

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2359>
<https://elibrary.ru/NWMHFW>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Содержание изофлавоноидов в сое и пищевых продуктах с ее использованием



Е. С. Стаценко^{1,*}, М. А. Штарберг², Е. А. Бородин²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сои , Благовещенск, Россия

² Амурская государственная медицинская академия
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Благовещенск, Россия

Поступила в редакцию: 14.01.2022

Принята после рецензирования: 09.02.2022

Принята в печать: 11.04.2022

*Е. С. Стаценко: ses@vniisoi.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-2240-0614>

М. А. Штарберг: <https://orcid.org/0000-0002-4656-638X>

Е. А. Бородин: <https://orcid.org/0000-0002-0983-4541>

© Е. С. Стаценко, М. А. Штарберг, Е. А. Бородин, 2022



Аннотация.

Изофлавоноиды – это нестероидные химические вещества растительного происхождения. Необходимость исследования количества изофлавоноидов в соесодержащих пищевых продуктах связана с их воздействием на организм человека. Целью исследования стало определение содержания изофлавоноидов в выращиваемом в Амурской области сорте сои Сентябрька и в соесодержащих продуктах.

В работе использовано соевое зерно сорта Сентябрька селекции ВНИИ сои. Содержание изофлавоноидов в сое, соево-тыквенной окаре и разработанных соево-тыквенных напитках и десертах, а также крекере с соево-тыквенной окаркой определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Миллихром Ф-02.

Установлено, что в сое сорта Сентябрька общее содержание изофлавоноидов составляет 221,10 мг/100 г. В исследованных пищевых продуктах оно составило, мг/100 г: в десерте соево-тыквенном – 44,50, десерте соево-тыквенном жележном – 36,15, крекере с соево-тыквенной окаркой – 30,80, напитке «Белковый дальневосточный» – 21,19, напитке «Витаминный дальневосточный» – 12,72. В сое и соесодержащих продуктах идентифицированы три изофлавоноида – генистеин, диадзеин (мажорные) и глицитеин (минорный), – присутствующие в виде агликонов, гликозидов (генистин, диадзин и глицитин) и малонилпроизводных гликозидов. Среди индивидуальных форм изофлавоноидов наблюдается наибольшее содержание малонил диадзина и малонил генистина как в соевом зерне, так и в соесодержащих пищевых продуктах: от 42,56 (в крекере с соево-тыквенной окаркой) до 67,50 % (в соевом зерне).

Содержание изофлавоноидов в разработанных соесодержащих пищевых продуктах зависит от особенностей рецептуры и технологии их получения, а именно от количества вводимой в состав продукта сои. Ежедневный прием 200 г соево-тыквенного напитка или 100 г крекера с соево-тыквенной окаркой, или соево-тыквенного или соево-тыквенного жележного десертов удовлетворяет потребности в изофлавоноидах и может сопровождаться благоприятными биологическими эффектами для организма человека.

Ключевые слова. Соя, тыква, изофлавоноиды, напитки, десерты, окара, крекер, функциональные продукты

Для цитирования: Стаценко Е. С., Штарберг М. А., Бородин Е. А. Содержание изофлавоноидов в сое и пищевых продуктах с ее использованием // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 2. С. 222–232. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2359>

Isoflavonoids in Soy and Soy-Containing Foods

Ekaterina S. Statsenko^{1,*}, Mikhail A. Shtarberg², Eugene A. Borodin²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Soybean^{ROR}, Blagoveshchensk, Russia

² Amur State Medical Academy of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Blagoveshchensk, Russia

Received: 14.01.2021

Revised: 09.02.2022

Accepted: 11.04.2022

*Ekaterina S. Statsenko: ses@vniisoi.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-2240-0614>

Mikhail A. Shtarberg: <https://orcid.org/0000-0002-4656-638X>

Eugene A. Borodin: <https://orcid.org/0000-0002-0983-4541>

© E.S. Statsenko, M.A. Shtarberg, E.A. Borodin, 2022



Abstract.

Soy is exceptionally rich in isoflavonoids, which are linked to various health benefits. The aim of the research was to determine the content of isoflavonoids in soy and some soy-containing foods.

The research featured the Sentyabrinka soy variety developed at the All-Russian Research Institute of Soy, as well as such novel soy-containing foods as soy-and-pumpkin drinks and desserts, e.g. soy-and-pumpkin okara crackers. The content of isoflavonoids was determined by high performance liquid chromatography using a Millichrom F-02 chromatograph.

The total content of isoflavonoids was 221.10 mg/100 g in the soy beans, 44.50 mg/100 g – in the soy-and-pumpkin dessert, 36.15 mg/100 g – in the soy-and-pumpkin jelly, 30.80 mg/100 g – in the cracker with soy-and-pumpkin okara, 21.19 mg/100 g – in the protein drink, 12.72 mg/100 g– in the vitamin drink. The samples were tested for such isoflavonoids as genistein, diadzein (major), and glycitein (minor), which took the form of aglycones, glycosides (genistin, diadzin, and glycitein), and malonyl derivatives of glycosides. The highest content of malonyl diadzin and malonyl genistin was registered both in the soy beans and the soy-containing foods: from 42.56 in the crackers to 67.50% in the soy beans.

The content of isoflavonoids in the soy-containing food products depended on the formulation and production technology, namely, on the amount of soy. A daily intake of 200 g of soy-and-pumpkin drink or 100 g of soy-containing dessert could provide the daily intake of isoflavonoids, which makes these products beneficial for human health.

