

УДК 577.115.3:581.19

Оптимизация витаминного и жирнокислотного состава растительных масел

Е.И. Кацнельсон, А.А. Чиркин

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Растительные масла природного происхождения не сбалансированы по соотношению полиненасыщенных жирных кислот и жирорастворимых витаминов. Наиболее технологически и экономически эффективным способом повышения биологической ценности растительных масел является их купажирование, т.е. смешивание.

Цель работы – обосновать количественные соотношения между отдельными видами исследуемых масел и полиненасыщенными жирными кислотами и жирорастворимыми витаминами в их составе при создании рецептур двухкомпонентных смесей растительных масел с высокой биологической ценностью и окислительной стойкостью, оптимизированных по соотношению витаминов А и Е и омега-3, омега-6 жирных кислот.

Материал и методы. *В работе использованы 10 образцов растительных масел: подсолнечное, соевое, кукурузное, хлопковое, оливковое, рапсовое, горчичное, ореховое, масло виноградных косточек и масло зародышей пшеницы. В образцах этих масел спектрофлуорометрическим методом определяли содержание витаминов А и Е. Содержание линолевой и линоленовой жирных кислот в этих образцах масел было заимствовано из данных литературных источников.*

Результаты и их обсуждение. *По сбалансированности витаминного и жирнокислотного состава масел (по сумме мест незаменимых компонентов) на первые места выходят масло зародышей пшеницы, соевое масло, хлопковое масло, затем располагаются масло виноградных косточек, кукурузное масло, ореховое масло, подсолнечное масло, рапсовое масло, горчичное масло и замыкает список проанализированных образцов растительных масел оливковое. Наиболее экономичным способом расчета рецептур двухкомпонентных масел-смесей, сбалансированных по соотношению как полиненасыщенных омега-3, омега-6 жирных кислот, так и жирорастворимых витаминов А и Е, оказалось составление и решение систем уравнений с неограниченным числом переменных.*

Ключевые слова: *растительное масло, витамины А и Е, линолевая и линоленовая жирные кислоты, купажирование.*

Optimization of Vitamin and Fatty Acid Composition of Vegetable Oils

E.I. Katsnelson, A.A. Chyrkin

Educational establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masherov»

Vegetable oils of natural origin are not balanced by the ratio of polyunsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins. The most technologically and cost-effective way to improve the biological value of vegetable oils is their blending, i.e. mixing.

The purpose of the research is to justify the quantitative ratio between different types of the studied oils and polyunsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins in their structure while creating recipes of binary mixtures of vegetable oils with a high biological value and oxidative stability, optimized according to the ratio of vitamins A and E and omega-3, omega-6 fatty acids.

Material and methods. *We used 10 samples of vegetable oils: sunflower, soybean, corn, cottonseed, olive, canola, mustard, peanut, grape seed oil and wheat germ oil. In samples of these oils the content of vitamins A and E was identified by means of spectrofluometry. The content of linoleic and linolenic fatty acids in these oils samples was borrowed from the literature data.*

Findings and their discussion. *According to the balance of vitamins and fatty acid composition of oil (the sum of the essential components places) wheat germ oil, soybean oil and cottonseed oil come first, then grape seed oil, corn oil, peanut oil, sunflower oil, rapeseed oil, mustard oil follow and the list of the analyzed samples of vegetable oils is finished with olive oil. The most economical method of calculating recipes of two-component mixtures of oils, balanced both by the ratio of polyunsaturated omega-3, omega-6 fatty acids and fat-soluble vitamins A and E, turned out to be making up and solving systems of equations with an unlimited number of variables.*

Key words: *vegetable oil, vitamins A and E, linolenic and linoleic fatty acids, blending.*

