

ЭКСТРУДИРОВАНИЕ ПОЛИКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И МЕЗГИ ПЛОДООВОЩНЫХ КУЛЬТУР

В статье приведены результаты исследования производства вспученных экструдатов с использованием крахмалосодержащего сырья на основе кукурузной крупы, обогащенного пищевыми волокнами, содержащимися в мезге моркови и тыквы посредством определения дозы их добавления к кукурузной крупе и влияния этого на процесс экструзии и качество вспученных экструдатов.

Ключевые слова: экструзия, кукурузная крупа, мезга тыквенная, морковная мезга, экструдер, пищевые волокна, температура экструдирования, степень вспучивания, пористость, производительность экструдера, структура, консистенция.

В настоящее время одним из наиболее эффективных и перспективных методов преобразования свойств растительного сырья с целью приготовления на его основе продуктов высокого качества является экструзионная обработка. Использование термопластической экструзии при обработке растительного сырья обеспечивает большой объем и разнообразие продукции, а экономический эффект использования экструзии обусловлен тем, что одна машина может заменить целый комплекс необходимых для производства продуктов машин. Использование экструдера для переработки растительного сырья позволяет сделать процесс непрерывным, универсальным по видам сырья и продукции.

Экструзионная обработка растительного сырья позволяет получать легкоусвояемые, готовые к употреблению продукты и полуфабрикаты с улучшенными вкусовыми качествами и высокой питательной ценностью [1], [2].

В пищевой промышленности под экструзией понимают технологический процесс выдавливания жгутов перерабатываемой массы через формирующие отверстия матрицы. В зависимости от температуры экструдированной массы различают следующие виды экструзии:

– холодная экструзия, в процессе которой протекают только механические изменения в материале вследствие его медленного перемещения под давлением и формирования этого продукта с образованием заданной формы. Используется холодная экструзия, в основном, при производстве макаронных и кондитерских изделий, при этом массовая доля влаги в экструдированной массе составляет от 30 до 60 %. Материал

при этом обладает повышенной пластичностью и низкой вязкостью. В связи с этим температура в процессе холодной экструзии значительно не изменяется и составляет на выходе из экструдера от 20 до 70 °С, давление при этом составляет от 6 до 10 МПа.

– теплая экструзия используется, в основном, для производства полуфабрикатов различных сухих завтраков, закусочных и диетических изделий, массовая доля влаги при этом в экструдированном материале составляет от 20 до 30 %. Основные изменения при экструзионной обработке такого материала выражаются в значительном приросте температуры, что объясняется повышением силы трения. Температура продукта на выходе из экструдера при теплой экструзии составляет от 70 до 100 °С. Давление экструдирования также увеличивается и достигает от 8 до 13 МПа. Повышение давления и температуры приводят не только к структурно-механическим, но и к химическим преобразованиям продукта, что ведет к денатурации белка и клейстеризации крахмала.

– горячая экструзия проводится при высоких скоростях и давлениях, что ведет к значительным по глубине изменениям продукта в связи со значительным переходом механической энергии в тепловую. Температура продукта на выходе из экструдера составляет от 110 до 200 °С, а давление повышается до 15–25 МПа. Такое повышение температуры и давления подвергает материал глубочайшим физико-химическим изменениям, в результате чего он из сыпучей массы превращается в упруго-вязко-пластичную, которая на выходе из экструдера вспучивается со значительным увеличением объема. Вспучивание происходит в результате сброса внутреннего давления, что ведет