Keywords. Soy, pumpkin, isoflavones, drinks, desserts, okara, crackers, functional foods

For citation: Statsenko ES, Shtarberg MA, Borodin EA. Isoflavonoids in Soy and Soy-Containing Foods. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(2):222–232. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2359>

Введение

Соя является культурой, традиционно употребляемой в пищу в странах Азии на протяжении тысячелетий. В страны Запада соя была завезена около ста лет назад и использовалась в качестве корма для сельскохозяйственных животных [1]. Благодаря высокому содержанию белка соевые продукты являются традиционными для вегетарианцев [2]. Интерес к использованию сои в производстве продуктов питания для человека резко возрос в последние десятилетия в связи с установлением способности продуктов, содержащих сою, предупреждать многие заболевания [3, 4]. Соевые продукты уменьшают риск возникновения ряда злокачественных опухолей, способствуют снижению содержания в крови холестерина, облегчают

протекание метаболического, постменопаузального и других синдромов [3–6].

Благоприятное действие соевых продуктов на здоровье человека связывают с веществами, содержащимися в бобах сои. Наибольший интерес исследователей привлекают производные изофлавоноидов – изофлавоноиды [7–9]. Соя – уникальное растение, которое содержит высокое количество этих соединений [10]. Главными изофлавоноидами сои являются генестеин и диадзеин, в меньших количествах присутствует глицитеин [11]. Наряду с перечисленными агликонами в сое содержатся их гликозиды – генистин, диадзин и глицитин, а также малонил- и ацетилпроизводные этих гликозидов [7–9]. Изофлавоноиды обладают эффектами женских половых гормонов и поэтому получили название

фитоэстрогенов, чье эстрогеноподобное действие выражено в меньшей степени, чем у эстрогенов женского организма [6, 12]. Изофлавоноиды предупреждают возникновение рака грудной железы у женщин и предстательной железы у мужчин, снижают содержание в крови холестерина, препятствуют развитию ожирения и метаболического синдрома, облегчают протекание постменопаузального синдрома, улучшают когнитивные способности и оказывают иммуномодулирующее действие [5, 6, 13–21]. В экспериментальных исследованиях показано, что агликоны генистеин и диадзеин подавляют инвазию ротавируса человека в культивируемых макрофагах (клеточная линия MA-104).

В развитии многих заболеваний в последние годы важная роль отводится активации в тканях процессов свободнорадикального окисления липидов, белков и нуклеиновых кислот, что получило название окислительного стресса [22]. В этой связи важными являются антиоксидантные свойства изофлавоноидов [23]. С антиоксидантной активностью изофлавоноидов могут быть связаны их антиканцерогенные и противовоспалительные свойства. Генистеин обладает ингибирующим действием на ферменты злокачественно трансформированных клеток и ингибирует канцерогенез и старение клеток эпителия кожи, вызванные ультрафиолетовым облучением у мышей и фотоповреждением у людей [24]. Ингибируя ядерный фактор NF- κ B, контролирующей транскрипцию многих генов провоспалительных белков, изофлавоноиды уменьшают экспрессию индуцибельной синтазы оксида азота (iNOS), продукцию оксида азота (NO), экспрессию циклооксигеназы-2 (COX-2) и продукцию провоспалительного простагландина E₂ [25]. Изофлавоноиды проявляют противовирусные свойства с максимальным эффектом в желудочно-кишечном тракте, обеспечивая повышение барьерной функции кишечника [21, 26].

Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) одобрило утверждение о том, что потребление 25 г соевых бобов в день (эквивалентно потреблению в среднем 25–50 мг изофлавоноидов) может снизить риск сердечно-сосудистых заболеваний [27, 28]. В настоящее время отсутствует информация о побочных эффектах приема внутрь высоких концентраций изофлавоноидов [27]. В Китае, Японии и Южной Корее ежедневное потребление изофлавоноидов сои находится в диапазоне 25–50 мг, в отличие от США и европейских стран, где среднее ежедневное потребление составляет менее 2 мг [28]. Азиатские страны потребляют изофлавоноиды в тофу, темпе, мисо, натто и чхонгукжжане. В России и западных странах его потребляют как заменитель молочных

продуктов: соевое молоко, соевый сыр и соевый йогурт [27, 29, 30].

Целью исследования стало определение содержания изофлавоноидов в сое, выращиваемой в Амурской области, и разработанных соесодержащих пищевых продуктах с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Научная новизна исследования заключается в определении суммарного содержания изофлавоноидов и их состава методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сое сорта Сентябринка селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои и в разработанных продуктах с использованием сои данного сорта.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись: соевое зерно сорта Сентябринка селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои; соево-тыквенные напитки («Белковый дальневосточный», «Витаминный дальневосточный»); десерты соево-тыквенный («Надежда+») и соево-тыквенный жележный («Нежный»), полученные из сои и тыквы десертной продовольственной; крекер с соево-тыквенной окарой [31].

Содержание изофлавоноидов в водно-метанольных экстрактах из сои и соесодержащих пищевых продуктах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Миллихром Ф-02 с колонкой ProntoSil-120-5-C18 AQ (dp = 5 мкм при 256 нм) и с использованием элюента метанол:вода с градиентом метанола от 10 до 90 %. Скорость потока 100 мкл/мин, максимальное давление 1,8 Мпа, температура в колонке 40 °С. Для построения калибровочных графиков использовали стандарты изофлавоноидов аналитической чистоты.

Определение физико-химических показателей в соево-тыквенной окаре (белок, жир, углеводы, пищевые волокна) проводили с использованием инфракрасного сканера FOSS NIRSystem 5000 методом спектроскопии в ближней инфракрасной области, а также с помощью следующих методик: содержание фосфолипидов – по неорганическому фосфору; содержание β -каротина – спектрофотометрическим методом; содержание влаги – методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ Р 54668-2011; содержание общей золы (минеральных веществ) – сжиганием и озолением навески в муфельной печи по ГОСТ Р 54607.10-2017; энергетическую ценность – с помощью калорических коэффициентов [32, 33].