Жирорастворимые витамины и полиненасыщенные жирные кислоты (линолевая, линоленовая жирные кислоты) являются незаменимыми компонентами пищи и определяют ее биологическую ценность. Жирорастворимые витамины гидрофобны и растворяются в органических растворителях. Они термостабильны, устойчивы к изменению pH среды. Особенностью всех жирорастворимых витаминов является их возможность всасывания в кишечнике только в присутствии жиров. Высшие животные и человек утратили способность вводить в жирные кислоты две или три двойные связи, поэтому такие полиненасыщенные жирные кислоты относятся к незаменимым [1]. Существует также условный термин «витамин F», под которым понимается общность нескольких незаменимых жирных кислот: олеиновой, арахидоновой, линолевой и линоленовой. Эту группу веществ иногда относят к витаминоподобным жирорастворимым веществам. Незаменимые жирные кислоты важны для сердечно-сосудистой системы: препятствуют развитию атеросклероза, улучшают кровообращение, обладают кардиопротекторным и антиаритмическим действием. Полиненасыщенные жирные кислоты уменьшают воспалительные процессы в организме, улучшают питание тканей. Полиненасыщенные жирные кислоты классифицируются по месту нахождения двойной связи в цепочке. При этом используется обратная система нумерации, так как физиологические свойства этих кислот зависят от положения двойных связей относительно противоположного конца молекулы, от ω (омега)-атома [1–2].

Растительные масла – продукты, извлекаемые из растительного сырья и состоящие из триглицеридов, жирных кислот и сопутствующих им веществ (фосфолипидов, свободных жирных кислот, стеролов, веществ, придающих окраску и др.). Растительные масла природного происхождения не сбалансированы по соотношению полиненасыщенных жирных кислот и жирорастворимых витаминов, поэтому масла с заданным составом витаминов А и Е и жирных кислот получают искусственно, например путем селекции или генетической модификации масличных культур, но наиболее технологически и экономически эффективным является купажирование растительных масел различного витаминного и жирнокислотного состава [3].

В современных условиях производство обогащенных или функциональных продуктов питания является приоритетным направлением пищевой индустрии. Для полноценного питания необходимы растительные масла, устойчивые к окис-

лительным процессам и сбалансированные по основным физиолого-биохимическим показателям. Для таких масел (функционального назначения) определяющими показателями являются соотношения полиненасыщенных ω -3 и ω -6 жирных кислот и жирорастворимых витаминов А и Е. Поэтому для формирования научно обоснованного ассортимента комбинированных растительных масел, отвечающих современным требованиям к сбалансированному питанию, с оптимальным составом, повышенной пищевой, в том числе биологической, ценностью, требуются дополнительные исследования, основанные на смешивании масел с известным составом. Для растительных масел с целью оптимизации витаминного и жирнокислотного состава используется метод купажирования. Последние исследования показывают, что обогащенные масла содержат от 15 до 50% от суточной потребности жирорастворимых витаминов [4–6].

Среди возможных способов получения метаболически полноценных, стойких к окислению растительных масел наиболее экономичным по сравнению с направленной селекцией и генной инженерией является создание смесей масел заданного жирнокислотного и витаминного состава [3]. Приводимые в литературе оптимальные соотношения полиненасыщенных жирных кислот и витаминов А и Е в пищевых растительных маслах противоречивы и, как правило, не содержат оценки рекомендуемых масел по биологической ценности [6–7].

Объект исследования – растительные масла. Предмет исследования – содержание жирорастворимых витаминов А и Е и полиненасыщенных омега-3, омега-6 жирных кислот в растительных маслах.

Цель работы – обосновать количественные соотношения между отдельными видами исследуемых масел и полиненасыщенными жирными кислотами и жирорастворимыми витаминами в их составе при создании рецептур двухкомпонентных смесей растительных масел с высокой биологической ценностью и окислительной стойкостью, оптимизированных по соотношению витаминов А и Е и омега-3, омега-6 жирных кислот.

Актуальность исследования определяется тем, что одним из перспективных направлений инновационного развития масложировой промышленности является создание новых и совершенствование существующих технологий получения и переработки растительных масел, позволяющих получать масла высокой пищевой и биологической ценности, которые необходимы для производства высококачественных продуктов

питания. В соответствии с концепцией здорового питания следует увеличивать потребление разнообразных растительных жиров и масел, являющихся источниками полиненасыщенных жирных кислот, жирорастворимых витаминов и биологически активных веществ. Современная концепция здорового питания основывается на представлении о высокой биологической роли растительных масел, являющихся незаменимыми компонентами питания. В связи с этим исследования, посвященные биохимическому обоснованию жирнокислотного и витаминного состава растительных масел, являются актуальными и имеют теоретическое значение для биохимии липидов и прикладное для пищевой химии. Разработка конкурентоспособных технологий получения жировых продуктов, обогащенных жирорастворимыми витаминами и обладающих функциональными свойствами за счет содержания биологически активных веществ и предназначенных для систематического употребления различными группами населения, приобретает особую актуальность [3; 6].

