

УДК 664.7(577.15+613.2)

<https://doi.org/10.21603/-I-IC-152>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ И ГИДРОТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А.Ю. Шариков, В.В. Иванов, Е.Н. Соколова, М.В. Амелякина, Е.М. Серба  
ВНИИПБТ — филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва, Россия

### Аннотация

Разработана технология безглютеновых снеков на основе ферментативного гидролиза белков пшеницы специфичными протеазами с последующей экструзией гидролизата в смеси с другим безглютеновым сырьем. Установлено, что с увеличением доли гидролизата в экструдруемой смеси с 15 до 35% значительно ухудшаются структурно-механические характеристики экструдатов. Техническим решением данной проблемы является использование системы отбора пара из камеры экструдера, позволяющей перерабатывать высоковлажные смеси без потери качества продукта.

**Ключевые слова:** пшеница, глютен, фермент, протеаза, гидролизат, экструзия, профилактический диетический продукт, снек

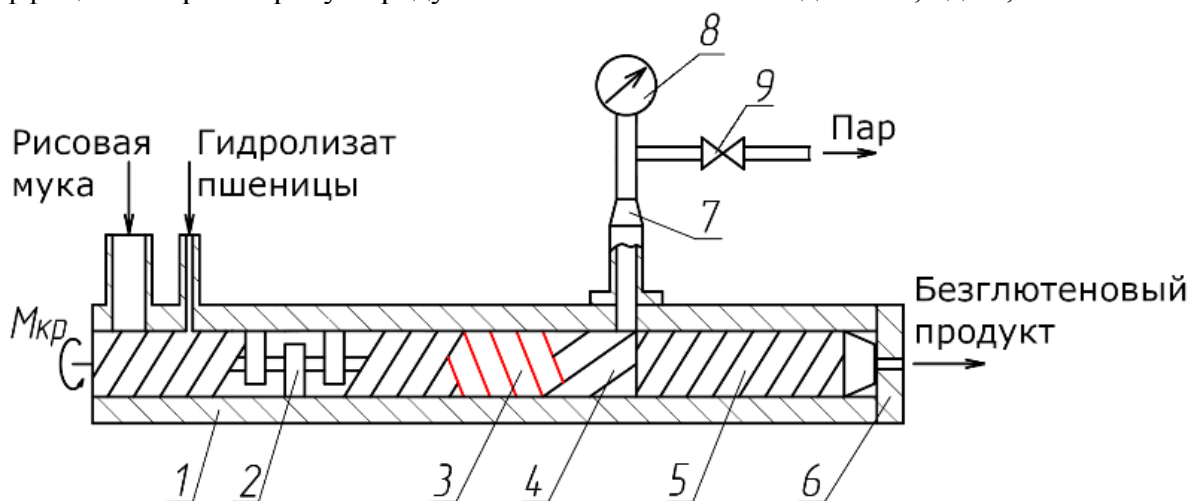
Помимо целиакии выделяют различные формы алиментарных заболеваний, ассоциированных с потреблением глютеносодержащих продуктов, например неглютеновую чувствительность к глютену, герпетиформный дерматит, атаксию глютена [1]. Несоблюдение безглютеновой диеты для пациентов с целиакией повышает риск неходжкинской лимфомы в 2–4 раза, риск аденокарциномы тонкой кишки — более чем в 30 раз, а риск смерти — в 1,4 раза [2]. При наличии в торговых сетях широкой номенклатуры безглютеновых пищевых ингредиентов и продуктов проблемой является «скрытый» глютен - их возможная контаминация глютенном в процессе сбора урожая, хранения, транспортировки и переработки на предприятиях пищевой промышленности. Контроль каждой стадии переработки безглютеновой продукции с ее сертификацией по различным стандартам значительно увеличивает стоимость таких продуктов для потребителя. Технический регламент таможенного союза 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» допускает использование специальных видов обработки глютеносодержащих злаков и ингредиентов с целью снижения содержания глютена до уровня менее 20 мг/кг готовой безглютеновой продукции. Поэтому альтернативой сертифицированному безглютеновому сырью являются компоненты обработанных глютеносодержащих злаков со сниженной концентрацией глютена. Одним из видов такой обработки является деструкция пролиновых и глютаминовых связей пептидов глютена специфичными протеазами [3]. Пролинэндопептидазы, специфичные к биоконверсии глютена, синтезируются различными видами микроорганизмов: *Flavobacterium meningosepticum*, *Sphingomonas capsulate*, *Mucococcus Xanthus*, *Asp. niger*, *Asp. Oryzae*. Нашими исследованиями было показано [4], что эффективный гидролиз глютена обеспечивает использование комплексов коммерческих ферментных препаратов (ФП) и разработанного во ВНИИПБТ ферментного комплекса КФПА, синтезируемого *Asp. Oryzae* и включающего в свой состав протеиназы и пептидазы эндо-действия (металлозависимая нейтральная, сериновая и цистеиновая). После гидролиза белок пшеницы частично теряет свои функциональные свойства, поэтому перспективным направлением использования гидролизатов со сниженным содержанием аллергена

