

6. Приезжева, Л. Г. Установление норм свежести и годности хлебопекарной муки по кислотному числу жира // Хлебопродукты. – 2013. – №4. – С. 56.

7. Приезжева, Л. Г. Нормы свежести и годности ржаной обдирной муки по кислотному числу жира // Хлебопродукты. – 2013. – №7. – С. 52.

УДК 664.769

ЭКСТРУДАТЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛИПИДОВ

Курочкин Анатолий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440039, г. Пенза, ул. Гагарина, 11.

E-mail: anatolij_kuro@mail.ru

Шабурова Галина Васильевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440039, г. Пенза, ул. Гагарина, 11.

E-mail: shaburovs@mail.ru

Фролов Дмитрий Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440039, г. Пенза, ул. Гагарина, 11.

E-mail: surr@bk.ru

Воронина Полина Константиновна, аспирант кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440039, г. Пенза, ул. Гагарина, 11.

E-mail: worolina89@mail.ru

Ключевые слова: экструдат, расторопша, липиды, влажность, коэффициент.

Цель исследований – обосновать основные технологические параметры и оценить степень их влияния на процесс получения экструдатов из растительного сырья с повышенным содержанием липидов. Экспериментальные исследования выполнялись с помощью одношнекового пресс-экструдера, дополнительно оснащенного вакуумной камерой и шлюзовым затвором. В качестве объекта исследования были выбраны семена расторопши пятнистой и зерна пшеницы, которые экструдировали в течение 15-20 с при температуре 100-105°C с последующим воздействием на выходящее из фильеры матрицы экструдера сырье пониженным давлением, равным 0,05 МПа. Частота вращения шнека пресс-экструдера составляла 7,5 с⁻¹, диаметр фильеры матрицы экструдера – 4 мм. Эксперимент проводился в трехкратной повторности. Статистическая обработка экспериментальных данных, выполненная с помощью корреляционно-регрессионного анализа в среде Microsoft Excel 2010 и Statistica 10, позволила получить математическую модель второго порядка, адекватно описывающую зависимость индекса расширения экструдатов (коэффициента взрыва) от исследуемых факторов. Анализ полученной модели свидетельствует о том, что на величину индекса расширения экструдатов существенное влияние оказывает содержание семян расторопши пятнистой в экструдированной смеси – с уменьшением доли расторопши в смеси до 10-15% он возрастает до 4,5-5,0. При увеличении содержания влаги в экструдированной расторопше, коэффициент взрыва также возрастает, принимая свое оптимальное значение в диапазоне влажности обрабатываемого сырья 16-26%. При этом влажность пшеницы с точки зрения качества получаемого экструдата оптимальна в диапазоне 10-18%. Результаты экспериментальных исследований показывают весьма важную в практическом плане закономерность: при одинаковой влажности расторопши и пшеницы и, тем более при более высокой влажности пшеницы, чем расторопши, процесс экструдирования смеси ухудшается. Для получения экструдата расторопши пятнистой с приемлемым коэффициентом взрыва (3,5-4,0) в качестве наполнителя можно использовать пшеницу с влажностью 14-15% в количестве 75-80% к экструдированной массе. При этом влажность экструдированной расторопши необходимо поддерживать в пределах 22-24%.

Разработка продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью, а также продуктов профилактического и диетического назначения требует расширения и совершенствования сырьевой базы. Одним из таких направлений может стать производство нового поколения пищевых полупродуктов (композитов) повышенной биологической ценности. Такие композиты могут быть использованы в качестве обогатителей, заменителей или улучшителей в производстве новых, а также традиционных пищевых продуктов [1]. Известно, что рацион питания большинства жителей России в той или иной мере дефицитен в отношении полиненасыщенных жирных кислот (омега-3, омега-6), растворимых и нерастворимых пищевых волокон (пектин, камеди, слизи, целлюлоза и др.), витаминов (группы В, Е и др.), а также широкого спектра минеральных веществ. В многочисленных работах, выполненных в последние 10-15 лет, данную проблему предлагается решить путем разработки натуральных пищевых обогатителей на основе продуктов переработки растительного

сырья с высоким содержанием липидов (плодов расторопши пятнистой, семян тыквы и т.д.). К примеру, плоды (семена) расторопши пятнистой содержат полиненасыщенные жирные кислоты, каротиноиды, витамины E и группы B, клетчатку, а также флаволигнан силимарин, обладающий сильным гепатопротекторным и антиоксидантным действием. При этом аминокислотный состав белка семян расторопши пятнистой позволяет говорить о его весьма высокой биологической ценности (AC по лизину = 0,77).

