

СЕМЕНА АМАРАНТА КАК ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Као Тхи Хуе, Нгуен Тхи Минь Ханг, Ле Нгуен Тхань,
Нгуен Ван Хунг, Е.В. Спиридович *, Е.И. Алексеева *

*Институт морской биохимии, ВАНТ, Ханой, Вьетнам
e-mail: katrine-vietnam@yandex.ru, hungd8@yahoo.com*

**Центральный ботанический сад, НАН Б, Минск, Беларусь
e-mail: helena_aleks@mail.ru, e.spiridovich@cbg.org.by*

Введение

В условиях дефицита сырья, актуальной задачей для сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности является поиск новых возможностей использования нетрадиционных растительных ресурсов, как источников биологически активных веществ для создания новых продуктов питания, биологически активных добавок к пище, фармацевтических препаратов и лечебной косметики. Особым интересом из нетрадиционных растений является амарант.

Амарант – однолетнее растение семейства Амарантовых, рода Амарант (*Amaranthus*), привлекающее внимание в качестве пищевой, кормовой, технической и декоративной культуры. Амаранты хвостатый (*Amaranthus caudatus*), печальный (*Amaranthus hypochondricus*) и багряный (*Amaranthus cruentus*) являются древними культурными зерновыми растениями. В Беларуси, России и Америке их разводят ради питательных семян, богатых белками и липидами. Семена амаранта содержат 16–20% протеина, 6–9% жира, 60–65% крахмала, но главное превосходство в высоком содержании незаменимой аминокислоты – лизина – 6–7%, что в 2,5–3,5 раза больше, чем в зерне пшеницы и кукурузы. Семена обладают хорошими мукомольными качествами, имеют вкус ореха и могут использоваться для выпечки хлеба, кондитерских изделий, получения круп [3, 9]. Стебли и листья растения используются для приготовления супов, салатов. Растение широко распространено во Вьетнаме и используется во многих блюдах восточной кухни.

Производственные испытания амаранта в условиях Беларуси, проводившиеся в последние годы, показали перспективность использования его в сельском хозяйстве. Многие зарубежные и национальные ученые указывали на актуальность переработки семян амаранта и внесли большой вклад в получение жирных кислот, полисахаридов, пищевых волокон и белковых продуктов из амаранта [1, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12]. Практические аспекты доказали, что амарант является экологически чистым продуктом, так как не нуждается в обработке ядохимикатами и выводит из организма радионуклиды.

Но, несмотря на явные достоинства этого растения, оно находится еще на пути своего утверждения в качестве кормового, пищевого и технического продукта. Кроме чего, во Вьетнаме листья амаранта только используются для приготовления салатов и супов, биохимический состав семян амаранта и их переработка с целью получения различных продуктов широкого спектра действия не достаточно изучены. Следовательно, исследования амаранта актуальны в настоящее время для Вьетнама. Так как растительное сырье, выращиваемое в полевых условиях различных стран, индивидуально по своему биохимическому составу, который зависит от определенных климатических и агротехнических условий, необходима его биохимическая оценка в каждом конкретном случае.

В соответствии с изложенным целью настоящей работы являлось изучение биохимического состава семян амаранта, компонентного состава и физико-химических показателей амарантного масла.

Методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны зерна амаранта красносемянного сорта *Amaranthus tricolor* и белосемянного сорта *Amaranthus viridis*, отобранные в провинце Хынг Йене во Вьетнаме в 2014 г.

Для определения биохимического состава (содержания сырого белка, липидов, золь, моно- и дисахаридов, крахмала, пищевых волокон), компонентного состава масла амаранта были использованы общепринятые и стандартные методы.

Общее содержание белка определялось по методу Кьельдаля на установках “Тubotherm” и “VaroDest-30” по ГОСТ 26889-86.

Содержание золи, влаги определялось по ГОСТ 24027.2-80.

Содержание крахмала определяли на поляриметре СУ4 по ГОСТ 10845-98 по методу Эверса.

Содержание пищевых волокон определялось по методике, разработанной Е.П. Широковым [6].