к взрывному испарению влаги, которая в экструдере находится в виде перегретой жидкости и на выходе из фильеры мгновенно превращается в пар. Под действием давления пара происходит разрыв клеточных стенок, и образуются поры, что и увеличивает объем продукта. Резкое снижение температуры обеспечивает затвердевание крахмала и фиксирует альвеолярную структуру, образовавшуюся под действием пара. Горячая экструзия используется для производства готовых к употреблению сухих завтраков. Экструзия является идеальным технологическим процессом для обогащения получаемых продуктов пищевыми волокнами, витаминами, белками и другими компонентами, что в свою очередь дает возможность регулировать содержание их в рационе человека при профилактике многих заболеваний. Также необходимо отметить, что экструзионная технология позволяет безотходно и комплексно перерабатывать как белковое, крахмалосодержащее сырье, так и сырье с разнородным химическим и морфологическим составом, что очень перспективно в условиях возрастания дефицита пищевого белка. По мнению многих специалистов, получение пищевых белков из растительного сырья с помощью экструзии один из наиболее быстрых и перспективных путей решения белковой проблемы в России, так как это позволит компенсировать нехватку животных белков. В последнее время большое внимание уделяется регулированию содержания в пищевых продуктах пищевых волокон, введение которых в рацион человека обеспечивает профилактику запоров, геморроя, каловых камней, непроходимости кишечника, а также во многом рака толстой кишки. Одним из оптимальных способов внесения пищевых волокон в пищевые продукты позволяющий, равномерно распределить их в готовом изделии является экструзия. Ряд исследователей проводили опыты по переработке растительного сырья с помощью экструзии и получили следующие результаты.

Мальцевым А.С., Курасовым А.Н. был предложен способ производства экструдированных продуктов из материала, содержащего пищевые волокна на основе отрубей с крахмалосодержащим сырьем, предусматривающий смешивание материала с вкусовыми и ароматическими компонентами и последующим экструдированием смеси при влажностью 13–17% со скоростью выхода экструдата 30–99 м/мин [3]. Конечная влажность экструдатов составляла 4–9%.

Остриков А.Н., Магомедов Г.О., Дерканосов Н.М. проводили исследования по производству крупяных палочек с помощью экструзии, используя в качестве крахмалосодержащего сырья различные крупы и белковые добавки [4]. Так, в частности, ими разработан способ производства зерновых палочек с использованием гречневой крупы и сои. Ими установлено, что для данного продукта температура перед матрицей должна составлять 176–181 °С, так как это позволяет достичь давления в предматричной зоне необходимого для наиболее качественного изменения белков, углеводов и других основных компонентов.

В работе Манеевой Э.Ш. и Мирошникова С.А. показано, что экструдирование пшеничного ядра с использованием переходного режима между теплым и горячим методами позволяет получить продукт с высокой степенью трансформации крахмала без заметных потерь сахаров [5].

Известно, что основным отрицательным фактором, влияющим на питательность сои, является содержащийся в ней ингибитор трипсина и уреазы. Уровень трипсина и уреазы в сое, по мнению Касьянова Г.И., Бурцева А.В., Грицких В.А., при правильно организованной экструзии снижается до концентрации, которая является приемлемой для пищевых целей [6].

Использование экструзии для переработки крахмалосодержащего сырья также может быть эффективным решением проблемы по переработке некондиционного хлеба. В настоящее время этому вопросу уделяется также большое внимание.

Так Щепочкина Ю.А. изучала способ переработки некондиционного хлеба с добавлением яблочного пюре в количестве 1-10% от ее массы при производстве хлебных крекеров с помощью экструзии [7]. Так же она проводила исследования по вводу в некондиционный хлеб измельченного в крошку некондиционного шоколада в количестве 1–15% от ее массы при производстве полуфабрикатов вспученных экструдатов.

Зинюхина А.Г., Попов В.П., Коротков В.Г. изучали оптимизацию технологии производства полуфабрикатов вспученных экструдатов на основе крахмалосодержащего сырья с внесением мезги плодоовощных культур [8], [9], [10], [11], [12].

Зинюхин Г.Б. изучал вопросы экструзии пищевых масс на основе переработки некондиционного хлеба с добавлением перловой и ку-

курузной крупы при производстве полуфабрикатов вспученных экструдатов [13].

По мнению Курилкиной М.Я., Мирошникова С.А. с помощью экструзии можно обрабатывать смеси с содержанием высокодисперсных порошков металлов без снижения их биодоступности [14, 15].

