

**Библиографический список**

1. Коростелев С.А. Снижение НДС резинового элемента РМШ гусеничного движителя путем выбора рациональной формы / С.А. Коростелев // Совершенствование систем автомобилей, тракторов и агрегатов: сб. ст. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. С. 30-37.
2. Лавендел Э.Э. Расчеты резинотехнических изделий: монография / Э.Э. Лавендел. М.: Машиностроение, 1976. 232 с.
3. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред / Дж. Мейз. М.: Мир, 1974.
4. Уорд И. Механические свойства твердых полимеров / И. Уорд. М.: Химия, 1975.
5. Коростелев С.А. Определение угловой жесткости РМШ гусеничного движителя комбинированного типа / С.А. Коростелев, Д.Ю. Каширский // Вестник КГТУ. Вып. 39. Серия транспорт. 2005. С. 217-222.
6. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов: монография / Л. Сегерлинд. М.: Мир, 1979.
7. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: монография / Р. Галлагер. М.: Мир, 1984.



УДК 633.34.664.0:636.084

Г.М. Харченко

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

На масложировых предприятиях страны вырабатывают широкий ассортимент растительных масел из отечественного и импортного сырья: подсолнечное, хлопковое, соевое, горчичное, кукурузное, кокосовое, кунжутное, оливковое, рапсовое, арахисовое, косточковое, льняное, касторовое и др.

В зависимости от способа очистки выпускают следующие виды растительного масла для розничной торговой сети и сети общественного питания: нерафинированное, подвергнутое только механической очистке; гидратированное, подвергнутое механической очистке и гидратации; рафинированное недезодорированное, подвергнутое механической очистке, гидратации и нейтрализации; рафинированное дезодорированное.

Растительные масла на 94-96% состоят из смесей триглицеридов высших жирных кислот. Оставшуюся часть составляют вещества, близкие к жирам (например, фосфолипиды, стерины, витамины), свободные жирные кислоты и др. компоненты. Плотность растительных масел 870-980 кг/м<sup>3</sup>, а приведенных в таблице 2 – 910-962 кг/м<sup>3</sup>; большинство из масел растворимы в бензине, бензоле, дихлорэтане, сероуглероде, ацетоне, диэтиловом эфире<sub>4</sub>; ограниченно растворяются в этаноле и метаноле, не растворяются в воде. Свойства растительных масел определяются, главным образом, составом и со-

держанием жирных кислот, образующих триглицериды. Обычно это насыщенные и ненасыщенные одноосновные жирные кислоты с неразветвленной углеродной цепью и четным числом атомов углерода (преимущественно C<sub>16</sub> и C<sub>18</sub>). В подавляющем большинстве растительные масла содержат смеси глицеридов различных кислот, в некоторых присутствуют и глицериды одной кислоты. Кроме того, в растительных маслах обнаружены в небольших количествах глицериды жирных кислот с нечетным числом атомов углерода.

В зависимости от состава триглицеридов растительные масла могут быть жидкими (подсолнечное, хлопковое, соевое, рапсовое, кукурузное, льняное и др.) и твердыми (кокосовое, пальмовое, пальмоядровое и др.). У жидких масел, содержащих в основном непредельные кислоты, температура застывания ниже 0°С, у твердых – достигает 40°С. При контакте с O<sub>2</sub> воздуха или при нагревании до 250-300°С многие растительные масла подвергаются окислительной полимеризации («высыхают»), образуя пленки.

При анализе состава растительных масел количество высших жирных кислот, образующихся при омылении, характеризуют числом омыления, степень ненасыщенности – йодным и родановым числами. Компоненты растительных масел, отличные от триглицеридов, подразделяют на омы-