Определение содержания редуцирующих и нередуцирующих сахаров проводили цианидным методом, основанным на свойстве редуцирующих моносахаров восстанавливать в щелочной среде феррицианид калия $K_3[Fe(CN)_6]$ в ферроцианид калия $K_4[Fe(CN)_6]$, в присутствии индикатора метиленовый синий. По мере изменения окраски от синей к бесцветной определяли окончание реакции между сахарами и феррицианидом [6].

Определение содержания липидов проводилось по методике [2], основанной на экстракции сырья гексаном в аппарате Сокслета и последующей отгонке растворителя в вакууме. Жирнокислотный состав масла определяли по методике согласно ГОСТ 30418-96, основанной на превращении триглицеридов жирных кислот в метиловые (этиловые) эфиры жирных кислот и газохроматографическом анализе последних.

Определение содержания сквалена в масле проводили с применением ВЭЖХ на жидкостном хроматографе «Миллихром А-02» с ультрафиолетовым детектором. За основу была взята методика, предложенная в работе [13]. Для внесения пробы в жидкостной хроматограф готовили раствор масла в смеси: ацетонитрил: изопропанол: гексан (72:17:11) в соотношении – 9 мкл масла на 5 мл растворителя. Для лучшего извлечения сквалена из масла смесь обрабатывали на роторной мешалке в течении 30 мин. Раствор сквалена фильтровали через нейлоновый фильтр диаметром 0,45 мкм. Полученный фильтрат вносили в хроматограф.

Для определения объемной доли сквалена (ω , об.%) в масле использовали следующую формулу:

$$\omega (\text{об.}\%) = (C \cdot V_{\text{раств.}} \cdot 0,1) / (0,86 \cdot V_{\text{масла}})$$

где: $0,86 \cdot 10^3$ – плотность сквалена, г/л; C – концентрация сквалена в пробе, мкг/мл; $V_{\text{раств.}}$ – объем растворителя, взятого для разведения масла, л; $V_{\text{масла}}$ – объем масла, взятого для анализа, л.

Показатель преломления амарантового масла определяли с помощью рефрактометра серии ИРФ-45Б52М.

Плотность амарантового масла определяли по ГОСТ 1468.10-78.

Переокисное число амарантового масла определяли по ГОСТ Р 51487-99.

Число омыления амарантового масла определяли по ГОСТ 5478-90.

Йодное число амарантового масла определяли по ГОСТ 5475-69.

Кислотное число амарантового масла определяли по ГОСТ Р 52110-2003.

Результаты и обсуждения

Биохимический состав семян амаранта

В качестве объектов исследований были выбраны два распространенных вида амаранта, выращиваемые на территории Вьетнама и изучили состав их нутриентов. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав нутриентов в семенах амаранта

Наименование показателей	Содержание, % на сухое вещество	
	<i>Amaranthus viridis</i>	<i>Amaranthus tricolor</i>
Белки (N x 6,25)	16,5–17,5	17,0–19,0
Липиды	6,3–6,7	6,3–6,7
Крахмал	59,6–64,1	59,2–63,5
Пищевые волокна	6,1–7,9	6,2–8,3
Моно- и дисахариды	2,1–4,5	2,3–4,9
Зола	3,1–4,5	2,8–3,7

В семенах амаранта преобладают углеводы (около 70%), независимо от вида семян, а содержание пищевых волокон, моно- и дисахаридов, минеральных веществ, крахмала и липидов у двух сортов амаранта находится на одном уровне. Зерно амаранта красносемянного сорта отличается большей концентрацией белка (до 19%).

Из анализа результатов исследований в таблице 1 установлено, что семена амаранта могут использоваться для получения крахмала, муки амарантовой экструдированной и пищевых волокон. Зерна амаранта также содержат значительное количество белка (до 19%). Результаты исследований некоторых авторов показали, что по наличию таких незаменимых аминокислот, как тирозин, цистин, валин, гистидин, треонин, а также по заменимым аминокислотам – глутамату, аспартату и серину очень близки к соевому белку. Отношение лейцина к лизину в протеине семян некоторых видов амаранта приближается к единице, т.е. белок амаранта отвечает по данному показателю – идеальному протеину [4, 7]. В дальнейшем, зерна амаранта могут использоваться как сырье для получения белковых продуктов с уникальным составом аминокислот.