Ранее авторами была разработана технология получения напитков и десертов на основе сои и тыквы [31, 34, 35]. Для получения соево-тыквенных напитков сою инспектировали, промывали и замачивали в воде температурой 18–20 °С в течение 10 ч. Тыкву после мойки очищали от кожуры и семенного гнезда и резали на кубики 10×10 мм. Набухшее соевое зерно смешивали с измельченной тыквой и водой согласно рецептуре [31, 34, 35].

Таблица 1. Рецепт контрольного образца крекера и крекера с соево-тыквенной окарой

Table 1. Formulation for the control sample of crackers and crackers with soy-and-pumpkin okara

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 тонну готовых изделий, кг			
		Крекер «Любительский» (контроль)		Крекер с соево-тыквенной окарой (опыт)	
		В натуре	В сухих веществах	В натуре	В сухих веществах
Мука пшеничная высшего сорта	86,0	955,21	821,48	730,49	628,22
Соево-тыквенная окара (в виде муки)	91,0	–	–	224,72	204,50
Вода	–	362,47	–	379,77	–
Мука пшеничная высшего сорта в опару	86,0	168,41	144,83	168,41	144,83
Дрожжи прессованные	25,0	2,37	0,59	2,37	0,59
Соль пищевая	96,5	1,92	1,85	1,92	1,85
Итого	65,0	1490,38	968,75	1507,68	979,99
Потери 4,0 %		–	38,75	–	–
5,1 %		–	–	–	49,99
Выход	93,0	1000,00	930,00	1000,00	930,00

Полученную смесь нагревали до 100 °С в течение 30 мин, одновременно проводя тонкое измельчение и экстракцию растворимых сухих веществ. Затем фильтрованием отделяли жидкую фракцию (соево-тыквенная композиция) от твердой фракции (соево-тыквенная окара). Полученные композиции служили основой соево-тыквенных напитков при соотношении 1:1 – напиток «Белковый дальневосточный», 1:2 – напиток «Витаминный дальневосточный» [35]. В соево-тыквенную композицию добавляли раствор аскорбиновой кислоты, проводили коагуляцию и отделяли сыворотку, получая соево-тыквенный коагулят. Предварительно подготовленный сироп облепихи с сахаром смешивали с соево-тыквенным коагулятом и гомогенизировали, получая десерт соево-тыквенный. Для получения десерта соево-тыквенного жележного в соево-тыквенную композицию добавляли желатин, получая желирующий раствор, который затем смешивали с сиропом облепихи, сахаром и соево-тыквенным коагулятом согласно рецептуре [34, 35].

Разработанные соево-тыквенные напитки и десерты в 100 г продукта содержат белок – 1,00–5,75 г, жир – 1,05–5,85 г, фосфатиды – 91,00–334,00 мг, витамины Е – 4,80–28,60 мг, С – 3,40–35,08 мг и β-каротин – 7,81–28,60 мг [31, 34, 35]. Следовательно, соево-тыквенные продукты обогащены функциональными пищевыми ингредиентами. Поэтому они могут быть отнесены к натуральным пищевым продуктам функциональной направленности.

Влажную соево-тыквенную окару сушили до влажности 9,0 % в сушилке с конвекцией.

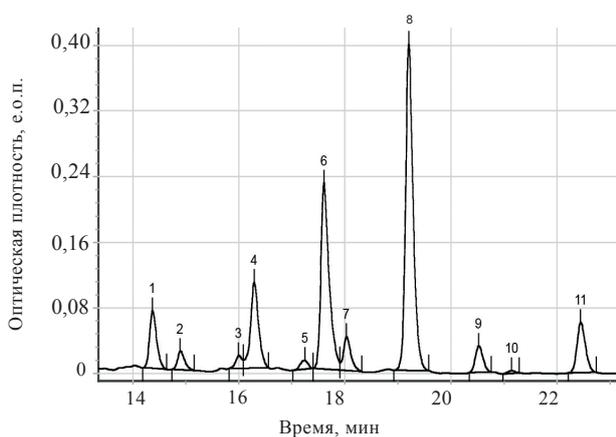
Технология производства крекера, обогащенного соево-тыквенной окарой, заключалась в следующем. Опарным способом готовили тесто. Опару получали из муки пшеничной высшего сорта и воды с введением дрожжей. Измельченные дрожжи перемешивали с 1/3 рецептурного количества воды температурой 35–40 °С и подавали в тестомесильную машину. Затем добавляли муку в количестве 15 % от рецептурного количества и перемешивали смесь в течение 5–8 мин. Продолжительность брожения опары при температуре 26–28 °С составила 6 ± 1 ч. Готовность опары определяли по увеличению ее объема в 2,5–3,0 раза и достижению кислотности 6,5–7,9 град. Тесто изготавливали путем смешивания опары и рецептурных компонентов – пшеничной муки и соево-тыквенной окары, соли и оставшейся воды. Продолжительность замеса теста составила 30 мин. Температура готового теста находилась в интервале 30–40 °С при влажности теста 35 %. Расстойку теста производили в течение 3 ч при относительной влажности воздуха 75–85 % и при температуре 30 ± 1 °С. Затем производили прокатку теста и осуществляли формование тестовых заготовок и нанесение сквозных проколов. Выпекали изделия при температуре 190 °С в течение 10 мин. Далее готовые изделия охлаждали до 40 °С.

В таблице 1 представлена контрольная рецептура и рецептура крекера, обогащенного соево-тыквенной окарой.