ляемые и неомыляемые. К первым относят свободные жирные кислоты (содержание 1-2%), фосфолипиды (0,5-4%), стерины (0,3-1,3%), воски и воскообразные вещества (0,002-0,4%), пигменты (не более 0,16%), ко вторым – белки (0,1-1,5%), витамины (до 0,5%), углеводороды и др. Свободные жирные кислоты могут содержаться в растительном сырье (семена незрелых растений или семена, самозревающиеся при хранении во влажном состоянии) или образовываться в процессе выделения масла в результате частичного гидролиза триглицеридов (высшие жирные кислоты) и их окисления под действием света и при длительном хранении (низкомолекулярные жирные кислоты – масляная, каприновая, капроновая, каприловая, ацетоуксусная, уксусная). Суммарное содержание свободных кислот (в %) по массе в растительных маслах определяет их кислотность и характеризуется кислотным числом. Наличие свободных низкомолекулярных жирных кислот, растворимых в воде и испаряющихся при нагревании, характеризуется числом Рейхарта-Мейсля; наличие кислот, не растворяющихся в воде, но способных испаряться при нагревании, – числом Поленске. Оба этих числа определяются количеством мл 0,1 н. раствора КОН, расходуемого на нейтрализацию 5 г растительных масел в определенных условиях. Содержание нерастворимых кислот и неомыляемых компонентов характеризуется числом Генера (содержание их в % в 100 г растительного масла). Значения этих показателей приведены в таблице 1 [5].

**Подсолнечное масло** получают из семян подсолнечника методами прессования и экстрагирования. Производство этого масла в нашей стране составляет около 70% выпуска всех растительных масел; в его состав входят незаменимые жирные кислоты, каротины, витамин Е.

Нерафинированное масло имеет выраженный вкус и запах поджаренных подсолнечных семян, светло-желтый цвет, допускается небольшой осадок. По качеству его делят на три сорта – высший, 1-й и 2-й. Масло высшего и 1-го сортов должно быть прозрачным, допускаются лишь отдельные мельчайшие частицы воскоподобных веществ («сетка»), в масле 2-го сорта может быть легкое помутнение. Кислотное число (в мг КОН, не более) нерафинированного масла высшего сорта – 1,5, масла 1-го сорта – 2,25, масла 2-го сорта – 6.

Гидратированное масло вырабатывают высшего, 1-го и 2-го сортов. В отличие от нерафинированного такое масло не имеет осадка; во 2-м сорте допускается легкое помутнение.

Рафинированное масло выпускают недезодорированным и дезодорированным. Дезодорированное масло по вкусу и запаху является обезличенным, недезодорированное имеет слегка выраженные вкус и запах подсолнечных семян, масло прозрачное, не содержит отстоя, кислотное число – не более 0,4. Для поставки в торговую сеть и на предприятия общественного питания предназначается рафинированное дезодорированное подсолнечное масло [1].

**Хлопковое масло** получают из семян хлопчатника прессовым и экстракционным способами. Выработка хлопкового масла составляет более 20% общего объема производства растительных масел в нашей стране. Особенностью хлопковых семян является содержание в них специфического пигмента (госсипола), который придает маслу интенсивный коричневый и бурый цвет. Госсипол обладает ядовитыми свойствами, поэтому в пищу хлопковое масло используют только после рафинации.

Рафинированное хлопковое масло подразделяют на рафинированное недезодорированное и рафинированное дезодорированное. Рафинированное дезодорированное хлопковое масло подразделяют на высший и 1-й сорта, а рафинированное недезодорированное – на высший, 1-й и 2-й. Для пищевых целей предназначается рафинированное масло высшего и 1-го сортов. Рафинированное хлопковое масло имеет светло-желтый цвет и не содержит отстоя. Масло должно быть без запаха и постороннего привкуса. Кислотное число масла высшего сорта – не более 0,2, масла 1-го сорта – не более 0,3.

В состав глицеридов хлопкового масла входит около 22% пальмитиновой кислоты, которая имеет высокую температуру плавления. При понижении температуры до 10...12°C происходит расслоение масла на фракции с выделением твердых глицеридов. Отделяя жидкую фракцию путем фильтрации или прессования, получают так называемое салатное хлопковое масло. Твердая фракция хлопкового масла используется в составе маргарина, кулинарных и кондитерских жиров [2].

**Соевое масло** получают из семян сои методами прессования и экстрагирования. Выработка этого масла составляет около 9% общего объема производства расти-

тельных масел в нашей стране. Наряду с маслом важными компонентами семян сои являются белки (30-50%) и фосфатиды (0,55-0,60%). Белки сои обладают высокой биологической ценностью и используются для пищевых и кормовых целей. Соевое масло выпускают следующих видов: гидратированное, рафинированное недезодорированное и рафинированное дезодорированное. Гидратированное масло по качеству подразделяют на 1-й и 2-й сорта, рафинированное – на сорта не делят. Для торговой сети и общественного питания предназначается рафинированное дезодорированное соевое масло и гидратированное масло 1-го сорта.