В нашей работе сырьем для производства вспученных экструдатов послужила кукурузная крупа, которую обогащали мезгой плодовоовощных культур, которая в свою очередь является источником пищевых волокон.

Основной задачей нашего исследования было изучение возможности и целесообразности производства вспученных экструдатов из кукурузной крупы, обогащенной пищевыми волокнами, на основе плодовоовощных мезги посредством определения дозы их добавления к кукурузной крупе и влияния этого на процесс экструзии и качество вспученных экструдатов.

Основная цель работы – оптимизация состава поликомпонентной смеси для производства вспученных экструдатов путем разработки оптимальных рецептур и параметров экструзии для получения вспученных экструдатов на основе кукурузной крупы с добавлением мезги плодовоовощных культур.

Научной новизной данной работы является то, что впервые изучено влияние добавления мезги плодовоовощных культур во вспученные экструдаты на основе кукурузной крупы на процесс экструзии и качество получаемых готовых изделий. В ходе исследования было изучено влияние добавления различного количества мезги таких видов плодовоовощных культур, как морковь, тыква, при получении вспученных экструдатов на основе кукурузной крупы на следующие показатели: степень вспучивания, органолептические показатели (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция), пористость, температура экструдирования, производительность пресс-экструдера.

Подготовка сырья для опыта проводилась следующим образом: очищенную от минеральных и металломагнитных примесей кукурузную крупу измельчали в молотковой дробилке в два этапа с контролем крупности до размера частиц не более 2 мм.

Подготовку добавок проводили по следующей схеме: мезгу плодовоовощных культур (моркови, тыквы) сушили в инфракрасной сушилке

до влажности 9-10 % и затем измельчали в дробилке до частиц размером не более 1 мм.

Полученные образцы смешивали, добавляя в измельченную крупу порошок плодовоовощных культур в следующих количествах: образец № 1 – 5 % порошка морковной мезги; образец № 2 – 10 % порошка морковной мезги; образец № 3 – 15 % порошка морковной мезги; образец № 4 – 5 % порошка мезги тыквы; образец № 5 – 10 % порошка мезги тыквы; образец № 6 – 15 % порошка мезги тыквы.

После определения средневзвешенной влажности смеси образцы были увлажнены до массовой доли влаги 16 %. Получение вспученных экструдатов осуществлялось на лабораторном универсальном шнековом пресс-экструдере ПЭШ-30/4.

При анализе результатов исследований, представленных в таблице 1, было отмечено, что по мере увеличения массовой доли порошка морковной мезги в структуре смеси произошли существенные качественные изменения получаемых экструдатов. Так увеличились такие показатели как степень вспучивания, пористость производительность пресс-экструдера. А такие показатели как прочность, температура экструдирования при добавлении 10 % морковной мезги снизились по сравнению с первым образцом, но по мере увеличения доли мезги до 15 % эти показатели возросли. Также необходимо отметить, что добавление 15 % мезги позволило получить палочки правильной формы ярко-желтого цвета с явно выраженным вкусом и ароматом моркови, хрустящей консистенцией, с негрубую и развитой пористостью, шероховатой поверхностью.

При анализе экспериментальных данных, представленных в таблице 2, следует отметить, следующей тенденцию: по мере увеличения массовой доли тыквенной мезги в структуре экструдированной смеси до 10 % по сравнению с дозой 5 % увеличились такие показатели, как степень вспучивания, пористость, производительность пресс-экструдера, температура экструдирования.