Результаты и их обсуждение

Определено содержание изофлавоноидов в соевом зерне и пищевых продуктах с его использованием. В сое и соесодержащих продуктах идентифицированы 9 форм изофлавоноидов: три агликона – генистеин, диадзеин (мажорные) и глицитеин (минорный), их гликозиды – генистин, диадзин и глицитин, а также малонилпроизводные гликозиды – малонил

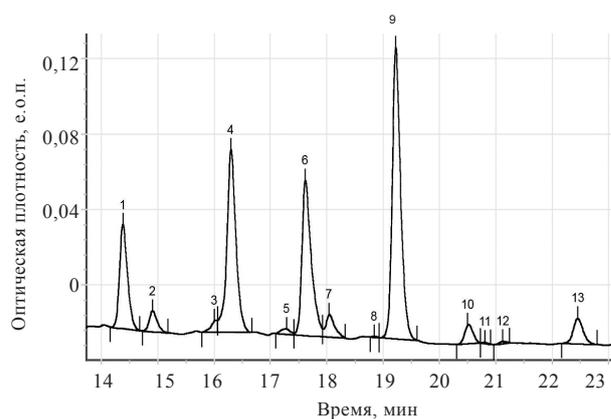
генистин, малонил диадзин и малонил глицитин. Время схода с колонки для указанных форм изофлавоноидов составило, мин: генистеин – 22,44, диадзеин – 20,53, глицитеин – 21,14, генистин – 16,29, диадзин – 14,38, глицитин – 14,89, малонил генистин – 19,21, малонил диадзин – 17,60, малонил глицитин – 18,03. На рисунках 1–5



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 1. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из соевого зерна сорта Сентябринка

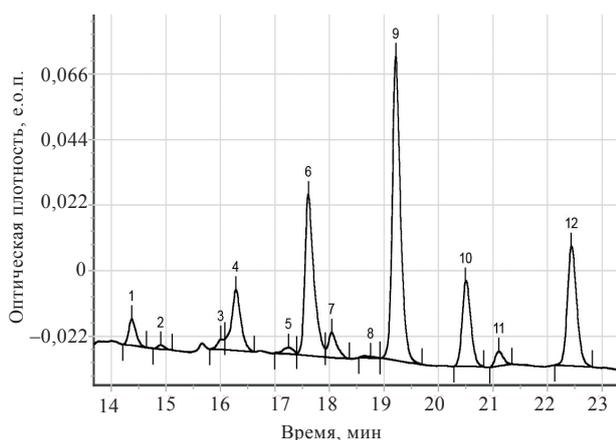
Figure 1. HPLC analysis of isoflavonoids in water-methanol extract of the Sentyabrinka soy variety



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 2. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из соево-тыквенного напитка «Белковый дальневосточный»

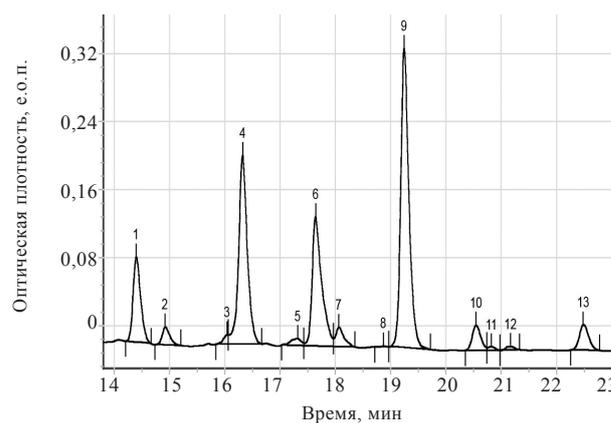
Figure 2. HPLC analysis of isoflavonoids in water-methanol extract of soy-and-pumpkin protein drink



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 3. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из соево-тыквенного напитка «Витаминный дальневосточный»

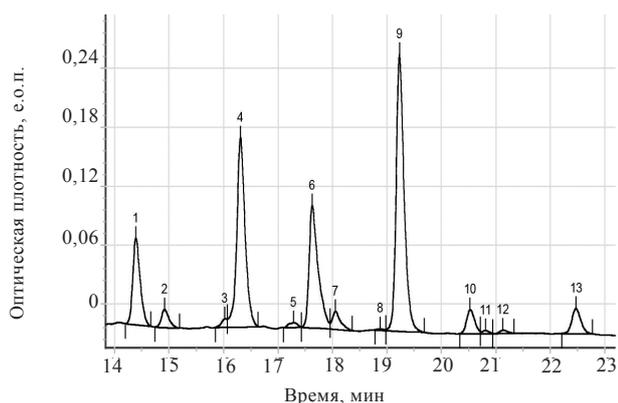
Figure 3. HPLC analysis of isoflavonoids in water-methanol extract of soy-pumpkin vitamin drink



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 4. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из десерта соево-тыквенного

Figure 4. HPLC analysis of isoflavonoids in water-methanol extract of soy-and-pumpkin dessert



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 5. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из десерта соево-тыквенного желеиноного

Figure 5. HPLC analysis of isoflavonoids in water-methanol extract of soy-and-pumpkin jelly dessert

представлены результаты разделения изофлавоноидов водно-метанольных экстрактов из образцов сои сорта Сентябринка и соево-тыквенных продуктов методом ВЭЖХ-анализа. Содержание изофлавоноидов в соевом зерне и соево-тыквенных продуктах представлено в таблице 2.

Общее содержание изофлавоноидов в соевом зерне сорта Сентябринка составило 221,10 мг/100 г. Это соответствует 0,22 % от общей массы соевого зерна. Содержание малонил диадзина и малонил генистина в соевом зерне находится в наибольшем количестве

и в сумме составляет 67,5 % от общего содержания изофлавоноидов.

