

Определение водопогложительных показателей экструдатов на основе композиции ячменя, чечевицы и тыквы

Фролов Д.И., Потапов М.А.

Аннотация. В статье исследовались водопогложительные показатели экструдатов, полученные путем экструзии зерновой смеси (ячмень, тыква, чечевица). Экструдаты были получены с использованием одношнекового лабораторного экструдера. Статистическая обработка эксперимента была произведена с помощью плана поверхности отклика. В качестве независимых факторов были использованы такие факторы влияния на параметры экструзии как: состав смеси, содержание влаги и температура цилиндра. В качестве зависимых переменных были рассмотрены: индекс водопоглощения (WAI), индекс растворимости в воде (WSI). Значительное увеличение индекса водопоглощения (5,34-6,23 г/г) наблюдалось при высоком содержании влаги. Отрицательные коэффициенты регрессии состава смеси, температуры цилиндра и содержания влаги показали, что эти параметры снижают индекс водорастворимости экструдатов.

Ключевые слова: экструзия, ячмень, тыква, чечевица, индекс водопоглощения, индекс растворимости в воде.

Для цитирования: Фролов Д.И., Потапов М.А. Определение водопогложительных показателей экструдатов на основе композиции ячменя, чечевицы и тыквы // Инновационная техника и технология. 2021. Т. 8. № 2. С. 15–19.

Determination of water absorption parameters of extrudates based on the composition of barley, lentil and pumpkin

Frolov D.I., Potapov M.A.

Abstract. The article investigates the water absorption characteristics of extrudates obtained by extrusion of a grain mixture (barley, pumpkin, lentils). The extrudates were prepared using a laboratory single screw extruder. Statistical processing of the experiment was performed using the response surface plan. As independent factors were used such factors of influence on the parameters of extrusion as: the composition of the mixture, moisture content and temperature of the cylinder. The dependent variables were considered: water absorption index (WAI), water solubility index (WSI). A significant increase in the water absorption index (5.34-6.23 g / g) was observed at a high moisture content. Negative regression coefficients of the mixture composition, barrel temperature and moisture content showed that these parameters reduce the water solubility index of the extrudates.

Keywords: extrusion, barley, pumpkin, lentils, water absorption index, water solubility index.

For citation: Frolov D.I., Potapov M.A. Determination of water absorption parameters of extrudates based on the composition of barley, lentil and pumpkin. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2021. Vol. 8. No. 2. pp. 15–19. (In Russ.).

Введение

Разнообразные питательные закуски могут быть получены путем включения в рецептуру бобовых, овощей и фруктов. Исследования показали, что потребление зерновых, фруктов и овощей может снизить риск хронических заболеваний и/или улучшить общее состояние здоровья человека [1].

Первый ячмень был культивирован человеком

более 10 тысяч лет назад. Ячмень содержит высокое количество углеводов и умеренное количество белка, кальция и фосфора. Он также содержит небольшое количество витаминов группы В. Россия занимает первое место в мире по производству ячменя (14,2% от мирового производства). Пищевые продукты из ячменя оказывают охлаждающее и успокаивающее действие на организм, которое сохраняется в течение длительного времени.

Россия ежегодно импортирует до 24 тыс. тонн чечевицы. Семена чечевицы содержат 1-2% жира, 24-32% белков и минералов (железо, кобальт и йод) и витаминов (лизин и аргинин).

В мире существует множество проблем, связанных с белково-калорийным недоеданием. Бобовые могут помочь в решении этой проблемы. Бобовые полезны для увеличения содержания белка. Бобовые во всем мире считаются богатым источником белков и содержат примерно в три раза больше белков, чем злаки. Бобовые, в том числе чечевица, фасоль и нут, являются важными культурами из-за их питательных качеств. Они являются богатыми источниками сложных углеводов, витаминов и минералов [2].

Один из способов обогатить продукты каротином, витаминами, минералами и пищевыми волокнами – это включение в состав тыквы.

Экструзия является очень перспективной технологией для разработки качественных функциональных продуктов [3, 4]. Улучшенная функциональность экструдированной муки может быть эффективно использована при разработке новых безглютеновых продуктов, с высоким содержанием клетчатки, с низким содержанием жира [5, 6].

Цель исследования - определение водопоглотительных показателей экструдатов на основе композиции ячменя, чечевицы и тыквы.