является получение готовых к употреблению продуктов в виде снеков, произведенных по технологии варочной экструзии.

Целью исследования являлось изучение влияния содержания гидролизата пшеницы в экструдруемой смеси на качество получаемых продуктов, а также определение возможности использования системы отвода пара из камеры экструдера.

Экструдирование осуществляли с использованием модернизированного двухшнекового экструдера Werner & Phleiderer Continua 37, оснащенного системой отбора пара непосредственно из экструзионной камеры. Схематично процесс представлен на рисунке 1. Предварительный ферментативный гидролиз проводили комплексом ФП, включающий протеазы Flavourzyme (3 ед. ПС/ г сырья), Neutrase (1,5 ед. ПС/ г сырья),  $\alpha$ -амилазу Fyngamyl (8 ед. АС/ г сырья) производства компании Novozymes. В процессе экструдирования контрольной смеси, включающую рисовую муку, соль и карбонат кальция, насосом подавали гидролизат пшеницы в количестве 15-35 % масс.

Содержание глютена в получаемой продукции, определенное иммуноферментным методом с использованием моноклональных антител R5, специфичных к глютену, варьировалось в диапазоне 12,4-18 мг/кг, что соответствует требованиям ТР ТС 027/12 к безглютеновой продукции. Повышение подачи гидролизата в камеру экструдера значительно снизило давление в камере экструдера, момент сдвига, что объясняется увеличением влагосодержания в смеси и снижением сил трения. Отмечено снижение удельного расхода электроэнергии на проведение процесса с 0,21 кВт·час/кг при экструдировании только сухой смеси до 0,1 кВт·час/кг при дозировании 35% гидролизата, при этом коэффициент взрыва гранул продукта снизился более чем вдвое с 8,6 до 4,1.



**Рисунок 1 - Конструктивно-технологическая схема экструзионного процесса с отбором пара**

**1-экструзионная камера; 2-смесительные элементы; 3-реверсивные элементы; 4-транспортирующие элементы с увеличенным шагом; 5-транспортирующие элементы; 6- матрица; 7-расширительная камера; 8-манометр; 9-вентиль регулировки давления пара**

Исследование структурно-механических свойств с использованием анализатора текстуры Brookfield CT3 показало, что увеличение доли гидролизата в экструдруемой смеси ведет к получению более твердой и менее пористой продукции. Твердость экструдатов повысилась с 6,7 до 14,3 Н. Обратная тенденция отмечена в отношении показателя количества микроразломов, значения которых достоверно не различимы при содержании гидролизата до 20%, а с увеличением до 25% и выше, значение этой

характеристики снизилось с 14,3-14,8 до 6,0, соответствующее максимальному внесению гидролизата пшеницы. По результатам органолептического анализа снеков на основе рисовой муки с добавлением ферментализата пшеницы в количестве 15-35% наибольшие дегустационные оценки получили образцы с внесением 20% гидролизата.

С целью повышения доли утилизируемого гидролизата без потери потребительских качеств продукции проведены испытания устройства по дополнительному отбору пара в технологии безглютеновых снеков. Конструкционные особенности шнековых органов позволяют отводить часть влаги перерабатываемого сырья через расширительную камеру из камеры установки. Проведено экструдирование экспериментальных смесей с гидролизатом пшеницы в количестве 25 и 35% масс. с регулированием степени отбора пара. Отмечено, что с увеличением отбора пара давление увеличивается на 78-87%, момент сдвига - на 64-68%, удельный расход электроэнергии на проведение процесса для смесей с 25% ферментализата - с 0,14 до 0,25 кВт·час/кг и для 35% - с 0,11 до 0,18 кВт·час/кг. В таблице 1 представлены изменения влажности экструдатов при применении системы отбора пара, которая позволила в процессе производства безглютеновых снеков повысить количество удаленной из смеси влаги на 86-88%.