О наличии соевого компонента можно судить как по рецептурному составу, так и по массовой доле белка в готовом продукте. Содержание белка в 100 г соево-тыквенных продуктов составляет, г: десерт соево-тыквенный – 5,75, десерт соево-тыквенный желеиноный – 4,70, напиток «Белковый дальневосточный» – 1,34, напиток «Витаминоный дальневосточный» – 1,00 [31]. Зависимость содержания изофлавоноидов (C_{ii}) от массовой доли белка (C_6) в соево-тыквенном продукте аппроксимируется с помощью уравнения линейной регрессии:

$$C_{ii} = -1,472 + 0,163 \cdot C_6 \quad (1)$$

при коэффициенте корреляции $R = 0,98$.

Из уравнения (1) следует, что между общим содержанием изофлавоноидов и массовой долей белка существует зависимость и прямо пропорциональная связь: чем больше C_6 , тем больше C_{ii} . При этом содержание изофлавоноидов в соево-тыквенных продуктах прямо пропорционально рецептурному содержанию в них соевого компонента, т. е. чем больше соевого компонента (коагулят, соево-тыквенная композиция), тем больше содержание изофлавоноидов в готовом продукте. Высокое содержание суммарных изофлавоноидов наблюдалось в десерте соево-тыквенном (44,50 мг/100 г), меньше – в десерте соево-тыквенном желеиноном (36,15 мг/100 г) и в напитке «Белковый дальневосточный» (21,19 мг/100 г), наименьшее – в напитке «Витаминоный дальневосточный» (12,72 мг/100 г).

Содержание изофлавоноидов в готовом продукте ниже, чем в соевом зерне. Это связано с тем, что

Таблица 2. Содержание изофлавоноидов в сое и соево-тыквенных продуктах (мг/100 г продукта)

Table 2. Content of isoflavonoids in soy and soy-and-pumpkin products (mg/100 g of product)

Наименование	Соевое зерно сорта Сентябринка	Соево-тыквенный напиток «Белковый дальневосточный»	Соево-тыквенный напиток «Витаминоный дальневосточный»	Десерт соево-тыквенный	Десерт соево-тыквенный желеиноный
Диадзин	18,10	3,01	0,46	5,37	4,63
Глицитин	4,60	0,43	0,05	0,82	0,69
Генистин	22,70	4,49	1,02	9,97	8,41
Малонил диадзин	68,40	5,23	3,47	10,2	7,99
Малонил глицитин	8,10	0,52	0,38	0,95	0,76
Малонил генистин	80,90	6,55	4,39	14,8	11,7
Диадзеин	4,80	0,30	0,94	0,92	0,74
Глицитеин	0,70	0,04	0,20	0,16	0,12
Генистеин	12,80	0,62	1,81	1,31	1,11
Итого	221,10	21,19	12,72	44,50	36,15

Таблица 3. Физико-химические показатели соево-тыквенной окары (M ± m)

Table 3. Physicochemical parameters of soy-and-pumpkin okara (M ± m)

Показатель	Содержание в 100 г	
	Соево-тыквенная окара (влажная)	Соево-тыквенная окара (сушеная)
Вода, г	77,10 ± 1,30	9,00 ± 0,15
Белок, г	6,00 ± 0,12	12,30 ± 0,23
Жир, г	2,80 ± 0,04	5,70 ± 0,11
Фосфатиды, мг	35,80 ± 0,40	136,00 ± 2,56
Углеводы, г	13,30 ± 0,07	68,20 ± 1,10
В том числе пищевые волокна, г	9,20 ± 0,78	30,30 ± 0,41
Минеральные вещества, г	0,90 ± 0,01	4,80 ± 0,08
β-каротин, мг	0,60 ± 0,02	3,90 ± 0,07
Энергетическая ценность, ккал	65,6	373,3

соево-тыквенные продукты, наряду с высоким содержанием воды (79,3–93,7 г/100 г), включает такие рецептурные компоненты, как облепиховый сироп с сахаром и тыкву, где изофлавоноидов не обнаружено.

В результате переработки соевого зерна в соево-тыквенные напитки и десерты произошли характерные изменения в соотношении отдельных форм главных изофлавоноидов – генистеина и диадзеина – с 2,6:1 до

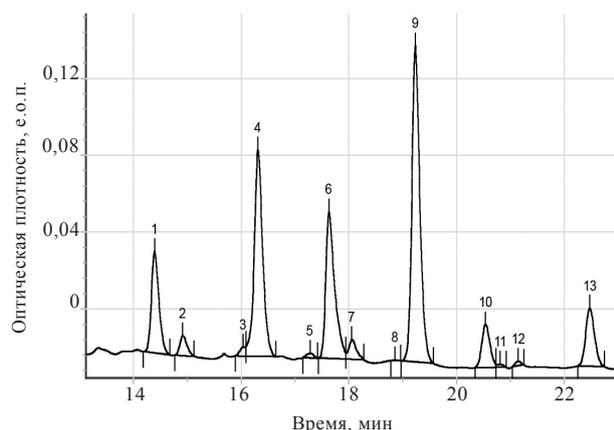
1,4:1–2,1:1. Содержание малонил диадзина и малонил генистина как в соевом зерне, так и в соево-тыквенных продуктах обнаружено в наибольшем количестве и составило 55,3–67,5 % от общего содержания исследованных изофлавоноидов. Из гликозидов изофлавоноидов в соевом зерне и в соево-тыквенных продуктах в наибольшем количестве присутствует генистин – 10,3–23,6 % от общего количества всех изофлавоноидов.

При получении соево-тыквенной жидкой фракции (композиции) как основы для производства напитков и десертов образуется побочный продукт – соево-тыквенная окара, богатая многими ценными веществами (табл. 3) [31].

Как видно из таблицы 2, сушеная соево-тыквенная окара в расчете на 100 г продукта содержит: белок – 12,30 г, пищевые волокна – 30,30 г, β-каротин – 3,90 мг, а также имеет высокое содержание минеральных веществ – 4,80 г.