Объекты и методы исследования

Ячмень и чечевица, закупаются на местном рынке и измельчались мельницей в мелкий порошок. Тыкву сушили в сушилке горячим воздухом при температуре 70 °С и измельчали в миксере в муку мелкого помола. Все три вида муки просеивали через сито (200 мкм).

Состав смеси был сделан путем смешивания ячменя, чечевицы и тыквы. Содержание тыквы оставалось постоянным (8%) во всех пяти обработках. Содержание ячменя изменялось от 50 до 90%, чечевицы от 2 до 42%. Все ингредиенты взвешивали отдельно и просеивали через сито, перемешивали и хранили для дальнейшего использования.

При выполнении работы были использованы общепринятые стандартные методы исследований.

Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭК-40 (диаметр шнека 40 мм) с использованием фильеры диаметром 3 мм.

Индекс водопоглощения и индекс растворимости определяли следующим образом: 2,5 грамма измельченного образца растворяли в 30 мл дистиллированной воды, перемешивали и затем центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 минут. Супернатант отделяли и сушили на плите, затем сушили при 105 °С в печи с горячим воздухом до постоянного веса [7]. Индекс водопоглощения (WAI) и индекс растворимости в воде (WSI) были рассчитаны по уравнениям:

$$WAI = \frac{Po}{Ps} \quad (1)$$

где WAI – индекс водопоглощения, г/г;

Po – масса осадка, г;

Ps – сухой вес экструдата, г;

$$WSI = \frac{Pw}{Ps} 100 \quad (2)$$

где Pw – масса растворенных твердых частиц в супернатанте, г;

WSI – индекс растворимости в воде, %.

Программа Statistica 10 была использована для составления плана эксперимента, проведения статистического анализа и использовалась для разработки, оценки эффектов и получения поверхностей отклика.

Центральное композиционное планирование эксперимента использовалось для оценки влияния переменных процесса экструзии на удельную механическую энергию и физические свойства экструдатов.

Результаты и их обсуждение

Независимыми переменными, выбранными для эксперимента, были: пропорции смеси (ячменная мука: чечевичная мука: тыквенная мука) (Mix) – (50: 42: 8, 60: 32: 8, 70: 22: 8, 80: 12: 8, 90: 2: 8); содержание влаги (W), 13, 15, 17, 19 и 21%, и температура цилиндра (T), 115, 125, 135, 145 и 155 °С.

Переменными отклика были: индекс водопоглощения (WAI) и индекс растворимости в воде (WSI).

Влияние независимых переменных на характеристики экструдатов на основе ячменя с добавлением чечевицы и тыквы

Все параметры показали высокую адекватную точность. Достаточно хороший коэффициент детерминации ($R^2 = 0,95$ для WAI; $R^2 = 0,99$ для WSI) показал, что разработанные модели оказались адекватными. Дисперсионный анализ для соответствия экспериментальных данных моделям поверхности отклика приведен в таблице 1.

План эксперимента и полученные данные индекса водопоглощения (WAI) и индекса растворимости в воде (WSI) показаны в таблице 2.

Индекс водопоглощения экструдатов варьировал от 5,34 до 6,23 г/г при среднем значении 5,82 г/г. Изменение состава смеси, увеличение содержания влаги и повышение температуры цилиндра могут увеличить индекс водопоглощения. Индекс водопоглощения увеличивается с повышением температуры, вероятно, из-за усиления декстринизации при более высокой температуре (рис. 1, 2).

Индекс растворимости в воде экструдатов составлял от 0,1 до 0,25% при среднем значении

Таблица 1 – Дисперсионный анализ для соответствия экспериментальных данных моделям поверхности отклика

Зависим. Перемен.	SS модели и SS остатков (2**3) центр. комп. план, nc=8 ns=6 n0=2 Опыт=16										
	Мно-жеств R	Мно-жеств R2	Скоррект R2	SS Мо-дель	Сс Мо-дель	MS Мо-дель	SS Оста-ток	Сс Оста-ток	MS Оста-ток	F	p
WAI (г/г)	0,952	0,905	0,820	1,216	9	0,135	0,127	10	0,013	10,645	0,000
WSI (%)	0,991	0,982	0,965	0,032	9	0,004	0,001	10	0,000	58,966	0

