

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУКИ АМАРАНТОВОЙ ЭКСТРУДИРОВАННОЙ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Е.И. Алексеева

*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь
e-mail: helena_aleks@mail.ru*

Введение

Амарант – новая перспективная нетрадиционная культура для Беларуси. Использование нетрадиционного сырья в производстве пищевых продуктов, позволяет решить следующие задачи: снизить расход дорогостоящего сырья (сахара, муки) путём замены его более дешёвым и менее энергоёмким; повысить пищевую и биологическую ценность изделий за счёт внесения белоксодержащих и других добавок с уникальными свойствами и на их основе создание оригинальных рецептур продуктов функционального назначения; улучшить структурно-механические и потребительские свойства продуктов, продлить сроки хранения; расширить ассортимент пищевых продуктов [1, 2]. В качестве сырья использовалась мука амарантовая нативная, представляющая собой углеводно-белковый комплекс с преимущественным содержанием крахмала, как основного пластификатора экструдированной массы, полученная в результате глубокой переработки семян амаранта трех белосемянных сортов: Сэм, Крепыш, Кизлярец [3].

Данные сорта являются перспективными для возделывания в Беларуси, их переработки и использования в пищевой промышленности. Поэтому важны исследования муки амарантовой экструдированной: ее качественных показателей, аминокислотного состава белков полученных продуктов и степени их усваивания человеческим организмом.

Экструдирование является одним из современных экологически безопасных способов расширения ассортимента пищевых продуктов и изменения функциональных характеристик нетрадиционного крахмалосодержащего сырья. В процессе экструзии молекулы растительных биополимеров подвергаются структурным и физико-химическим модификациям без применения химических реагентов и образования вредных отходов, одновременно при этом происходит совмещение процессов стерилизации и обезвоживания сырья.

Целью данной работы было исследование качественных показателей экструдатов на основе муки амарантовой нативной, для использования в пищевой промышленности и получения продуктов повышенной биологической и пищевой ценности.

Методы исследования

Объектами исследований служили три белосемянных сорта: Крепыш, Кизлярец (селекция ВНИИССОК, Россия) и Сэм (селекция ХНАУ им. В.В. Докучаева, Украина)

Опыты проводили на одношнековом экструдере НПО по крахмалопродуктам. Предварительно муку амарантовую нативную увлажняли в пределах от 15 до 25% и отволаживали в течение 14 часов при постоянной температуре 25°C. Увлажненные смеси экструдировали при температуре 150–160 °С, частоте вращения шнека 100–120 об/мин и диаметре матрицы экструдера 3 мм.

Качество структуры экструдата оценивали по коэффициенту «экспандирования», который определяется как отношение диаметра экструдата к диаметру выходного отверстия матрицы экструдера.

Затем экструдаты измельчали, просеивали через сетку металлическую № 025 и исследовали по органолептическим, физико-химическим показателям, витаминному, минеральному составам [4].

Органолептические показатели определяли по ГОСТ 1511 3.3-77.

Массовую долю жира – по ГОСТ 15113.9-77.

Массовую долю белка – по ГОСТ26889-86

Массовую долю влаги – по ГОСТ 24027.2-80.

Массовую долю пектиновых веществ – по ГОСТ 29059-91.

Содержание крахмала определяли на поляриметре СУ–4 по ГОСТ 10845-98 по методу Эверса.

Минеральные вещества определяли по ГОСТ 26929-94, ГОСТ 23268.6-78, ГОСТ 23268.7-78.

Кроме этого в экструдатах исследованы: набухаемость, растворимость и водоудерживающая способность и активность воды (доступность всех молекул воды). Для экструдированных пищевых продуктов это наиболее важные показатели, демонстрирующие возможность экструдата связывать воду и растворяться в ней, влияющие на усвояемость, срок годности и потребительские свойства продукта.

Набухаемость экструдатов определяли по ТУ 18 РСФСР 406-77. Навеску продукта массой 5 г. переносили в стеклянный стакан вместимостью 100 см³, в который предварительно наливали 80 см³ дистиллированной воды. После тщательного перемешивания суспензию переносили в мерный цилиндр. Содержимое цилиндра доводили дистиллятом до 100 см³.

Суспензию еще раз хорошо перемешивали и оставляли при комнатной температуре на 24 часа, затем отмечали границу раздела двух фаз. При полном набухании наблюдается равномерное распределение продукта по всему объему.

При неполном набухании в цилиндре образуются две фазы: верхняя жидкая прозрачная, почти не содержащая продукта, и нижняя непрозрачная с набухшим продуктом.