Внешний вид сушеной соево-тыквенной окары представлял собой сухие гранулы с шероховатой поверхностью и одинакового размера по всей массе; частицы пористые, хрупкие, в меру ломкие; цвет – светло-оранжевый и однородный по всей массе; умеренно выраженный соево-тыквенный запах, без посторонних запахов, вкус нейтральный и свойственный компонентам рецептуры.

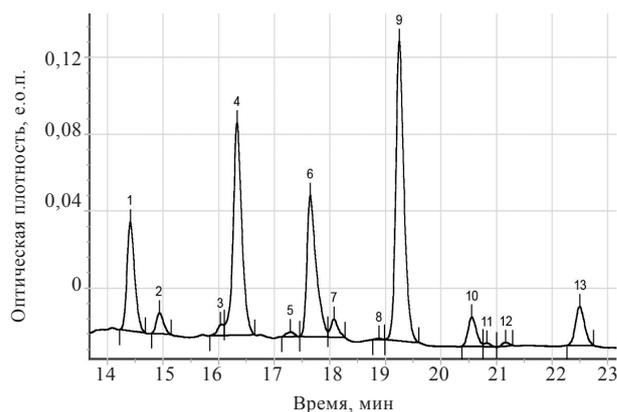
Влажная и сушеная соево-тыквенная окара исследованы на содержание изофлавоноидов (рис. 6 и 7).



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 6. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из соево-тыквенной окары влажной

Figure 6. HPLC analysis of isoformonoids in water-methanol extract of wet soy-and-pumpkin okara



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 7. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из соево-тыквенной окары сушеной

Figure 7. HPLC analysis of isoformonoids in water-methanol extract of dried soy-and-pumpkin okara

Таблица 4. Содержание изофлавоноидов во влажной и сушеной соево-тыквенной окаре (мг/100 г продукта)

Table 4. Content of isoflavonoids in wet and dried soy-and-pumpkin okara (mg/100 g of product)

Наименование	Соево-тыквенная окара (влажная)	Соево-тыквенная окара (сушеная)
Диадзин	2,86	15,30
Глицитин	0,38	2,00
Генистин	4,82	24,70
Малонил диадзин	2,59	23,80
Малонил глицитин	0,40	1,71
Малонил генистин	6,95	32,90
Диадзеин	0,70	2,35
Глицитеин	0,07	0,30
Генистеин	1,30	4,30
Итого	20,10	112,40

Содержание изофлавоноидов во влажной и сушеной соево-тыквенной окаре представлено в таблице 4.

Из анализа таблицы 4 следует, что сушеная соево-тыквенная окара содержит в 2 раза меньше изофлавоноидов, чем соевое зерно (табл. 2). Это объясняется особенностями технологии ее получения, а именно введением тыквы, в которой изофлавоноиды отсутствуют. Во влажной окаре суммарное содержание изофлавоноидов в 5,6 раза меньше, чем в сухой, из-за высокого содержания воды (77,1 %). Главными изофлавоноидами соево-

тыквенной окары являются гликозиды генистин и диадзин и их малонил производные, процентное содержание которых в сушеной окаре составляет 22,0, 13,6, 29,3 и 21,2, а в сырой – 24,0, 14,0, 35,0 и 13,0 соответственно. Таким образом, конвективная сушка окары приводит к резкому увеличению содержания изофлавоноидов, но не оказывает существенного влияния на изофлавоноидный состав.

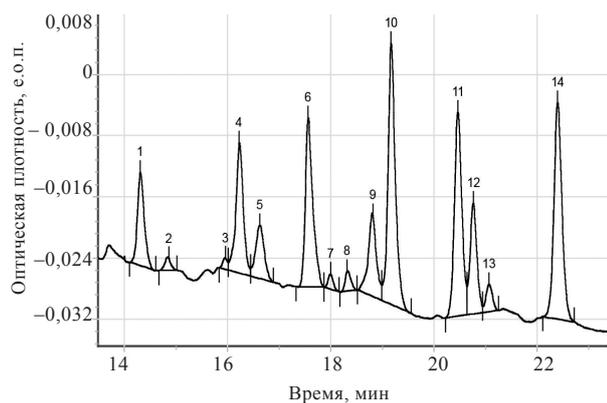
Сушеную соево-тыквенную окару можно использовать в качестве обогащающей добавки в рецептурах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, кулинарной и другой пищевой продукции. В настоящем исследовании соево-тыквенную окару использовали в рецептуре крекера «Любительский» (без жира). 20,0 % рецептурного количества муки пшеничной высшего сорта заменяли соево-тыквенной окарой, измельченной в муку. На рисунке 8 представлены результаты определения изофлавоноидов в крекере с соево-тыквенной окарой.

Общее содержание изофлавоноидов в крекере, обогащенном соево-тыквенной окарой, составляет 30,8 мг на 100 г продукта. Как и в окаре, в крекере преобладают малонил генистин – 6,92 мг/100 г продукта или 22,5 %, малонил диадзин – 6,19 мг/100 г продукта (20,1 %), генистин – 3,53 мг/100 г продукта (11,5 %) и диадзин – 3,13 мг/100 г продукта (10,2 %). Особенностью крекера является высокое содержание агликонов – генистеина (5,8 мг/100 г продукта или 18,8 %) и диадзеина (4,03 мг/100 г или 13,1%). Это можно объяснить разрушением гликозидов в результате воздействия высоких температур при получении крекера.

Выводы

Соевое зерно сорта Сентябринка богато изофлавоноидами (общее содержание 221,10 мг/100 г). В соево-тыквенных продуктах общее содержание изофлавоноидов прямо пропорционально рецептурному количеству соевого компонента (коагулят, соево-тыквенная композиция): чем его больше, тем больше содержание изофлавоноидов в готовом продукте. Это подтверждено уравнением линейной регрессии при коэффициенте корреляции $R = 0,98$. В разработанных и исследованных пищевых продуктах с добавлением сои в расчете на 100 г продукта общее содержание изофлавоноидов составило: в десерте соево-тыквенном, мг – 44,50, десерте соево-тыквенном жележном – 36,15, крекере с соево-тыквенной окарой – 30,80, напитке «Белковый дальневосточный» – 21,19, напитке «Витаминный дальневосточный» – 12,72.