**Таблица 1**

**Показатели влажности образцов при экструзии**

Содержание гидролизата в экструдированной смеси, %	25			35		
	нет	да	да	нет	да	да
Отбор пара						
Давление на манометре устройства отбора пара, МПа	0,4	0,34	0,29	0,4	0,25	0,2
Влажность экструдата после резки, %	13,8	7,8	7,1	16,4	11,3	9
Общая удаленная влага, %	7,6	13,6	14,3	8,6	13,7	16

Образцы, полученные с отбором пара и меньшим содержанием гидролизата, были более пористые и менее твердые. С увеличением отбора пара коэффициент взрыва гранул продукта значительно увеличился, при доле гидролизата 25% отмечено повышение с 5,6 до 10,0, для 35 % - с 7,5 до 9,4. Обратная тенденция отмечена для твердости продукта – снижение с 6,6 до 3,5 Н и с 10,5 до 4,4 Н. Таким образом, внедрение системы отбора пара позволило значительно улучшить потребительские характеристики безглютеновых снеков при повышенной дозировке перерабатываемых гидролизатов с получением на выходе из фильеры экструдера экструзионные снеки с влажностью 7-8%, не требующие значимого расхода энергии на их сушку.

*Работа проведена за счет средств госбюджета на выполнение государственного задания по ПНИ Тема № 0410-2020-001*

**Список литературы**

1. El Khoury, D.; Balfour-Ducharme, S.; Joye, I.J. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients* 2018, 10, 1410.
2. Ludvigsson JF, Montgomery SM, Ekblom A, Brandt L, Granath F (2009) Small-intestinal histopathology and mortality risk in celiac disease. *JAMA* 302(11):1171–1178.
3. Caputo I., Lepretti M., Martucciello S., et al. Enzymatic strategies to detoxify gluten: Implications for celiac disease // *Enzyme Research*. 2010. No10. P.1-9

4. Шариков А.Ю., Соколова Е.Н., Амелякина М.В., Юраскина Т.В., Иванов В.В., Серба Е.М. Разработка концепции производства снеков из пшеницы с элиминацией глютена биокаталитическим методом // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 77–83.

### **TECHNOLOGICAL ASPECTS OF OBTAINING GLUTEN-FREE CEREAL PRODUCTS BASED ON BIOCATALYTIC AND HYDROTHERMOMECHANICAL PROCESSES**

A.Yu. Sharikov, V.V. Ivanov, E.N. Sokolova, M.V. Amelyakina, E.M. Serba  
VNIIPBT - branch of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, Moscow,  
Russia

#### **Abstract**

Gluten-free snacks technology based on the enzymatic hydrolysis of wheat proteins by specific proteases and extrusion of the hydrolysate in a mixture with other gluten-free raw materials has been developed. It's shown that increase of the hydrolysate content in the extruded mixture from 15 to 35% deteriorates the structural and mechanical characteristics of the extrudates. The technical solution to this problem is the use of a system for steam from the extruder chamber, which makes it possible to process high-moisture mixtures without loss of product quality.

**Keywords:** wheat, gluten, protease, hydrolyzate, extrusion, snack

#### **References**

1. El Khoury, D.; Balfour-Ducharme, S.; Joye, I.J. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients* 2018, 10, 1410.
2. Ludvigsson J.F, Montgomery SM, Ekbom A, Brandt L, Granath F (2009) Small-intestinal histopathology and mortality risk in celiac disease. *JAMA* 302(11):1171–1178
3. Caputo I., Lepretti M., Martucciello S., et al. Enzymatic strategies to detoxify gluten: Implications for celiac disease // *Enzyme Research*. 2010. No10. P.1-9..
4. Sharikov A.Yu., Sokolova E.N., Amelyakina M.V., Yuraskina T.V., Ivanov V.V., Serba E.M. Development of a concept for the production of wheat snacks with the elimination of gluten by the biocatalysis. *Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]*. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 77–83. (in Russian).