. A. (*op. cit.*) y para los índices de acidez y refracción se utilizaron las técnicas indicadas por A. O. A. C. (2) y Lewkowitsch, M. A. (*op. cit.*), utilizando en este último caso el refractómetro tipo Abbe n° 12 de Laboratorios Crudo Camaño.

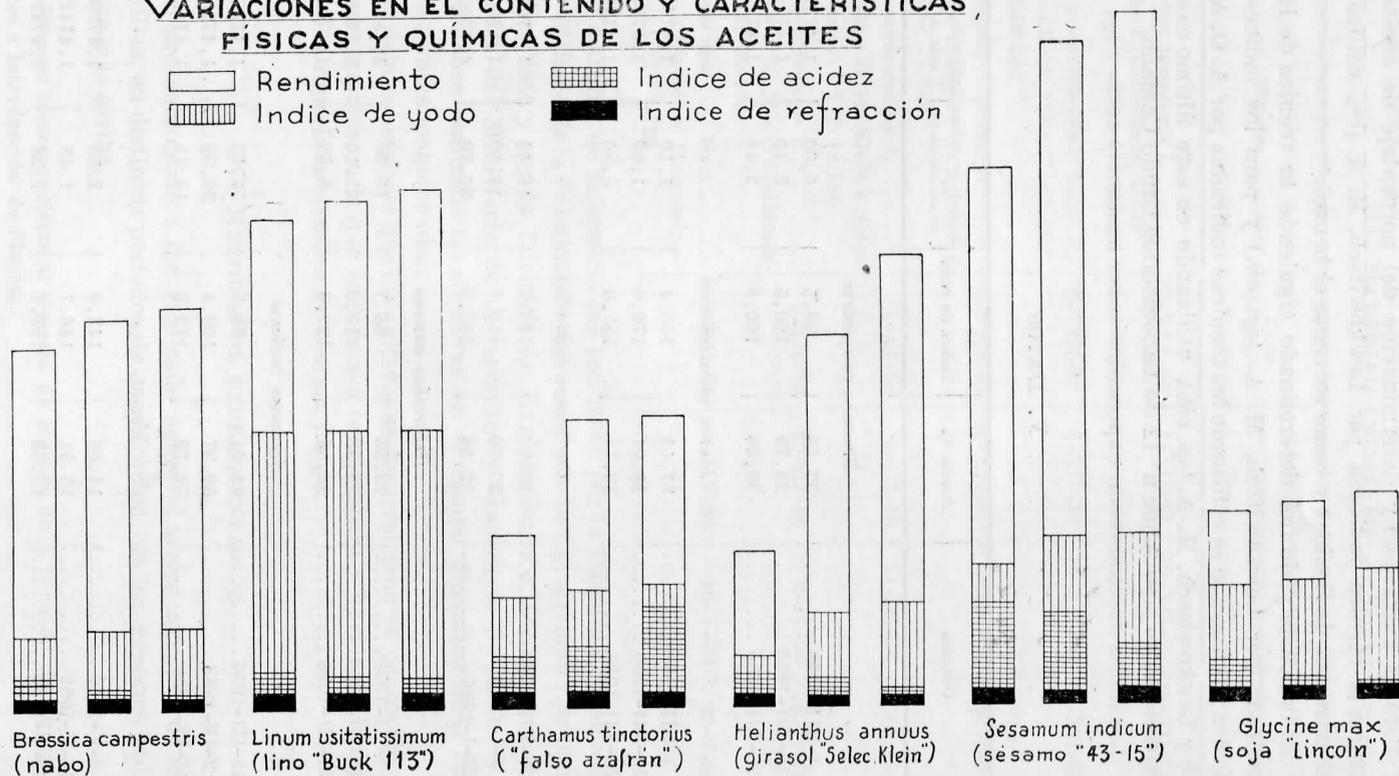
Los datos obtenidos son expresados sobre sustancia seca.