Компонентный состав и физико-химические показатели амарантового масла

Масличность семян амаранта двух сортов одинакова и достигает 6,3–6,7%, что в 1,5 раза больше, чем риса, пшеницы. По внешнему виду, жирное масло – жидкость темно-оранжевого цвета, вкус специфический, без горечи. Анализируемые жирные масла характеризовались сходными физико-химическими показателями (таблица 2). По величине йодного числа они отнесены к группе полувысыхающих жирных масел. Установлен срок их годности по показателям кислотного, перекисного и йодного чисел – 1 года.

Таблица 2 – Физико-химические показатели амарантового масла

Наименование показателей	Значения показателей	
	<i>Amaranthus viridis</i>	<i>Amaranthus tricolor</i>
Плотность, ρ^{20} , г/дм ³	0,8872	0,8901
Показатель преломления, n^{20}	1,4645	1,4669
Оптическое вращение, α_D^{20}	[+]5,05	[+]5,05
Кислотное число, мг КОН/г	3,06	3,11
Число омыления, мг КОН/г	185,73	184,25
Йодное число, I ₂ /100г	102,03	103,12
Перекисное число, ммоль/кг	1,27	1,22
Массовая доля золы, г/100г масла	0,27	0,31

Компонентный состав липидов различных видов амаранта, выращенных в разных странах был изучен многими исследователями [4, 5, 10]. Результаты анализов весьма различны. Установлено, что масличность, количественный и качественный жирнокислотный состав амарантового масла зависит от самого сорта амаранта, климатических условий, способа и растворителя экстракции. С использованием метода ГХ/МС нами идентифицировано 7 жирных кислот масла амаранта, полученного путем экстракцией гексаном.

Таблица 3 – Компонентный состав жирного масла амаранта красnoseмянного и белосемянного сортов

№	Состав жирных кислот	Содержание, %	
		<i>Amaranthus viridis</i>	<i>Amaranthus tricolor</i>
	Масличность, %	6,3–6,7	6,3–6,7
Насыщенные жирные кислоты			
1	Миристиновая C _{11:0}	0,26	0,25
2	Пальмитиновая C _{16:0}	20,68	20,34
3	Стеариновая C _{18:0}	3,27	3,28
4	Арахидовая C _{20:0}	0,63	0,71
	Сумма НЖК	24,84	24,58
Ненасыщенные жирные кислоты			
5	Линолевая C _{18:2}	43,01	43,21
6	Олеиновая C _{18:1}	22,57	22,39
7	Элаидиновая C _{18:1}	1,07	1,15
	Сумма ННЖК	66,85	66,75
	Итого жирных кислот	91,49	91,33
8	Сквален	6,37	6,73

Как следует из полученных данных (таблица 3), компонентный состав жирных кислот амарантового масла из семян двух сортов незначительно отличались друг от друга. Сумма насыщенных жирных кислот составляла 24,58–24,84% с доминированием пальмитиновой (20,34–20,68%); ненасыщенных – 66,75–66,85% с преобладанием линолевой (43,0–43,21%) и олеиновой (22,57–22,39%). В семенах содержится элаидиновая кислота в количестве от 1,07 до 1,15%, которая не находится в семенах других сортов амаранта. Элаидиновая кислота является транс-изомером олеиновой кислоты и очень редко встречается в природе.

Содержание таких жирных кислот, как линолевая, олеиновая и пальмитиновая в семенах красnoseмянного и белосемянного сортов находится на одном уровне. В медицинском аспекте наиболее важны линолевая и линоленовая кислоты, превращающиеся в организме в арахидоновую кислоту, участвующую под действием циклооксигеназы в образовании простагландинов и тромбоксанов, а липооксигеназы – лейкотриенов, улучшающие проницаемость сосудов, способствующие сокращению гладких мышц внутренних органов и проявляющие миотропное действие. Их содержание в гексановом экстракте играет большую роль при дальнейшем использовании семян амаранта как источника биологически активных жирных кислот.