Для соевого масла характерны бурые оттенки цвета. Масло должно быть прозрачным, без отстоя. Кислотное число гидратированного масла 1-го сорта – не более 1, рафинированного – 0,3.

Фильтрующая коническая центрифуга, как показывают исследования [5], обеспечивает очистку соевого масла до следующих показателей: кислотность соевого масла – 0,459 мг КОН/г, массовое содержание механических примесей – 0,089%. При проведении исследований использовалось соевое масло, полученное прессованием. В таблице 2 приведены экспериментальные данные о плотности и кинематической вязкости соевого масла в зависимости от температуры. Соевое масло получено гидростатической очисткой при высоте слоя фильтрующего материала  $H = 1,4$  м, при температуре масла в процессе очистки в  $20^{\circ}\text{C}$ , диаметр частиц фильтрующего материала (цеолита) варьировал и составлял 0,002 и 0,01 м.

В результате обработки получены уравнения:

при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,002$  м:

$$\rho_t = -0,33 t + 939,72, \quad (1)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2 = 0,83$ ;

при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,01$  м:

$$\rho_t = -0,8433 t + 944,32, \quad (2)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2 = 0,99$ .

В полученных уравнениях приняты следующие обозначения:

$\rho_t$  – плотность соевого масла,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$t$  – температура соевого масла в процессе эксперимента,  $^{\circ}\text{C}$ .

Зависимость кинематической вязкости масла  $\nu$  ( $\text{м}^2/\text{с}$ ) от температуры  $t^{\circ}\text{C}$ , полученного гидростатическим фильтрованием:

при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,002$  м:

$$\nu = -0,0084 t + 0,6871, \quad (3)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2 = 0,98$ ;

при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,01$  м:

$$\nu = -0,0092 t + 0,7003, \quad (4)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2 = 0,99$ .

График зависимости плотности этого соевого масла  $\rho_t$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) от температуры  $t^{\circ}\text{C}$  приведен на рисунке. Анализ графика показывает, что плотность масла, полученного при фильтровании через слой цеолита с размерами частиц  $d = 0,002$  м снижается с повышением температуры более интенсивно, чем у полученного при диаметре частиц  $d = 0,01$  м. Очевидно, это зависит от количества примесей. Чем больше примесей в масле (при  $d = 0,01$  м), тем меньше интенсивность.

**Кукурузное масло** получают из зародышей семян кукурузы, которые содержат от 30 до 50% жира. При производстве маисового крахмала и муки зародыш отделяется от остальной части зерна, так как большое содержание в нем жира отрицательно влияет на качество этих продуктов.

Вырабатывают кукурузное масло нерафинированное, рафинированное дезодорированное и рафинированное недезодорированное. В торговую сеть и на предприятия общественного питания направляется рафинированное дезодорированное масло. Это масло без запаха, имеет желтый цвет, не содержит осадка, вкус обезличенный, кислотное число – не более 0,4. На сорта его не подразделяют.

Биологическая ценность кукурузного масла обусловлена высоким содержанием в нем биологически активной линолевой кислоты, а также витамина Е (75 мг на 100 г масла) [6].

**Горчичное масло** вырабатывают из семян горчицы методом прессования: жмых используют для получения горчичного порошка. Горчица содержит вещества, которые придают маслу специфические вкус и аромат. К таким веществам относят тиогликозиды и продукты их гидролиза.

Выпускают горчичное масло нерафинированным, высшего, 1-го и 2-го сортов. Для непосредственного употребления в пищу предназначается масло высшего и 1-го сортов с кислотным числом, соответственно, не более 1,5 и 2,3. Масло имеет светло-коричневый цвет. Ввиду выраженного вкуса и аромата горчичное масло применяется в консервном производстве [3].