При дальнейшем увеличении дозы внесения тыквенной мезги в смесь до 15 % степень вспучивания и производительность несколько снизились, а такие показатели как пористость и температура продолжали расти. Анализ органолептических показателей позволяет сделать вывод о том, что добавление тыквенной мезги в состав экструдата повлиял как на цвет готового про-

Таблица 1. Экспериментальные данные производства экструдированных продуктов на основе кукурузной крупы с добавлением морковной мезги

Вид сырья	Влажность теста, %	Степень вспучивания	Органолептические показатели (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция)	Пористость, %	Влажность экструдата, %	Производительность, кг/ч	Температура экструдирования, °С
Образец №1 Кукурузная крупа + морковная мезга 5 %	16,0	6,63	Кукурузные палочки правильной формы; бледно желтый цвет; вкус и аромат свойственен кукурузной крупе; консистенция хрустящая, структура негрубая с развитой пористостью и шероховатой поверхностью.	80,0	9,0	28,9	144,0
Образец №2 Кукурузная крупа + морковная мезга 10 %	16,0	6,63	Кукурузные палочки правильной формы; желтый цвет; вкус и аромат свойственен кукурузной крупе с легким вкусом моркови; консистенция хрустящая, структура негрубая с развитой пористостью и шероховатой поверхностью.	77,0	9,0	33,1	138,0
Образец №3 Кукурузная крупа + морковная мезга 15 %	16,0	7,15	Кукурузные палочки правильной формы; ярко желтый цвет; явно выражен вкус и аромат моркови; консистенция хрустящая, структура негрубая с развитой пористостью и шероховатой поверхностью.	84,0	8,0	44,85	140,0

Таблица 2. Экспериментальные данные производства экструдированных продуктов на основе кукурузной крупы с добавлением тыквенной мезги

Вид сырья	Влажность теста, %	Степень вспучивания	Органолептические показатели (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция)	Пористость, %	Влажность экструдата, %	Производительность, кг/ч	Температура экструдирования, °С
Образец № 4 Кукурузная крупа + мезга тыквы 5 %	16,0	5,7	Кукурузные палочки правильной формы; бледно розовый цвет; вкус и аромат свойственен кукурузной крупе; консистенция хрустящая, структура негрубая с развитой пористостью и шероховатой поверхностью.	79,0	8,0	34,55	160,0
Образец № 5 Кукурузная крупа + мезга тыквы 10 %	16,0	9,3	Кукурузные палочки правильной формы; розовый цвет; вкус и аромат свойственен кукурузной крупе; консистенция хрустящая, структура негрубая с развитой пористостью и шероховатой поверхностью.	79,0	8,1	44,05	165,0
Образец № 6 Кукурузная крупа + мезга тыквы 15 %	16,0	6,0	Кукурузные палочки правильной формы; розовый цвет; явно выражен вкус и аромат тыквы; консистенция хрустящая, структура негрубая с развитой пористостью и шероховатой поверхностью.	82,0	9,0	32,95	167,0

дукта, так и на его структуру и вкусовые качества. По мере увеличения массовой доли тыквенной мезги органолептические показатели улучшались, а именно, структура палочек становилась более пористой и нежной, цвет изделия становился более ярким и привлекательным, четче проявлялся вкус и аромат тыквы.

Таким образом, оптимальными параметрами экструдирования является влажность теста

16,0 % и массовая доля мезги 15 %. При этом включение в состав экструдированного сырья мезги моркови и тыквы, позволяет получить обогащенные пищевыми волокнами продукты с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями. Полученные продукты могут быть использованы для детского и диетического питания, а также в качестве продуктов быстрого питания.

8.12.2013

Список литературы:

1. Дегтяренко, Г. Н. Оптимизация процесса производства полуфабрикатов экструдатов на универсальном малогабаритном пресс-экструдере с использованием черствого и деформированного хлеба / Г. Н. Дегтяренко, В. П. Попов, Е. Я. Челнокова // Тезисы докладов XV науч.-техн. конф. – Оренбург: ОрПИ, 1993. – С. 36-37.
2. Выгодин, В. А. Экструзионная техника и технология: состояние, перспективы / В. А. Выгодин [и др.] // Пищевая промышленность. – 1995. – № 7. – С. 4.
3. Пат. 2172115 Российская Федерация, МПК⁷ А23L1/18, А23L1/308, А23P1/12, А23P1/14, А23С3/04, А23С47/30. Способ производства экструдированного пищевого продукта из материала, содержащего пищевые волокна, и экструдер / Мальцев А. С., Курасов А. Н.; заявитель и патентообладатель Мальцев А. С., Курасов А. Н. - № 2000124641/13; заяв. 28.09.00; опубл. 20.08.01. - 4 с.
4. Технология экструзионных продуктов / А. Н. Остриков [и др.]. – Санкт-Петербург: Проспект науки, 2007. – 202 с. - ISBN 5-903090-06-0.
5. Манеева, Э. Ш. Влияние способов обработки зерна на его питательность / Э. Ш. Манеева, С. А. Мирошников // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2009. - № 6. - С. 214-217.
6. Касьянов, Г. И. Технология производства сухих завтраков / Г. И. Касьянов, А. В. Бурцев, В. А. Грицких. - Ростов-на-Дону: Издат. центр «МарТ», 2002. - 96 с. - ISBN 5-241-00108-5.
7. Пат. 2381695 Российская Федерация, МПК А23L1/18, А23P1/12. Способ переработки некондиционного хлеба / Щепочкина Ю. А.; заявитель и патентообладатель Щепочкина Ю. А. - № 2008140780/13; заяв. 14.10.08; опубл. 20.02.10. - 2 с.
8. Попов, В. П. Разработка технологии производства сухих полуфабрикатов экструдатов с использованием варочных экструдеров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / В. П. Попов. – Москва: МГАПП, 1995. – 24 с.
9. Оптимизация технологии производства полуфабрикатов вспученных экструдатов на основе крахмалсодержащего сырья с внесением мезги плодовоовощных культур / А. Г. Зинюхина, А. Р. Гайнулина, В. В. Ваншин, В. П. Попов // Ключови въпроси в съвременната наука: материалы IX междунар. науч.-практ. конф., 17-25 апр. 2013 г., София / ред. М. Т. Петков. – София, 2013. – Т. 36: Технологии. – С. 51-55.
10. Попов, В. П. Безотходная технология совместной утилизации некондиционного хлеба и винных выжимок / В. П. Попов, С. П. Василевская // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2004. - № 1. - С. 145-150.
11. Пат. 2147814 Российская Федерация, МПК⁷ А23P1/12, С08В30/12. Способ экструзии зернового крахмалсодержащего сырья / Бондаренко В. А., Касперович В. Л., Попов В. П.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. - № 98121395/13; заяв. 24.11.98; опубл. 27.04.00. - 3 с.
12. Коротков, В. Г. Применение метода векторной оптимизации для синтеза технологии экструдирования биотехнологических объектов / В. Г. Коротков, В. П. Попов, С. П. Василевская // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2012. - № 10 (146). - С. 149-152.
13. Зинюхин, Г. Б. Разработка технологии производства хлебно-крупяных крекеров с применением одношнековых экструдеров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Г. Б. Зинюхин. – Москва: МГАПП, 1996. – 22 с.
14. Курилкина, М. Я. К пониманию действия порошков металлов на биодоступность компонентов экструдатов / М. Я. Курилкина [и др.] // Вестник ОГУ. - 2010. - № 6. - С. 147-151.
15. Дроздова, Е. А. Проблемы рационального использования вторичных сырьевых ресурсов в молочной и зерноперерабатывающей промышленности / Е. А. Дроздова, В. П. Попов // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2001. - № 4. - С. 99.

Сведения об авторах:

Ваншин Владимир Валерьевич, доцент кафедры технологии пищевых производств Оренбургского государственного университета, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Туктамышева Альбина Равилевна, магистрант кафедры пищевой биотехнологии Оренбургского государственного университета

Новикова Лидия Владимировна, ведущий инженер кафедры технологии пищевых производств Оренбургского государственного университета

Халитова Эльмира Шавкадовна, заведующий лабораторией кафедры пищевой биотехнологии Оренбургского государственного университета

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 3215, тел. (3532)372465, e-mail: halva.elm@mail.ru

Зинюхина Анна Георгиевна, аспирант кафедры пищевой биотехнологии Оренбургского государственного университета

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 3104 А, тел. (3532)372467