В соевом зерне сорта Сентябринка и разработанных соесодержащих продуктах идентифицированы три изофлавоноида – генистеин, диадзеин (мажорные) и глицитеин (минорный), присутствующие в виде агликонов, гликозидов (генистин, диадзин и глицитеин) и



1 – диадзин; 2 – глицитин; 4 – генистин; 6 – малонил диадзин; 7 – малонил глицитин; 8 – малонил генистин; 9 – диадзеин; 10 – глицитеин; 11 – генистеин

Рисунок 8. ВЭЖХ-анализ изофлавоноидов водно-метанольного экстракта из крекера с соево-тыквенной окарой

Figure 8. HPLC analysis of isoflavonoids in water-methanol extract of soy-and-pumpkin okara crackers

малонилпроизводных гликозидов. Среди индивидуальных форм изофлавоноидов наибольшее содержание малонил диадзина и малонил генистина как в соевом зерне, так и в соесодержащих пищевых продуктах: от 42,6 (в крекере с соево-тыквенной окарой) до 67,5 % (в соевом зерне).

Ежедневный прием 200 г соево-тыквенного напитка или 100 г крекера с соево-тыквенной окарой, или соево-тыквенного или соево-тыквенного желеино десерт удовлетворяет потребности в изофлавоноидах и может сопровождаться благоприятными биологическими эффектами для организма человека.

Критерии авторства

Е. С. Стаценко – анализ данных литературы по проблеме, разработка дизайна исследования, получение экспериментальных данных, их анализ, формулирование выводов, работа над рукописью – написание глав «Введение», «Объекты и методы исследования», «Результаты и их обсуждение», «Выводы», «Список литературы».

Е. А. Бородин и М. А. Штарберг – анализ данных литературы по проблеме, разработка методов хими-

ческого анализа и проведение анализа, получение экспериментальных данных, их анализ, работа над рукописью – написание глав «Введение», «Объекты и методы исследования», «Результаты и их обсуждение».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

E.S. Statsenko reviewed scientific publications, developed the research design, obtained experimental data, analyzed the results, formulated the conclusions, and wrote the Introduction, Study Objects and Methods, Results and Discussion, Conclusions, and References. E.A. Borodin and M.A. Shtarberg reviewed scientific publications, developed the methods for chemical analysis, obtained the experimental data, analyzed the results, and wrote the Introduction, Study Objects and Methods, Results and Discussion.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Encyclopedia Britannica. Soybean [Internet]. [cited 2021 Dec 20]. Available from: <https://www.britannica.com/plant/soybean>
2. Rizzo G, Baroni L. Soy, soy foods and their role in vegetarian diets. *Nutrients*. 2018;10(1). <https://doi.org/10.3390/nu10010043>
3. Nakai S, Fujita M, Kamei Y. Health promotion effects of soy isoflavones. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2020;66(6):502–507. <https://doi.org/10.3177/jnsv.66.502>
4. Nachvak SM, Moradi S, Anjom-shoae J, Rahmani J, Nasiri M, Maleki V, *et al.* Soy, Soy isoflavones, and protein intake in relation to mortality from all causes, cancers, and cardiovascular diseases: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2019;119(9):1483–1500. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2019.04.011>
5. Rienks J, Barbaresko J, Nöthlings U. Association of isoflavone biomarkers with risk of chronic disease and mortality: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrition Reviews*. 2017;75(8):616–641. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux021>
6. Tang S, Du Y, Oh C, No J. Effects of soy foods in postmenopausal women: A focus on osteosarcopenia and obesity. *Journal of Obesity and Metabolic Syndrome*. 2020;29(3):180–187. <https://doi.org/10.7570/jomes20006>
7. Hu C, Wong W-T, Wu R, Lai W-F. Biochemistry and use of soybean isoflavones in functional food development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;60(12):2098–2112. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1630598>
8. Xiao Y, Zhang S, Tong H, Shi S. Comprehensive evaluation of the role of soy and isoflavone supplementation in humans and animals over the past two decades. *Phytotherapy Research*. 2017;32(3):384–394. <https://doi.org/10.1002/ptr.5966>
9. Jung YS, Rha C-S, Baik M-Y, Baek N-I, Kim D-O. A brief history and spectroscopic analysis of soy isoflavones. *Food Science and Biotechnology*. 2020;29(12):1605–1617. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00815-6>
10. Chadha R, Bhalla Y, Jain A, Chadha K, Karan M. Dietary soy isoflavone: A mechanistic insight. *Natural Product Communications*. 2017;12(4):627–634. <https://doi.org/10.1177/1934578x1701200439>