Продукты переработки расторопши пятнистой широко используются при изготовлении лекарственных препаратов, обеспечивающих защиту печени от токсических и аллергических повреждений, и могут применяться в пищевых технологиях в виде экстракта, масла, порошка нативных и обезжиренных семян [2, 3, 4].

В выполненных до настоящего времени работах, в качестве объекта исследования предлагалось использовать вторичный продукт переработки расторопши – шрот. Химический состав шрота (ТУ 9141-005-46899394-04) позволяет рекомендовать его в качестве натурального обогатителя пищевых продуктов белком (21,88%), жиром (12,87%), клетчаткой (27,38%), флавоноидами (2,5%), витаминами и минеральными веществами. В то же время исходя из состава и механизма действия масла и шрота расторопши пятнистой рекомендуется применять вместе [5]. Основываясь на практике применения экструдата семян тыквы при разработке функциональных пищевых добавок, можно предположить, что разработка таких продуктов на основе нативных семян расторопши пятнистой может быть весьма актуальной. При этом следует отметить, что экструдирование растительного сырья с содержанием липидов более 8-10% в чистом виде без добавления каких-либо наполнителей не практикуется [6].

Цель исследований – обосновать основные технологические параметры и оценить степень их влияния на процесс получения экструдатов из растительного сырья с повышенным содержанием липидов.

Задача исследований – определить рациональное значение факторов, оказывающих наибольшее влияние на качество экструдата расторопши пятнистой.

Научная гипотеза данных исследований базируется на следующих положениях:

- 1) процесс экструдирования растительного сырья с повышенным содержанием липидов можно оптимизировать за счет его переработки в смеси с крахмалсодержащими ингредиентами;
- 2) на качество получаемого экструдата влияет не только влажность обрабатываемой смеси, но и содержание воды в каждой из ее составляющих частей;
- 3) при производстве экструдатов с повышенным содержанием липидов нагрев обрабатываемого сырья не должен превышать 100-105°C, а полученный продукт должен быть охлажден и обезвожен до содержания влаги 6-7% сразу же после выхода из фильеры матрицы экструдера.

При этом общие подходы к получению и оценке экструдатов в данной работе учитывали ранее проведенные авторами исследования [7, 8, 9] и опыт применения экструдированных смесей нескольких растительных ингредиентов [10].

Материалы и методы исследований. Исследования проводились с помощью экспериментальной установки, в состав которой входит одношнековый пресс-экструдер, укомплектованный вакуумной камерой с выгрузным шлюзовым затвором. Пониженное давление в вакуумной камере создавалось с помощью вакуумного насоса, вакуум-регулятора и вакуум-баллона. Вакуум-регулятор позволял поддерживать необходимое давление в вакуумной камере, а вакуум-баллон служил для сглаживания возможных колебаний давления в системе и сбора конденсата, получаемого при охлаждении паровоздушной смеси, откачиваемой из вакуумной камеры. Выгрузка готового экструдата без разгерметизации вакуумной камеры обеспечивалась с помощью шлюзового затвора, выполненного в виде корпуса цилиндрической формы и вращающейся в нем восьмилопастной крыльчатки (ротора) на шариковых подшипниках.

В качестве объекта исследования были выбраны семена расторопши пятнистой и зерна пшеницы, которые экструдировали в течение 15-20 с при температуре 100-105°C с последующим воздействием на выходящее из фильеры матрицы экструдера сырье пониженным давлением, равным 0,05 МПа. Частота вращения шнека пресса-экструдера составляла 7,5 с⁻¹, диаметр фильеры матрицы экструдера – 4 мм. Эксперимент проводился в трехкратной повторности. В качестве факторов были выбраны: содержание расторопши пятнистой в экструдированной смеси – x_1 (%), влажность семян расторопши – x_2 (%) и влажность зерна пшеницы – x_3 (%). За критерий качества был принят индекс расширения экструдатов – B (коэффициент взрыва).

При поиске оптимальных условий протекания процесса экструдирования и получения экстремума критерия качества в почти стационарной области, где поверхность отклика имеет значительную кривизну, целесообразно использовать модель в виде полинома второй степени.