Проводили два параллельных определения. При неполном набухании набухаемость продукта в см³/г вычисляли отношением объема продукта после отстаивания к массе навески. За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений.

Растворимость и водоудерживающую способность определяли методом Шоха [5].

К навеске продукта 0,8 г приливали 40 мл дистиллированной воды, выдерживали в избытке воды при постоянном перемешивании в течение 30 мин при разных температурах, затем переносили в центрифужную пробирку и центрифугировали в течение 5 мин при

4500 об/мин. Жидкую фазу сливали в мерную пробирку и определяли содержание сухих веществ в фильтрате. Растворимость (**P**) в % к сухим веществам крахмалопродукта определяли отношением произведения массы жидкой фазы системы в граммах и содержания сухих веществ в фильтрате к массе навески.

Количество связанной воды (**W**) определяли взвешиванием пробирки вместе с осадком за вычетом массы пустой пробирки.

Водоудерживающую способность (**B**) определяли отношением количества связанной воды к массе навески.

В настоящее время при оценке качества и сроков годности изделий одним из определяющих физико-химических показателей является их влажность, как существенный фактор, определяющий развитие микрофлоры. Пороговые значения активности воды для различных микроорганизмов значительно отличаются. Однако для развития микроорганизмов имеет значение не абсолютная величина влажности, а доступность содержащейся в субстрате воды для развития жизнедеятельности микроорганизмов, которую в настоящее время называют «активность воды». Активность воды A_w (доступность всех молекул воды) определяется, как отношение давления водяных паров над продуктом к давлению паров p над чистой водой p^0 : $a_w = p/p^0$. Активность воды может изменяться от 0 до 1 [6].

Испытания активности воды муки амарантовой экструдированной всех сортов были выполнены на гигрометре психометрическом ВИТ-2 и анализаторе активности воды «Rorermeter RM–10».

Также большим достоинством амаранта является не только высокий уровень содержания белка, но и его аминокислотный состав. Качество белка амаранта считается очень высоким, из-за значительного содержания незаменимых аминокислот, в частности ценной аминокислоты – лизина (4,3–5,7% к общему белку семян), что в два раза больше, чем у пшеницы и в три раза больше, чем у кукурузы и сорго, и даже сопоставимо по количеству с соей и коровьим молоком. Аминокислотой, участвующей в механизме оптимального усвоения белков, является лейцин. Однако по сравнению с такими зерновыми культурами как пшеница, ячмень и кукуруза, содержание лейцина в амаранте намного ниже. Поэтому для повышения пищевой ценности муку амарантовую экструдированную использовали в зерновых продуктах быстрого приготовления на основе традиционных злаковых культур. Зерновые продукты быстрого приготовления с мукой амарантовой экструдированной были выпущены на ОАО «Лидапищеконцентраты», в соответствии с разработанными, согласованными и утвержденными в установленном порядке техническими условиями [7, 8], технологической инструкцией и рецептурами. В полученных образцах исследовали аминокислотный состав белков полученных продуктов.

Для подтверждения степени усваивания полученных продуктов организмом человека определяли перевариваемость, или ферментативную атакуемость белков муки амарантовой нативной и экструдированной [9].

При исследовании ферментативной атакуемости проводили ферментативное разжижение образцов муки нативной и экструдированной с бактериальной альфа-амилазой из *Bacillus amyloliquefacines* – BAN-480 L (480 единиц килоНовоамилазной активности) [9].

Результаты и обсуждение

Органолептические показатели экструдатов: продукты кремового цвета, в виде прямых или изогнутых палочек округлого поперечного сечения, с шероховатой поверхностью и развитой пористостью, хрустящие, с легким запахом лесного ореха. Коэффициент экспандирования (%) составил для сорта Сэм – 3,1%; для сорта Крепыш – 2,7%, для сорта Кизлярец – 3,1%.

Сравнительный анализ средних значений физико-химических показателей, содержания витаминов, минеральных веществ и энергетической ценности муки амарантовой нативной и экструдированной приведен в таблице 1.

Во всех образцах экструдатов отмечено высокое содержание магния, кальция, калия и фосфора, что повышает их пищевую ценность и дает возможность рекомендовать в повседневном питании и для всех возрастных групп.

Экструзионная обработка позволила получить продукты с достаточно высокой растворимостью, что важно при их использовании в соусах, майонезах и т.д.

Образцы муки амарантовой экструдированной проявляют высокую водоудерживающую способность и связывают большое количество воды, что эффективно при добавлении их в хлебобулочные изделия и зерновые продукты быстрого приготовления [9].