11. Islam A, Islam MS, Uddin MN, Hasan MMI, Akanda MR. The potential health benefits of the isoflavone glycoside genistin. *Archives of Pharmacal Research*. 2020;43(4):395–408. <https://doi.org/10.1007/s12272-020-01233-2>
12. Gomez-Zorita S, Gonzalez-Arceo M, Fernandez-Quintela A, Eseberri I, Trepiana J, Portillo MP. Scientific evidence supporting the beneficial effects of isoflavones on human health. *Nutrients*. 2020;12(12). <https://doi.org/10.3390/nu12123853>
13. Ahsan F, Imran M, Gilani SA, Bashir S, Khan AA, Khalil AA, *et al.* Effects of dietary soy and its constituents on human health: A review. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*. 2018;12(2):9182–9187. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2018.12.002239>
14. Xiao Y, Zhang S, Tong H, Shi S. Comprehensive evaluation of the role of soy and isoflavone supplementation in humans and animals over the past two decades. *Phytotherapy Research*. 2017;32(3):384–394. <https://doi.org/10.1002/ptr.5966>
15. Sivonova MK, Kaplan P, Tatarkova Z, Lichardusova L, Dusenka R, Jurecekova J. Androgen receptor and soy isoflavones in prostate cancer (Review). *Molecular and Clinical Oncology*. 2019;10(2):191–204. <https://doi.org/10.3892/mco.2018.1792>
16. Simental-Mendía LE, Gotto AM, Atkin SL, Banach M, Pirro M, Sahebkar A. Effect of soy isoflavone supplementation on plasma lipoprotein(a) concentrations: A meta-analysis. *Journal of Clinical Lipidology*. 2017;12(1):16–24. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2017.10.004>
17. Wang S, Wang Y, Pan M-H, Ho C-T. Anti-obesity molecular mechanism of soy isoflavones: Weaving the way to new therapeutic. *Food and Function*. 2017;8(11):3831–3846. <https://doi.org/10.1039/c7fo01094j>
18. Jeong D-Y, Ryu MS, Yang H-J, Park S. γ -PGA-Rich Chungkookjang, short-term fermented soybeans: Prevents memory impairment by modulating brain insulin sensitivity, neuro-inflammation, and the gut–microbiome–brain axis. *Foods*. 2021;10(2). <https://doi.org/10.3390/foods10020221>
19. Feoktistova KA, Grigoriev NR, Borodin EA. The influence of the soy-beans riched diet on the cognitive function of rats. *Far East Medical Journal*. 2017;(1):70–74. (In Russ.).
- Феоктистова Н. А., Григорьев Н. Р., Бородин Е. А. Влияние рациона с преобладанием сои на когнитивные способности крыс // Дальневосточный медицинский журнал. 2017. № 1. С. 70–74.
20. Bhatt PC, Pathak S, Kumar V, Panda BP. Attenuation of neurobehavioral and neurochemical abnormalities in animal model of cognitive deficits of Alzheimer’s disease by fermented soybean nanonutraceutical. *Inflammopharmacology*. 2018;26(1):105–118. <https://doi.org/10.1007/s10787-017-0381-9>
21. Smith BN, Dilger RN. Immunomodulatory potential of dietary soybean-derived isoflavones and saponins in pigs. *Journal of Animal Science*. 2018;96(4):1288–1304. <https://doi.org/10.1093/jas/sky036>
22. Dossena S, Marino A. Cellular oxidative stress. *Antioxidants*. 2021;10(3). <https://doi.org/10.3390/antiox10030399>
23. Rizzo G. The antioxidant role of soy and soy foods in human health. *Antioxidants*. 2020;9(7). <https://doi.org/10.3390/antiox9070635>
24. Mazumder AR, Hongsprabhas P. Genistein as antioxidant and antibrowning agents *in vivo* and *in vitro*: A review. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2016;82:379–392. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.05.023>
25. Asbaghi O, Yaghubi E, Nazarian B, Kelishadi MR, Khadem H, Moodi V, *et al.* The effects of soy supplementation on inflammatory biomarkers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cytokine*. 2020;136. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2020.155282>
26. Wypych TP, Marsland BJ, Ubags NDJ. The impact of diet on immunity and respiratory diseases. *Annals of the American Thoracic Society*. 2017;14(5):S339–S347. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201703-255AW>
27. Kim I-S. Current perspectives on the beneficial effects of soybean isoflavones and their metabolites for humans. *Antioxidants*. 2021;10(7). <https://doi.org/10.3390/antiox10071064>
28. Pabich M, Materska M. Biological effect of soy isoflavones in the prevention of civilization diseases. *Nutrients*. 2019;11(7). <https://doi.org/10.3390/nu11071660>
29. Kim I-S, Hwang C-W, Yang W-S, Kim C-H. Current perspectives on the physiological activities of fermented soybean-derived Cheonggukjang. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(11). <https://doi.org/10.3390/ijms22115746>

30. Kim I-S, Kim C-H, Yang W-S. Physiologically active molecules and functional properties of soybeans in human health – A current perspective. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(8). <https://doi.org/10.3390/ijms22084054>
31. Statsenko ES, Litvinenko OV, Korneva NYu, Shtarberg MA, Borodin EA. New technology for functional dessert production based on soy and pumpkin. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(2):351–360. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-351-360>
32. Determination of the content of phospholipids [Internet]. [cited 2021 Dec 20]. Available from: <https://www.chem21.info/info/1665386>
Определение содержания фосфолипидов. URL: <https://www.chem21.info/info/1665386> (дата обращения: 20.12.2021).
33. Chemist's Handbook 21 [Internet]. [cited 2021 Dec 20]. Available from: <https://www.chem21.info/page/107228006230103096127033172128220092250234055138>
34. Справочник химика 21. URL: <https://www.chem21.info/page/107228006230103096127033172128220092250234055138> (дата обращения: 20.12.2021).
34. Statsenko ES, Litvinenko OV, Korneva NYu, Pokotilo OV. Method of producing functional purpose desserts. Russia patent RU 2728374C1. 2020.
Способ получения десертов функционального назначения: пат. 2728374C1 Рос. Федерация. № 2019135583 / Стаценко Е. С. [и др.]; заявл. 05.11.2019; опубл. 29.07.2020; Бюл. № 22. 9 с.
35. Statsenko ES, Litvinenko OV, Korneva NYu, Pokotilo OV, Shtarberg MA, Borodin EA. Development of production process of functional food on the basis of soybeans and pumpkin. *Food Industry*. 2021;(7):41–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.7.7.011>