Материал и методы. В исследовании использованы 10 образцов растительных масел: подсолнечное, соевое, кукурузное, хлопковое, оливковое, рапсовое, горчичное, ореховое, масло виноградных косточек и масло зародышей пшеницы. В образцах этих масел спектрофлуориметрическим методом определяли содержание витаминов А и Е. Для этого в пробирки наливали по 0,5 мл образцов растительного масла, раствор этанола 1,5 мл и 1 мл гексана и содержимое пробирок осторожно встряхивали. После расслоения фаз отбирали аликвоты, содержащие витамины, определяли в них содержание витаминов А и Е с помощью анализатора серии «Флюорат» и выражали их количество в мг/дм³. Содержание линолевой и линоленовой жирных кислот в этих образцах масел было заимствовано из данных литературных источников [3–7].

Методика оптимизации смешивания масел для получения наиболее биологически ценного конечного продукта включала следующие этапы. Известен способ расчета рецептур двухкомпонентных масел-смесей, сбалансированных по соотношению ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот, жирорастворимых витаминов А и Е, путем составления и решения системы уравнений с неограниченным числом переменных [3]. Предварительный подбор исходных растительных масел из существующего ассортимента обеспечивает выбор масел, наиболее выгодных с учетом поставленной цели и объективных фак-

торов: органолептических и физико-химических свойств, химического состава (состава и содержания жирных кислот, витаминов, биофлавоноидов), стоимости и иных условий. Обработка данных о жирнокислотном составе исходных масел с помощью системы уравнений позволяет подобрать их оптимальное соотношение в составе смеси. Разработанная система уравнений с неограниченным числом переменных применима к растительным маслам различного состава. На ее основе достигается регулирование рецептур растительных масел-смесей с учетом их потребительских свойств, в том числе жирнокислотного состава. Это позволяет управлять качеством и стоимостью растительных масел, балансировать состав одних масел, бедных незаменимыми полиненасыщенными жирными кислотами, путем смешивания с маслами, содержащими такие кислоты, что в конечном итоге обеспечивает необходимый биологический эффект готового продукта. В итоге данный способ предоставляет возможность получения неограниченного числа рецептур масел-смесей, сбалансированных по соотношению омега-6 и омега-3 жирных кислот. Разработанная методика позволяет получать смешанные масла различного состава, количества компонентов (двух, трех, четырех и более) и использовать практически все имеющиеся ресурсы масличного сырья для производства смесей.

Результаты и обсуждение. Витаминный и жирнокислотный составы исследуемых растительных масел представлены в табл. 1.

Из анализа данных табл. 1 следует, что по содержанию витамина А исследованные образцы растительных масел распределились в последовательности: масло зародышей пшеницы > соевое масло, масло виноградных косточек > кукурузное масло > рапсовое масло > ореховое масло > горчичное масло > оливковое масло > хлопковое масло. По содержанию витамина Е исследованные образцы растительных масел распределились в последовательности: масло зародышей пшеницы > хлопковое масло > соевое масло > кукурузное масло > подсолнечное масло > масло виноградных косточек > горчичное масло, рапсовое масло > оливковое масло.

По содержанию линоленовой кислоты образцы растительных масел распределились в последовательности: ореховое масло, рапсовое масло > подсолнечное масло, рапсовое масло > хлопковое масло > рапсовое масло > соевое масло > масло зародышей пшеницы > горчичное масло > хлопковое масло > оливковое масло > масло виноградных косточек.

Таблица 1

Витаминный и жирнокислотный состав исследуемых растительных масел

Название растительного масла	Содержание витамина А в растительном масле, мг/дм ³	Содержание витамина Е в растительном масле, мг/дм ³	Содержание линоленовой ЖК в растительном масле, %	Содержание линолевой ЖК в растительном масле, %
Подсолнечное	0,03±0,01	80±7,1	66,4	1,2
Соевое	0,15±0,006	112±8,6	12	58,6
Кукурузное	0,07±0,01	94±12,7	3,6	55,7
Хлопковое	0,01±0,002	150±18,1	15,1	69,7
Оливковое	0,015±0,001	15±4,1	3,2	12,5
Рапсовое	0,05±0,02	15±4,6	12,1	21,6
Масло виноградных косточек	0,15±0,006	75±5,9	3	67
Масло зародышей пшеницы	0,18±0,05	400±11,6	11	57
Горчичное	0,03±0,01	30±4,6	5,6	23,4
Ореховое	0,035±0,01	28±2,7	69,7	15,1