Таблица 2 – Влияние условий обработки на характеристики экструдатов на основе ячменя с добавлением чечевицы и тыквы

Состав смеси Mix (%) (Ячм :Чеч:Тык)	Содержание влаги W (%)	Температура цилиндра T (°C)	WAI (г/г)	WSI (%)
60:32:08	15	125	5,34	0,255
60:32:08	15	145	5,7	0,22
60:32:08	19	125	5,89	0,15
60:32:08	19	145	5,66	0,13
80:12:08	15	125	5,55	0,15
80:12:08	15	145	6,06	0,15
80:12:08	19	125	5,85	0,125
80:12:08	19	145	5,54	0,12
50:42:08	17	135	5,61	0,23
90:02:08	17	135	5,95	0,15
70:22:08	13	135	5,85	0,21
70:22:08	21	135	6,16	0,1
70:22:08	17	115	5,45	0,125
70:22:08	17	155	5,47	0,12
70:22:08	17	135	6,23	0,135
70:22:08	17	135	5,98	0,15
70:22:08	17	135	5,95	0,135
70:22:08	17	135	6,23	0,135
70:22:08	17	135	5,98	0,15
70:22:08	17	135	5,95	0,135

Mix (%) - состав смеси (Ячм - ячмень; Чеч - чечевица; Тык - тыква); W (%) - содержание влаги; T (°C) - температура цилиндра; WAI (г/г) - индекс водопоглощения; WSI (%) = индекс растворимости в воде.

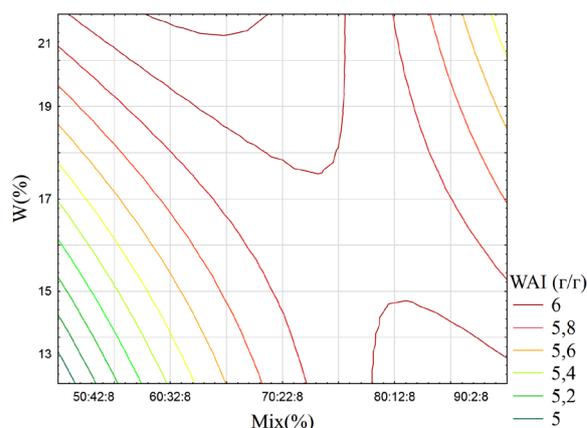


Рис. 1. Влияние состава смеси и содержания влаги на WAI экструдатов на основе ячменя, содержащих чечевицу и тыкву

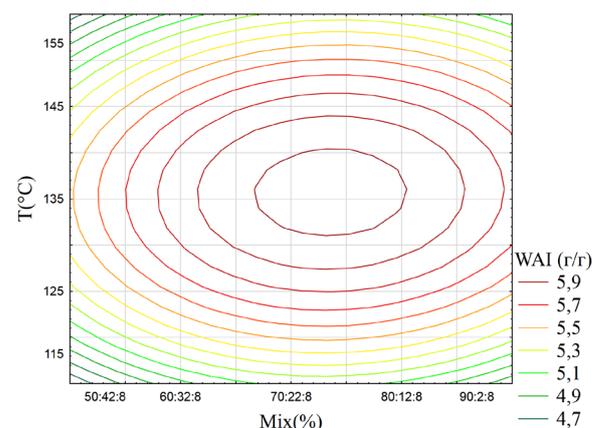


Рис. 2. Влияние влажности и температуры цилиндра на WAI экструдатов на основе ячменя, содержащих чечевицу и тыкву

0,13%. Анализ графиков дисперсии и поверхности отклика (рис. 3, 4) показали отрицательное влияние состава смеси, влажности и температуры цилиндра. Индекс растворимости в воде (WSI) используется

как мера разложения крахмала; это означает, что при более низком WSI происходит незначительное разложение крахмала, и такое состояние приводит к меньшему количеству растворимых молекул в экс-