Программа эксперимента была реализована с помощью центрального композиционного униформ-ротатабельного планирования, состоящего из трех уровней: факторного плана типа 2³, составляющего «ядро» центрального композиционного плана; звездных точек, на осях факторного пространства и дополняющих опытов в центре плана.

Матрица планирования и результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Матрица планирования и результаты эксперимента

Система опытов	№ опыта	Кодированные факторы			Натуральные факторы			Индекс расширения
		X ₁	X ₂	X ₃	x ₁	x ₂	x ₃	
Полный факторный эксперимент типа 2 ³	1	-1	-1	-1	20,0	10,0	14,0	2,8
	2	-1	-1	+1	20,0	10,0	22,0	3,1
	3	-1	+1	-1	20,0	20,0	14,0	3,8
	4	-1	+1	+1	20,0	20,0	22,0	2,8
	5	+1	-1	-1	40,0	10,0	14,0	2,0
	6	+1	-1	+1	40,0	10,0	22,0	2,7
	7	+1	+1	-1	40,0	20,0	14,0	3,2
	8	+1	+1	+1	40,0	20,0	22,0	2,9
Опыты в «звездных» точках	9	-1,68	0	0	13,2	15,0	18,0	4,8
	10	+1,68	0	0	46,8	15,0	18,0	1,8
	11	0	-1,68	0	30,0	6,6	18,0	1,5
	12	0	+1,68	0	30,0	23,4	18,0	3,2
	13	0	0	-1,68	30,0	15,0	11,3	1,8
	14	0	0	+1,68	30,0	15,0	24,7	2,0
Опыты в центре плана	15	0	0	0	30,0	15,0	18,0	2,4
	16	0	0	0	30,0	15,0	18,0	2,5
	17	0	0	0	30,0	15,0	18,0	2,5
	18	0	0	0	30,0	15,0	18,0	2,6
	19	0	0	0	30,0	15,0	18,0	2,4
	20	0	0	0	30,0	15,0	18,0	2,5

Результаты исследований. Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью корреляционно-регрессионного анализа в среде Microsoft Excel 2010 и Statistica 10, в результате чего была получена адекватная математическая модель второго порядка (1), описывающая зависимость коэффициента взрыва (В) от содержания семян расторопши пятнистой в экструдруемой смеси – x₁, влажности экструдруемой расторопши – x₂, и пшеницы – x₃.

В общем виде искомая по композиционному плану второго порядка математическая модель достаточно надёжно аппроксимируется уравнением:

$$y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

На основании полученных экспериментальных данных были определены коэффициенты уравнения регрессии и получена математическая модель, связывающая значения параметра оптимизации с условиями его получения. С учётом значимых коэффициентов модель будет выглядеть следующим образом:

$$B = 2,790 - 0,360X_1 + 0,004X_1^2 + 0,236X_2 + 0,001X_2^2 + 0,390X_3 - 0,008X_3^2 + 0,002X_1X_2 + 0,003X_1X_3 - 0,014X_2X_3 \quad (2)$$

Оценим статистическую надёжность полученного уравнения регрессии с помощью общего критерия Фишера, который проверяет нулевую гипотезу о статистической незначимости параметров построенного регрессионного уравнения и показателя тесноты связи. Фактическое значение F-критерия Фишера для полученного уравнения регрессии F_p=4,06. Сравним его с табличным значением F-критерия (F_т), по заданным уровню значимости (α=0,05) и числу степеней свободы (в пакете Statistica: сс модели=9, сс остаток=10) F_т=3,02. Поскольку F_p > F_т, то нулевая гипотеза отвергается. Таким образом, признаётся статистическая значимость регрессионного уравнения и его параметров. Анализ полученного уравнения показывает, что на индекс расширения экструдата наибольшее влияние оказывают влажность пшеницы (коэффициент регрессии 0,390), содержание расторопши в экструдруемой смеси (коэффициент регрессии 0,360) и влажность расторопши (коэффициент регрессии 0,236). Эффекты межфакторных взаимодействий имеют малое влияние на критерий качества, за исключением, незначительно выделяющимся взаимодействием факторов x₂ и x₃ (влажности экструдруемой расторопши и пшеницы). Множественный коэффициент корреляции для модели R = 0,89, коэффициент детерминации R² = 0,79, статистическая значимость составляет p<0,02. Полученная математическая модель адекватна опытным данным при доверительной вероятности 95 %. Для поиска экстремума функции регрессии и факторов, наиболее сильно влияющих на критерий оптимизации, воспользуемся геометрической интерпретацией оптимизируемой функции и изучим поверхность отклика в частных зависимостях. По полученному уравнению регрессии (2) были построены поверхности отклика в частных случаях (рис. 1, 2, 3). Поверхность отклика, характеризующая зависимость коэффициента взрыва от содержания семян расторопши пятнистой в экструдруемой смеси – x₁ и влажности экструдруемой расторопши – x₂ представлена на рис. 1 (цифры показывают числовые значения коэффициента взрыва в отмеченных областях поверхности отклика).