Таблица 2

Оптимальные соотношения растительных масел в составе двухкомпонентных смесей, оптимизированных по витаминному и жирнокислотному составам

Смесь растительных масел	Содержание масла ₁ в смеси в %	Содержание масла ₂ в смеси в %
Оптимизация по витаминному составу		
Подсолнечное–соевое	58,6	41,4
Подсолнечное–кукурузное	54,2	45,8
Подсолнечное–хлопковое	65,2	34,8
Подсолнечное–оливковое	15,6	84,4
Подсолнечное–рапсовое	16,0	84,0
Подсолнечное–масло виноградных косточек	51,2	48,8
Подсолнечное–масло зародышей пшеницы	83,4	16,6
Подсолнечное–горчичное	27,5	72,5
Подсолнечное–ореховое	26,1	73,9
Оптимизация по жирнокислотному составу		
Подсолнечное–соевое	48,1	51,9
Подсолнечное–кукурузное	74,0	26,0
Подсолнечное–хлопковое	50,0	50,0
Подсолнечное–оливковое	81,0	19,0
Подсолнечное–рапсовое	56,8	43,2
Подсолнечное–масло виноградных косточек	37,6	62,4
Подсолнечное–масло зародышей пшеницы	38,2	61,8
Подсолнечное–горчичное	29,0	71,0
Подсолнечное–ореховое	49,9	50,1

По содержанию линолевой кислоты исследованные образцы растительных масел распределились в последовательности: хлопковое масло > масло виноградных косточек > соевое масло > масло зародышей пшеницы > кукурузное масло > горчичное масло > рапсовое масло > ореховое масло > оливковое масло > подсолнечное масло.

Если оценить сбалансированность витаминного и жирнокислотного состава масел (по сумме мест незаменимых компонентов), то на первые места выходят масло зародышей пшеницы, соевое масло, хлопковое масло, затем располагаются масло виноградных косточек, кукурузное масло, ореховое масло, подсолнечное масло, рапсовое масло, горчичное масло и замыкает список проанализированных образцов растительных масел оливковое. Большие различия в содержании жирорастворимых витаминов и полиненасыщенных жирных кислот были типичны для хлопкового масла, масла виноградных косточек, подсолнечного масла, орехового масла. Отсюда очевидна необходимость смешивания различных масел для повышения биологической ценности конечного продукта. Для этого в данной работе использовался способ расчета рецептур двухкомпонентных масел-смесей, сбалансированных по соотношению витаминов А и Е, полиненасыщенных жирных кислот, путем составления и решения системы уравнений с неограниченным числом переменных [3]:

$$\begin{cases} \frac{\sum_{i=2}^n x_i l_i}{\sum_{i=2}^n y_i l_i} = k, \\ \sum_{i=2}^n l_i = 1, \quad 0 < l_i < 1, \end{cases}$$

где n – количество масел в составе смеси;

$x_i(y_i)$ – массовая доля жирорастворимых витаминов (полиненасыщенных жирных кислот) в i -м масле, масса/100 г;

k – коэффициент соотношения содержания витаминов А и Е (омега-3 и омега-6 жирных кислот) в составе смеси масел, устанавливаемый в соответствии с требованиями диетологов;

l_i – массовая доля i -го масла в составе смеси.

Для определения оптимального соотношения масел в составе смеси составляется и решается система уравнений. Для расчета использовали данные о содержании линолевой (ω -6) и линолевой (ω -3) жирных кислот и жирорастворимых

витаминов А и Е в смешиваемых маслах (табл. 1) и коэффициент k , принятый равным 9.

Технический результат достигается тем, что способ получения растительных масел-смесей, предусматривающий расчет рецептуры масла-смеси, сбалансированной по соотношению омега-3 и омега-6 жирных кислот, жирорастворимых витаминов А и Е, включает согласно предлагаемому решению предварительный подбор растительных масел с учетом их состава, органолептических и физико-химических свойств, определение их фактического жирнокислотного, витаминного состава и расчет рецептур смесей, сбалансированных по соотношению омега-3 и омега-6 жирных кислот, жирорастворимых витаминов А и Е, путем составления и решения системы уравнений с неограниченным числом переменных.