Кроме того, очень важно отметить, что в семенах амаранта содержится достаточно большая концентрация сквалена: 6,73% в красnoseмянном и 6,37% – белосемянном сортах. Сквален принадлежащий к тритерпенам, является естественным компонентом человеческой кожи (до 12–14%), благодаря чему он легко всасывается и проникает внутрь организма. Биологическая активность сквалена достаточно разнопланова. Сквален является производным витамина А и при синтезе холестерина превращается в его аналог 7-дегидрохолестерин, который при солнечном свете становится витамином D, обеспечивая тем самым радиопротекторные свойства. Способность сквалена высвобождать кислород из воды позволяет считать его противоопухолевым фактором, способным повышать силы иммунной системы в несколько раз, обеспечивая тем самым устойчивость организма к различным заболеваниям [8].

Сквален впервые был получен из печени глубоководной акулы. При этом содержание сквалена в акульей печени относительно невысоко - не более 1,5% [8], поэтому стоимость сквалена была высока. Результаты исследований показали, что выгоднее использовать семена амаранта для получения сквалена, за счет постоянной доступности сырьевой базы.

Выводы

В ходе исследований, нами был изучен состав нутриентов зерна амаранта красносемянного и белосемянного сортов, определены органолептические, физико-химические показатели, масличность и идентифицирован компонентный состав амарантового масла. Установлено, что семена исследованных сортов амаранта содержит большое количество полисахаридов (в том числе крахмала и пищевые волокна) и значительную концентрацию белков и липидов. В амарантовом масле также содержится достаточное количество ненасыщенных жирных кислот и сквалена. Следовательно, семена амаранта могут рассматриваться как источники биологически активных веществ. Глубокое изучение биохимического состава семян амаранта различных видов и их переработки с целью получения функциональных продуктов и биологически активных добавок к пище являются предметами для дальнейших исследований.

Благодарность: Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-ВАНТ, проект VAST.HTQT.Belarus.05/4-15.

Список литературы

- 1.Алексеева Е.И. Физико-химическая характеристика сортов амаранта и их генетическая дифференциация. Труды Белорусского государственного университета. Серия: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – Минск: издательский центр БГУ, 2010 – Т. 5. – № 2. – С. 127-133.
- 2.Артюнян Н.С., Корнева Е.П., Мартовщук Е.В. Лабораторный практикум по химии жиров. СПб., 2004. - 264 с.
- 3.Коноков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант – перспективная культура XXI века. Издательский центр «Академия», 1999. – 109 с.
- 4.Коренская И.М. Фармакогностическое изучение семян различных сортов амаранта печального (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Диссертация на соискание учёной степени кандидата фармацевтических наук. Пермь, 2012. – 27с.
- 5.Лобода А.В. Разработка технологии и рецептуры биологически активной добавки «Сквален-лецитин» на основе семян амаранта. Диссертация на соискание ученого степени кандидата технических наук. Краснодар, 2009. – 24 с.
- 6.Широков Е.П. Практикум по технологии хранения и переработки плодов и овощей. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 35–47.
- 7.Шмалько Н.А., Комаров Ю.Ю., Чалова И.А. Белковые продукты из семян амаранта. Фундаментальные исследования, 2008, - № 10. – С. 63-64.
- 8.Росляков Ю.Ф., Касьянов Г.И., Шмалько Н.А. Комплексная переработка семян амаранта с целью получения биологически активных добавок широкого спектра действия. Журнал «Успехи современного естествознания», 2004 - № 9. – С. 95-96.
- 9.Чиркова Т.В. Амарант – культура XXI века // Соросовский образовательный журнал, 1999. – № 10. – С. 22-27.
- 10.Ayorinde F.O., Ologunde M.O., Nana E.Y., Bernard B.N., Afolabi O.A., Oke O.L., Shepard R.L. Determination of fatty acid composition of *Amaranthus* species. Journal of the American Oil Chemistry Society 66, 1989, p. 1812-1814.
- 11.Breen W.M. Food uses of amaranth grain. Cereal foods world, 1991, V. 36. – P. 426-430.
- 12.Chavez-Jauregui R.N., Cardoso-Santiago R.A. Acceptability of snacks produced by the extrusion of amaranth and blends of chickpea and bovine lung. International Journal of Food Science and Technology, 2003. – V. 38, P. 795-798.
- 13.Vidal-Escapes E., Borros S. New methodology to follow the evolution of squalene by-products during model compound vulcanization studies // Talanta – 62 (2004). – P.539-547.