При испытании активности воды муки амарантовой экструдированной всех сортов, выполненном на анализаторе активности воды «Roemeter RM-10», установлено, что данный показатель составил не более 0,47. Это позволяет отнести экструдаты муки амарантовой к третьей группе изделий (менее 0,6) с пониженной влажностью и дает возможность установить более продолжительный срок годности пищевых продуктов.

В таблице 2 приведен сравнительный анализ незаменимых аминокислот белка амаранта в муке амарантовой экструдированной в сравнении с данными FAO/ВОЗ и аминокислотным составом белков зерновых продуктов быстрого приготовления на основе трех злаков с добавлением 5% муки амарантовой экструдированной.

При экструзионной обработке происходит частичная денатурация белков, в результате чего их ферментативная атакуемость возрастает [9, 10], при этом крахмальные зерна полностью разрушаются, их природная упорядоченная структура претерпевает

превращения и переходит в аморфную структуру, что подтверждается микрофотографиями на рисунке 1.

Таблица 1– физико-химические показатели, содержание витаминов, минеральных веществ и энергетическая ценность муки амарантовой нативной и экструдированной

Наименование показателя	Мука амарантовая нативная	Мука амарантовая экструдированная
Массовая доля жира, %	4,5±0,6	1,6±0,6
Массовая доля белка, %	9,8±0,3	9,76±0,57
Массовая доля влаги, %	9,7±0,1	7,9±0,3
Массовая доля золы в абсолютно сухом веществе, %	1,85±0,1	1,72±0,22
Массовая доля пектиновых веществ, %	2,5±0,1	2,29±0,4
Крахмал, г	59,5±0,46	79,9±1,1
Энергетическая ценность, ккал	365,6±0,4	369± 2,0
Витамины:		
В ₁ (±20) мг/100 г	3,09	0,02
В ₂ (±20) мг/100 г	1,38	0,28
РР (±30) мг/100 г	1,1	1,1
Минеральные вещества, мг\100 г		
Железо (±10)	20,5	9,96
Кальций (±10)	87,9	189,7
Магний (±10)	81,3	86,5
Фосфор (±10)	287,9	128,4
Натрий (±14)	71,1	16,2
Калий (±15)	880,6	504,1

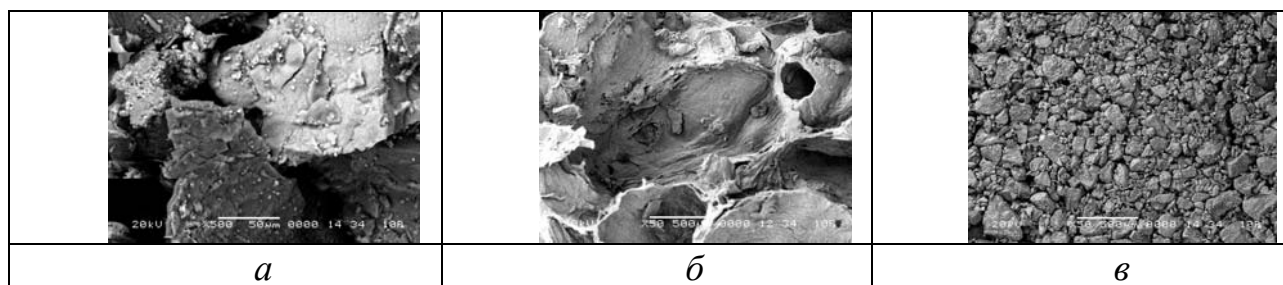


Рисунок 1 –Микрофотографии изменений структуры муки амарантовой при увеличении в 500 раз: *а* – муки нативной, *б*– эктрудата и *в*–муки экструдированной измельченной

Анализ микрофотографий структуры показывает наличие целых крахмальных зерен в муке амарантовой нативной, пористую с пленками клейстера структуру эктрудата и измельченную муку экструдированную.

Полученные данные по динамике ферментативного гидролиза муки нативной и экструдированной из различных сортов амаранта показали, что мука амарантовая экструдированная, лучше поддавалась ферментативному разжижению альфа-амилазой, чем нативная. При равной продолжительности процесса разжижения альфа-амилазой этих продуктов содержание редуцирующих веществ составляло для нативной амарантовой муки – 15,3%, а для экструдированной – 18,9% [11].