## V. DATOS

Cosecha	Aceite %	Indice de yodo	Indice de acidez en ac. oleico %	Indice de refrac- ción n <sup>20</sup> D
<i>Brassica campestris</i>				
1-XII-1955.....	27,88	98,5	5,00	1,4729
10-XII-1955.....	29,79	100,5	3,40	1,4729
20-XII-1955.....	30,96	100,8	2,48	1,4722
<i>Linum usitatissimum</i>				
1-XII-1955.....	37,43	168,4	1,10	1,4780
15-XII-1955.....	39,01	170,6	1,00	1,4781
30-XII-1955.....	39,74	171,6	0,96	1,4786
<i>Carthamus tinctorius</i>				
20-XII-1955.....	13,26	136,7	16,40	1,4767
5-I-1956.....	21,90	146,9	18,60	1,4750
25-I-1956.....	22,28	150,3	30,70	1,4740
<i>Helianthus annuus</i>				
5-III-1956.....	12,36	66,7	15,30	1,4811
15-III-1956.....	28,35	113,6	12,10	1,4736
27-III-1956.....	34,53	122,3	6,62	1,4731
<i>Sesamum indicum</i>				
15-III-1956.....	42,41	98,5	36,43	1,4730
2-IV-1956.....	50,27	109,4	29,05	1,4715
16-IV-1956.....	52,72	112,2	18,74	1,4712
<i>Glycine max</i>				
2-V-1956.....	14,66	143,9	2,53	1,4750
16-V-1956.....	15,31	146,7	1,45	1,4742
29-V-1956.....	15,83	153,1	1,08	1,4742

## VARIACIONES EN EL CONTENIDO Y CARACTERÍSTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ACEITES

Rendimiento  
 Índice de acidez  
 Índice de yodo  
 Índice de refracción



## VI. SUMARIO

Se realizaron determinaciones de cantidad y calidad de aceite sobre seis especies vegetales cultivadas en el campo didáctico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata.

Las especies cultivadas fueron las siguientes: Nabo (*Brassica campestris* L.), Lino (*Linum usitatissimum* L.), Falso azafrán (*Carthamus tinctorius* L.), Girasol (*Helianthus annuus* L.), Sésamo (*Sesamum indicum* L.) y Soja (*Glycine max* (L.) Merr.)

Las determinaciones se realizaron sobre el aceite extraído de las semillas, en tres períodos de maduración, para cada una de las especies indicadas.

El porcentaje de aceite en todas las especies ensayadas aumenta a medida que aumenta la madurez de las semillas, como puede observarse en el cuadro y gráfica correspondiente.

El índice de yodo de los aceites obtenidos de la semilla de cada una de las especies indicadas aumenta en relación directa al progreso de la maduración de las mismas, como puede observarse en el cuadro y gráfica mencionados, lo que nos indica que al principio hay predominio de los ácidos grasos saturados y hacia al final de la maduración de los no saturados.

El índice de acidez se comporta en relación inversa a la maduración, es decir, que disminuye a medida que progresa la maduración, salvo en el caso del falso azafrán donde aumenta, lo que se debe posiblemente a la materia colorante que posee dicha especie, llamada crocetina, que es de carácter netamente ácido. La disminución de la acidez nos demuestra que en el comienzo de la maduración del fruto hay ácidos grasos libres, los que a medida que avanza ésta se van uniendo con el glicerol para dar origen al glicérido.

En lo que respecta al índice de refracción, en general se observan muy pocas variaciones.

## VII. CONCLUSIONES

1ª El porcentaje de aceite de las especies ensayadas aumenta en relación directa a la maduración de la semilla.

2ª El índice de yodo aumenta también en relación directa a la maduración de la semilla.

3ª Existe una relación inversa entre el período de maduración de la semilla y el índice de acidez, salvo en el caso del *Carthamus tinctorius*, lo que se debe posiblemente a su materia colorante, llamada crocetina.