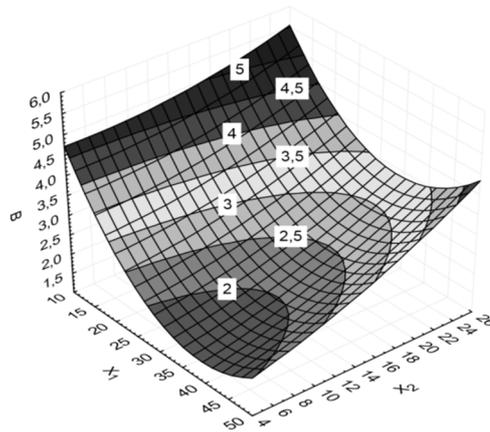


Рис. 1. Поверхность отклика, характеризующая зависимость коэффициента взрыва от содержания семян расторопши пятнистой в экструдированной смеси – x_1 и влажности экструдированной расторопши – x_2

Графический анализ поверхности отклика (рис. 1) показывает, что заметное влияние на коэффициент взрыва оказывает содержание семян расторопши пятнистой в экструдированной смеси – x_1 , причем оптимальные значения этого параметра колеблются в диапазоне 10-15%. Процент содержания влаги в экструдированной расторопше – x_2 с возрастанием плавно увеличивает коэффициент взрыва ($B=4,5...5,0$), при оптимальном диапазоне 16-26%.

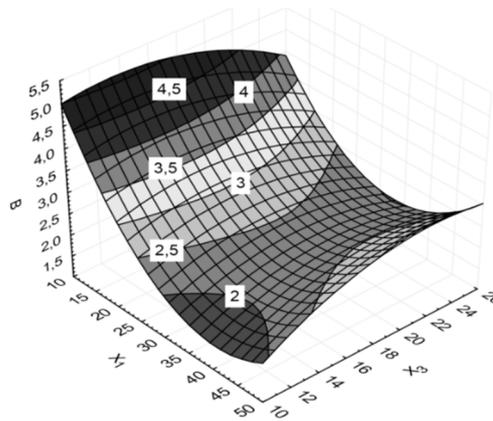


Рис. 2. Поверхность отклика, характеризующая зависимость коэффициента взрыва от содержания семян расторопши пятнистой в экструдированной смеси – x_1 и влажности пшеницы – x_3

Анализ поверхности отклика (рис. 2) подтверждает результат, изображенный на поверхности отклика (рис. 1). Так, содержание семян расторопши пятнистой в экструдированной смеси – x_1 оказывает сильное влияние на коэффициент взрыва ($B=4,0...4,5$) в районе тех же 10-15%. При этом влажность пшеницы – x_3 оптимальна в диапазоне 10-18%.

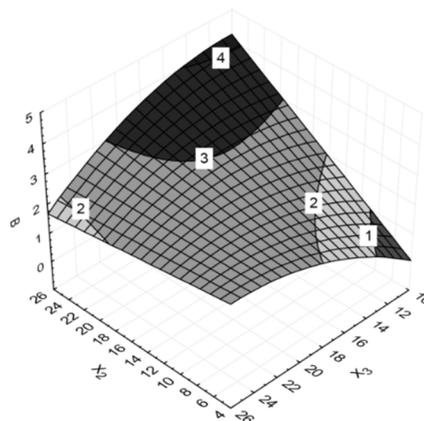


Рис. 3. Поверхность отклика, характеризующая зависимость коэффициента взрыва от влажности экструдированной расторопши – x_2 и влажности пшеницы – x_3