Комбинирование белков различных злаковых культур позволяет добиться максимальной биологической ценности, а также оптимального аминокислотного состава конечного продукта. Одним из показателей биологической ценности белка является аминокислотный скор. Для определения аминокислотного сора сравнивали количество незаменимых аминокислот в реальном белке и, в так называемом, «идеальном» белке. Аминокислотная шкала «идеального» белка для взрослого человека была рекомендована

Комитетом ФАО/ВОЗ. Аминокислотный скор каждой незаменимой аминокислоты в «идеальном» белке принимают за 100%, а в реальном белке определяют как соотношение количества незаменимых аминокислот в реальном белке к количеству тех же аминокислот в «идеальном» белке. По вычисленному скору определяли лимитирующую биологическую ценность изучаемого белка – аминокислоту с наименьшим скором. В зерновом продукте быстрого приготовления – это метионин.

Таблица 2 – Аминокислотный состав экстрактов трех сортов амаранта, зернового продукта быстрого приготовления с мукой амарантовой экструдированной (содержание 5%) и данных ФАО/ВОЗ

Аминокислотный состав	Данные ФАО/ВОЗ идеального белка, мг/1г белка	Мука амарантовая экструдированная сортовая						Зерновой продукт быстрого приготовления с содержанием муки амарантовой экструдированной (5%)	
		Сэм		Крепыш		Кизлярец			
		мг/100 г	Скор, %	мг/100 г	Скор, %	мг/100г	Скор, %	мг/100 г	Скор, %
Треонин	40	340,9	85	431,5	107	435,1	107	274,8	68,7
Валин	50	506,4	100	697,3	138	556,1	110	382,9	76,6
Метионин	35	81,5	22,8	135,4	38,5	117,1	34	107,7	30,6
Лейцин	40	522,2	74,5	822,6	117	858,5	121	396,2	56,6
Изолейцин	70	635,0	160	646,7	160	751,2	187	314,7	78,6
Лизин	60	598,5	107	621,5	109	628,3	112	294,3	53,5
Триптофан	55	122,3	122	131,4	131	154,1	154	118,4	118,0
Фенилаланин + тирозин	10	454,5	75	474,9	78	524,9	86	704,3	117,3

Выводы

Таким образом, мука амарантовая экструдированная обладает высокой энергетической и пищевой ценностью, отличается хорошими потребительскими свойствами и благодаря своим физико-химическим показателям и показателям по вододерживающей способности и растворимости, высокой усвояемости организмом и сбалансированным аминокислотным составом белков может использоваться не только в зерновых продуктах быстрого приготовления, но и в качестве стабилизаторов при производстве соусов и майонезов, в кисломолочных продуктах.

Список литературы

1. Сергеев, В.Н. Биологически активное растительное сырье в пищевой промышленности / В.Н. Сергеев, Ю.И. Кокаев // Пищевая промышленность. – 2001. – № 6. – С. 28–31.
2. Перспективы использования амаранта в пищевой индустрии / Ю.Ф. Росляков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2004. – №4. – С. 92–95.
3. Дулаев, В.Г. Новая технология и ассортимент продуктов глубокой переработки семян амаранта / В.Г. Дулаев, А.И. Меньшенин, С.О. Смирнов // Научное обеспечение и тенденции развития производства пищевых добавок в России. Материалы докладов междунар. конф., Москва, 12–13 окт. 2005 г. / Россельхозакадемия, ГУ ВНИИПАКК, 2005. – 66 с.
4. Карпов, В.Г. Технология и физико-химические свойства экструзионных крахмалопродуктов / В.Г. Карпов. – Москва: АгроНИИТЭИПП, 1991. – 24с.
5. Рихтер, М. Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, С. Аугустат, Ф. Ширбаум. – Москва: Пищевая промышленность, 1975. – 183 с.
6. Рогов, Б.С. Химия пищи / Б.С. Рогов. – Москва: Колос, 2007. – 853 с.
7. Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Мука амарантовая экструдированная: ТУ ВУ 100233786.029-2010. – Введ. 28.11.10. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 17с.
8. Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Продукты зерновые быстрого приготовления: ТУ ВУ 100233786.032-2010. – Введ. 04.11.2010. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 16 с.
9. Алексеева, Е.И. Физико-химическая характеристика сортов амаранта и их генетическая дифференциация / Е.И. Алексеева [и др.] // Труды Белорус. госуд. ун-та. Сер. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2010. – Т. 5, №2. – С. 127–133.
10. Алексеева, Е.И. Перспективы использования белосемянных сортов амаранта (*AMARANTHUS*) в пищевой промышленности / Алексеева Е.И., С.О. Смирнов // Овощеводство. Сб. науч. тр. – Минск, 2012. – Т. 20. – С. 14–19.
11. Алексеева, Е.И. Амарант (*AMARANTHUS*) – перспективная культура для получения пищевых добавок / Е.И. Алексеева, Д.М. Пихало, Т.С. Пучкова // Овощеводство. Сб. науч. тр. – Минск, 2012. – Т. 20. – С. 20–24.