Для составления двухкомпонентных смесей растительных масел были выбраны масла подсолнечное, соевое, кукурузное, хлопковое, оливковое, горчичное, рапсовое, ореховое, зародышей пшеницы, виноградных косточек, являющиеся источниками полиненасыщенных омега-3 и омега-6 жирных кислот, витаминов А и Е соответственно. Результаты представлены в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 соотношения масел в бинарных смесях позволяют совершенствовать процесс купажирования на научной основе и отказаться от эмпирического подхода.

Заключение. Таким образом, наиболее экономичным способом расчета рецептур двухкомпонентных масел-смесей, сбалансированных по соотношению как полиненасыщенных омега-3, омега-6 жирных кислот, так и жирорастворимых витаминов А и Е, оказалось составление и решение систем уравнений с неограниченным числом переменных. Необходимо купажировать различные растительные масла для создания оптимального соотношения жирных кислот и жирорастворимых витаминов. Биологическая ценность исследуемых растительных масел зависит от содержания витаминов А и Е и омега-3, омега-6 жирных кислот в составе триацилглицеролов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чиркин, А.А. Биохимия: учеб. руководство / А.А. Чиркин, Е.О. Данченко. – М.: Мед. лит., 2010. – 624 с.
2. Таганович, А.Д. Биологическая химия / А.Д. Таганович [и др.]. – Минск: БИНОМ, 2008. – 688 с. – С. 126–127.
3. Щербин, В.В. Биохимическое обоснование влияния жирнокислотного состава смесей растительных масел на их биологическую ценность и окислительную стойкость при хранении: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 03.00.04 / В.В. Щербин. – Краснодар, 2005. – 25 с.
4. Нечаев, А.П. Научные основы технологий получения функциональных жировых продуктов нового поколения / А.П. Нечаев // Масла и жиры. – 2007. – № 8. – С. 26–27.

5. Нечаев, А.П. Растительные масла функционального назначения / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова // Масложировая промышленность. – 2005. – № 3. – С. 20–21.
6. О’Брайен, Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / Р. О’Брайен; пер. с англ. 2-го изд. В.Д. Широкова, Д.А. Бабейкиной, Н.С. Селивановой, Н.В. Магды. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
7. Николаева, С.В. Применение метода линейного программирования для оптимизации смесей растительных масел / С.В. Николаева [и др.] // Масложировая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 23–24.
3. Shcherbyn V.V. *Biokhimicheskoye obosnovaniye vliyaniya zhirnokislitnogo sostava smesei rastitelnykh masel na ikh biologicheskuyu tsennost i okislitelnyuyu stoikost pri khraneni: avtoreferat diss. ... kand. tekhn. nauk* [Biochemical Justification of the Impact of Oily Acid Composition of Vegetable Oil Mixtures on their Biological Value and Oxidation Stability while Storage: PhD (Technology) Dissertation Summary], Krasnodar, 2005, 25 p.
4. Nechayev A.P. *Masla i zhyri* [Oils and Fats], 2007, 8, pp. 26–27.
5. Nechayev A.P., Kochetkova A.A. *Maslozhirovaya promyshlennost* [Oil and Fat Industry], 2005, 3, pp. 20–21.
6. O’Brien R. *Zhyri I masla. Proizvodstvo, sostav i svoistva, primeneniye* [Fats and Oils. Manufacturing, Composition and Features, Application], Transl. from English by V.D. Shyrokov, D.A. Babei-kina, N.S. Selivanova, N.V. Magda, SPb, Professiya, 2007, 752 p.
7. Nikolayeva S.V. *Maslozhirovaya promyshlennost* [Oil and Fat Industry], 2007, 1, pp. 23–24.

REFERENCES

1. Chyrkin A.A., Danchenko E.O. *Biokhimiya. Uchebnoye rukovodstvo* [Biochemistry. Guidelines], M., Med. lit., 2010, 624 p.
2. Taganovich A.D. *Biologicheskaya khimiya* [Biological Chemistry], Minsk, BINOM, 2008, 688 p.

Поступила в редакцию 09.06.2015

Адрес для корреспонденции: e-mail: chir@tut.by – Чиркин А.А.