4ª En general se observa poca variación en los índices de refracción de los aceites obtenidos de semillas en distintos períodos de maduración.

**Conclusions.** — 1. The oil percentage in the seed of the species tested increases in direct relation to their ripening.

2. The iodine index increases too in direct relation to the ripening of the seed.

3. There is an inverse relationship between the seed ripening and the acidity index, except for the case of *Carthamus tinctorius* L. which is due perhaps to the colouring substance called crocetina.

4. In general one can observe little variation in the refraction indices of the oils obtained from the seed in different ripening periods.

#### BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ALSBERG, C. L. AND A. E. TAYLOR. 1928. *The fats and oils*, Liland Stanford Junior Univ. Food Res. Inst. 1.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 1945. *Official and tentative methods of analysis*. Washington.
3. BARKER, M. F. 1932. *The development of oil in the seed of the flax fibre crop and the variations in its character with maturity*. — *J. Soc. Chem. Ind.* 51 : 2181.
4. BAUER, H. K. 1934. *Sunflower oil during ripening of the seed*. — *Chem. Abst.* 28 : 2208.
5. BURR, G. O. AND E. S. MILLER. 1938. *Synthesis of fats by green plants*. — *Bot. Gaz.* 99 : 773.
6. CASKEY JUN., C. AND W. D. GALLUP. 1931. *Changes in the sugar oil and gossypol, content of the developing cotton boll*. — *J. Agr. Res.* 42 : 671-673.
7. LECLERC DU SABLÓN, M. 1896. *Sur la formation des reserves non azotees de la noix et de la amande*. — *Compt. Rend.* 123 : 1084-1086.
8. EYRE, J. V. 1931. *Notes on oil development in the seed of a growing plant*. — *Biochem. J.* 25 : 1902.
9. GERBER, C. 1897. *Étude de la transformation des matières sucrées en huile dans les olives*. — *Compt. Rend.* 125 : 658-661.
10. IVANOV, S. 1912. *Ueber den Stoffwechsel beim Reifen ölhaltigen Samen mit besonderer Berücksichtigung der Ölbildungsprozesse*. — *Beih. Bot. Cent.* I, 28 : 159-191.

11. IVANOV, S. AND P. KLOKOV. 1933. *Oil forming process in plants and its industrial use.* — *Chem. Abst.* 30-4027.
12. JOHNSTON, I. J. 1932. *The relation of agronomic practice to the quantity and quality of the oil in flax seed.* — *J. Agr. Res.* 45 : 239-265.
13. LONZINGER, E. AND R. RASKINA. 1931. *Cotton seed and cottonseed oil at various stages of maturity.* — *Maslob. Shir. Delo.* n° 2-3 : 57.
14. LEWKOWITSCH, M. A. 1916. *Tecnologie et Analyse Chimiques des Huiles, Graisses et Cires.* Tomo 1. París.
15. MCCANN, L. P. 1942. *Development of pistillate flower and structure of the fruit of tung (« Aleurites fordii » Hensel).* — *J. Agr. Res.* 65 : 361-378.
16. MILLER, C. E. 1938. *Plant Physiology.* Second Edition-McGraw-Hill Book Company-New York and London.
17. NEUMANN, P. 1941. *Metabolic experiments with higher decarboxylic acids.* — *Chem. Abst.* 2582.
18. SAHASRABUDDHE, D. L. AND N. P. KALE. 1933. *A biochemical study of the formation of oil in niger seed (« Guizotia abyssinica »).* — *Indian J. Agr. Sci.* 3 : 57 : 88.
19. SELL, A. M., ALBERT H. BEST, WALTER REUTHER AND MATTEW DROSDOFF. 1948. *Changes in chemical composition and biological activity of developing tung fruit with reference to oil synthesis.* — *Plant Physiol.* 23 (3) : 359-372.