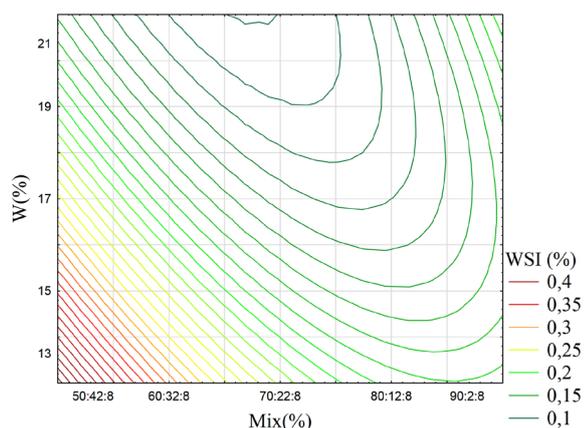


Рис. 3. Влияние состава смеси и содержания влаги на WSI экструдатов на основе ячменя, содержащих чечевицу и тыкву

трудатах. Более высокое содержание влаги в процессе экструзии может уменьшить денатурацию белка и разложение крахмала.

Выводы

Ячмень имеет высокое содержание углеводов и умеренное содержание белка, кальция и фосфора. Для улучшения питательности экструдатов в

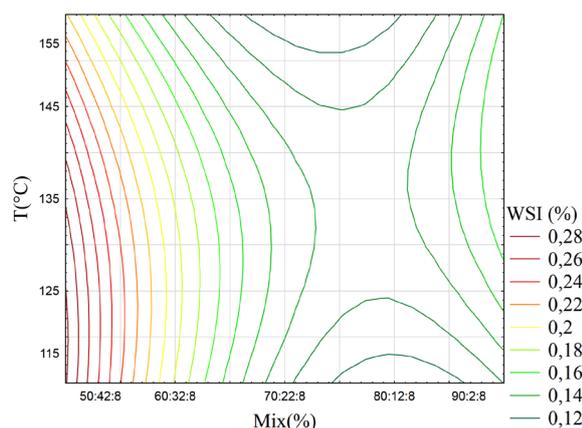


Рис. 4. Влияние состава смеси и температуры цилиндра на WSI экструдатов на основе ячменя, содержащих чечевицу и тыкву

экструдированную смесь были добавлены чечевица и тыква. Чечевица - богатый источник лизина, а тыква - хороший источник клетчатки. Было обнаружено, что более высокое содержание влаги увеличивает индекс водопоглощения экструдатов. Наблюдалось обратное влияние состава сырья, температуры цилиндра и содержания влаги на индекс водорастворимости экструдатов.

Литература

- [1] Bioactive compounds and acceptance of cookies made with Guava peel flour / S.M.M. Bertagnolli [et al.] // Food Science and Technology. 2014. Vol. 34. P. 303–308.
- [2] Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes / G.E. de Almeida Costa, K. da Silva Queiroz-Monici, S.M. Pissini Machado Reis, A.C. de Oliveira // Food Chemistry. 2006. Vol. 94. № 3. P. 327–330.
- [3] Курочкин А.А., Фролов Д.И. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 76–81.
- [4] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного сусла / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 13–20.
- [5] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 3 (42). С. 104–111.
- [6] Chemical composition and physicochemical properties of extruded buckwheat / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, G.V. Shaburova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. No. 2. P. 022037.

References

- [1] Bioactive compounds and acceptance of cookies made with Guava peel flour / S.M.M. Bertagnolli [et al.] // Food Science and Technology. 2014. Vol. 34. pp. 303–308.
- [2] Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes / G.E. de Almeida Costa, K. da Silva Queiroz-Monici, S.M. Pissini Machado Reis, A.C. de Oliveira // Food Chemistry. 2006. Vol. 94. No. 3. pp. 327–330.
- [3] Kurochkin A.A., Frolov D.I. Multicomponent extrudate based on wheat grain and milk thistle seeds // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 4. P. 76–81.
- [4] Technological aspects of the regulation of the extract yield when obtaining beer wort / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2020. Vol. 8. No. 2. pp. 13–20.
- [5] Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and food fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Technics and technology of food production. 2016. No. 3 (42). pp. 104–111.
- [6] Chemical composition and physicochemical properties of extruded buckwheat / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, G.V. Shaburova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. No. 2. P. 022037.

- Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. № 2. P. 022037.
- [7] Jozinović A. et al. Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits // Journal of Food Engineering. 2016. T. 172. C. 31-37.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p>Потапов Максим Александрович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440045, Пенза, ул. Ульяновская, д. 36, кв. 37 E-mail: torrentskachat@mail.ru</p>	<p>Potapov Maxim Alexandrovich postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: torrentskachat@mail.ru</p>