Экстремум коэффициента оптимизации находится в диапазоне 3,5-4,0 при рассмотрении факторов влажности экструдруемой расторопши – x_2 и влажности пшеницы – x_3 , причем из рисунка 3 видно, что оптимальной влажностью расторопши будет 16-26%, а оптимальной влажностью пшеницы 10-18%. Также наблюдается межфакторный эффект взаимодействия, когда для достижения максимума коэффициента взрыва должно соблюдаться условие: при увеличении влажности расторопши в пределах оптимальных значений (16-26%) влажность пшеницы в диапазоне своих оптимальных значений (10-18%) должна уменьшаться и наоборот.

Результаты экспериментальных исследований показывают весьма важную в практическом плане закономерность: при одинаковой влажности расторопши и пшеницы и, тем более при влажности пшеницы большей, чем влажность расторопши, процесс экструдирования смеси ухудшается. При этом в экструдате встречаются частицы необработанной пшеницы. Поэтому в дальнейшем было принято решение для получения экструдатов с повышенным содержанием липидов в качестве наполнителя использовать пшеницу с влажностью 14-15 %, при влажности расторопши пятнистой 22-24%. Такие параметры экструдруемого сырья позволяют получить приемлемое качество экструдата с высоким содержанием липидов (6,0-7,5%) при содержании в обрабатываемой смеси 20-25% расторопши пятнистой. Коэффициент взрыва получаемого экструдата находится в пределах 3,5-4,0.

Заключение. Для получения экструдата расторопши пятнистой с приемлемым коэффициентом взрыва (3,5-4,0) в качестве наполнителя можно использовать пшеницу с влажностью 14-15% в количестве 75-80% к экструдруемой массе. При этом влажность экструдруемой расторопши необходимо поддерживать в пределах 22-24%.

Библиографический список

1. Коновалов, К. Л. Белково-липидные композиты повышенной биологической ценности, ориентированные на достижение максимального технологического эффекта / К. Л. Коновалов, М. Т. Шулбаева, А. И. Лосева [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – №1. – С. 51-55.
2. Джашеева, З. А.-М. Использование экстрактов расторопши пятнистой в технологии сливочного масла : автореф. дис.канд. техн. наук : 05.18.07 / Джашеева Земфира Абдул-Мудалифовна. – М., 2011. – 24 с.
3. Темираев, Р. Б. Использование шрота расторопши в рецептуре макаронных изделий для повышения их протекторных свойств / Р. Б. Темираев, З. Т. Баева, Л. А. Витюк, Р. Э. Валиева // Наука, техника, образование. – 2014. – №1. – С. 27-29.
4. Куркин, В. А. Расторопша пятнистая – источник лекарственных средств (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. – 2003. – Т. 37. – №4. – С. 27-41.
5. Семенкина, Н. Г. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки расторопши пятнистой : автореф. дис.канд. техн. наук : 05.18.01 / Семенкина Наталья Геннадьевна. – М., 2010. – 26 с.
6. Курочкин, А. А. Регулирование функционально-технологических свойств экструдатов растительного сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №4. – С. 86-91.
7. Курочкин, А. А. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №4. – С. 94-99.
8. Курочкин, А. А. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Нива Поволжья. – 2014. – №1. – С. 30-35.
9. Курочкин, А. А. Технологические основы инновационного подхода к переработке семян тыквы / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, И. Н. Шешницан, Л. Ю. Кулыгина // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания : сб. мат. – Челябинск : ЮУрГУ, 2011. – Т. 2. – С. 85-87.
10. Пат. 2522945 Российская Федерация, МПК А21D 8/02, А21D 2/36. Способ производства хлеба / Шабурова Г. В., Курочкин А. А., Воронина П. К. [и др.]. – № 2012152688 ; заявл. 06.12.2012 ; опубл. 20.07.2014, Бюл. №20. – 7 с.

УДК 664.681

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАФЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОШКА ТЫКВЫ

Бочкарева Зенфира Альбертовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440605, г. Пенза, ул. Гагарина, 11.

E-mail: bochkarievaz@mail.ru

Ключевые слова: вафли, тыква, порошок.

Цель исследования – совершенствование технологии вафельных изделий с продуктом переработки тыквы – порошком тыквы. В статье показана возможность обогащения и расширения ассортимента вафельных