Таблица 2

Зависимость плотности и кинематической вязкости соевого масла, полученного при температуре 20°C гидростатической фильтрацией через слой цеолита  $H = 1,4$  м, от температуры

№ опыта	Температура $t$ , °C	Плотность $\rho_t$ , кг/м <sup>3</sup>		Кинематическая вязкость $\nu$ , с м <sup>2</sup> /с	
		$d = 0,002$ м	$d = 0,01$ м	$d = 0,002$ м	$d = 0,01$ м
1	20	928,1	934,4	0,5236	0,5271
2	35	913,5	925,6	0,3684	0,3749
3	50	902,8	924,5	0,2487	0,2742

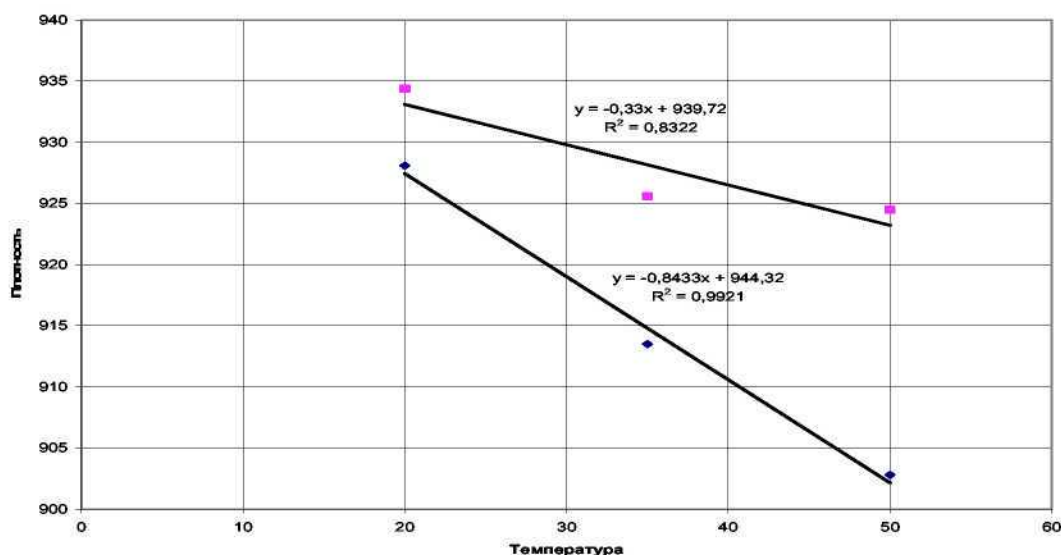


Рис. Зависимость плотности соевого масла  $\rho_t$  (кг/м<sup>3</sup>), очищенного при температуре 20°C гидростатическим фильтрованием через слой цеолита высотой  $H = 1,4$  м и диаметре частиц цеолита 0,002 и 0,01 м, от температуры  $t$ °C

**Оливковое масло** получают из мякоти плодов оливкового дерева, произрастающего на Кавказском побережье. Масло прессового способа имеет золотисто-желтый цвет, иногда с зеленоватым оттенком. Рафинированное оливковое масло почти бесцветно, имеет едва уловимый запах, приятный вкус. Оливковое масло содержит от 55 до 85% ценной олеиновой кислоты.

**Льняное масло** вырабатывают из семян льна методами прессования и экстрагирования. Оно содержит около 50% линоленовой кислоты, поэтому нестойко при хранении, быстро окисляется на воздухе, приобретая специфический запах олифы. Льняное масло используется главным образом для технических целей и лишь частично как пищевое [4].

Приведенные данные о свойствах растительных масел необходимы при исследовании и проектировании фильтрующих машин для очистки конкретных растительных масел, в частности, конических фильтрующих центрифуг. Необходимы такие данные, как плотность масел, со-

держание сухого вещества, требования к уровню качественных показателей и др. Плотность масел колеблется от 910 (абрикосовое) до 962 (касторовое) кг/м<sup>3</sup>, содержание масла (в % от сухого вещества) колеблется от 13% в соевом масле до 72% в кокосовом.

#### Библиографический список

1. Тютюнников Б.Н. Химия жиров / Б.Н. Тютюнников. М., 1974.
2. Беззубов Л.П. Химия жиров / Л.П. Беззубов. 3-е изд. М., 1975.
3. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья / В.Г. Щербаков. 3-е изд. М., 1979.
4. Паронян В.Х. Моделирование и оптимизация процессов рафинации жиров / В.Х. Паронян, Ю.И. Новокшенов. М., 1985.
5. Davies J.T. Turbulence phenomena / J.T. Davies. N.Y.-L., 1972.
6. Smits G. Losses in alkali neutralization of edible oils / G. Smits. Groningen, 1977.