

## ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Г. В. Шабурова, П. К. Воронина

Представлены результаты исследования жирнокислотного состава липидов экструдированного зерна ячменя, овса, проса и гречихи, полученного по инновационной технологии. Дана сравнительная характеристика биологической эффективности экструдированных крахмалсодержащих зерновых культур.

*Ключевые слова:* экструдат, ячмень, просо, гречиха, липиды, жирнокислотный состав.

### Введение

Термопластическая экструзия растительного сырья привлекает в последние 20-25 лет большое внимание исследователей. Научный интерес обусловлен, вероятно, значительными возможностями экструзионной обработки [1, 2]. Исследователями обсуждаются вопросы регулирования структуры зерновых экструдатов на основе изменения технических и технологических параметров экструдера [3, 4, 5]. Применяя различные режимы экструзионной обработки, можно достичь эффективной модификации основных биополимеров продовольственного сырья, и регулирования белкового и углеводного комплекса зерновых культур [6, 7]. Установлена возможность широкого применения экструдированного зернового сырья в различных пищевых отраслях в качестве обогатителя продуктов питания минеральными веществами, витаминами, пищевыми волокнами. Использование экструзионной обработки позволяет получить для различных отраслей зерновые полупродукты с улучшенными, в сравнении с нативным зерном, функционально-технологическими свойствами, позволяющими интенсифицировать биотехнологические процессы [8, 9]. Химический состав и функционально-технологические свойства зерновых экструдатов обуславливают возможность их применения в пивоварении, в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. В результате применения экструдированных продуктов повышается качество полуфабрикатов, биологическая и пищевая ценность готовых продуктов питания, повышаются их показатели безопасности, а также улучшается ассортиментная политика предприятия [10, 11].

В научной литературе авторами не обнаружено информации об изменениях жирнокислотного состава липидов при экструзионной обработке крахмалсодержащего зернового сырья. В то же время следует отметить существенное влияние липидов зернового сырья в технологии хлеба на формирование качества клейковины теста из пшеничной муки.

**Целью** исследования является изучение жирнокислотного состава липидов экструдированного зерна ячменя, проса и гречихи.

### Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлась мука пшеничная первого сорта, мука экструдатов ячменя, проса и гречихи. Экструдаты получены по инновационной технологии [5].

Жирнокислотный состав липидов экструдированного зернового сырья исследовали хроматографическим методом, выделяя масло из зернового сырья в соответствии с ГОСТ Р 51483, получение метиловых эфиров жирных кислот – ГОСТ Р 51486. Разделение метиловых эфиров проводили на хроматографе «Кристалл 5000.1». Количественную обработку хроматограмм проводили по площадям пиков с применением компьютерной программы «Хроматэк Аналитик 2.5». Расчет количественного содержания триацилглицеридов проводили методом процентной нормализации [12]. Информация о жирнокислотном составе муки пшеничной первого сорта приведена из литературных источников [13].

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследования жирнокислотного состава экструдированного зернового сырья приведены в таблицах 1 и 2.

Жирнокислотный состав липидов экструдатов ячменя и проса характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), среди которых доминирует линолевая кислота (семейство  $\omega$ -6) и  $\alpha$ -линоленовая кислота (семейство  $\omega$ -3). Жирные кислоты семейства  $\omega$ -3 – это биологически активные вещества, способные оказывать профилактическое воздействие на организм человека при сердечнососудистых, онкологических и других заболеваниях. Значение линолевой и  $\alpha$ -линоленовой кислот для организма человека обусловлено, главным образом, их ролью, как структурных элементов клеточных мембран. Они обеспечивают им проницаемость, способствуют снижению холестерина в крови и тормозят развитие атеросклероза. Линолевая кислота отвечает за образование лецитина, который защищает кожу человека от вредного воздействия окружающей среды. При недостатке этих кислот нарушается обмен веществ в организме.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав липидов экструдированного зернового сырья

Наименование жирной кислоты	Число атомов углерода и неопределённых связей	$\omega$	Содержание жирной кислоты, % от общего содержания жирных кислот			
			мука пшеничная первого сорта	экструдат ячменя	экструдат проса	экструдат гречихи
<i>Насыщенные жирные кислоты (НЖК)</i>						
Миристиновая	C14:0	–	сл.	0,2	0,09	0,08
Пентадекановая	C15:0	–	–	0,08	0,1	0,02
Пальмитиновая	C16:0	–	18,39	16,3	7,45	10,37
Стеариновая	C18:0	–	2,3	1,22	2,06	5,13
Арахидиновая	C20:0	–	сл.	0,76	0,67	0,45
Бегеновая	C22:0	–	–	0,23	0,36	0,22
Лигноцеридовая	C24:0	–	–	0,06	0,03	0,15
Содержание НЖК, % от общего содержания жирных кислот			20,69	18,85	10,76	16,27
<i>Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)</i>						
Пальмитолеиновая	C16:1	–	1,15	0,13	0,09	0,11
Олеиновая	C18:1	$\omega$ -9	13,79	15,36	21,86	33,42
Гондоиновая	C20:1	$\omega$ -9	сл.	0,05	0,56	0,3
Эруковая	C22:1	$\omega$ -9	–	–	0,12	0,06
Нервоновая	C24:1	$\omega$ -9	–	–	0,26	0,37
Содержание МНЖК, % от общего содержания жирных кислот			14,94	15,54	22,89	34,26
<i>Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)</i>						
Линолевая	C18:2	$\omega$ -6	60,92	59,37	63,85	48,76
$\gamma$ -линоленовая	C18:3	$\omega$ -6	следы	0,08	0,06	0,03
$\alpha$ -линоленовая	C18:3	$\omega$ -3	3,45	5,76	2,05	0,56
Эйкозодиеновая	C20:2	$\omega$ -6	–	0,04	0,13	0,03
Арахидоновая	C20:4	$\omega$ -6	–	–	0,11	0,02
Докозодиеновая	C22:2	$\omega$ -6	–	0,1	0,09	0,03
Докозатриеновая	C22:3	–	–	0,26	0,06	0,04
Содержание ПНЖК, % от общего содержания жирных кислот			64,37	65,61	66,35	49,47

Таблица 2 – Сравнительное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в масле экструдированного зернового сырья

Объекты исследования	Фракции жирных кислот, % от общего содержания жирных кислот						$\omega$ -6/ $\omega$ -3
	насыщенных	ненасыщенных					
		всего	МНЖК	ПНЖК	$\omega$ -3	$\omega$ -6	
Мука пшеничная первого сорта	20,69	79,31	14,94	64,37	3,45	60,92	18:01
Экструдат ячменя	18,85	81,15	15,54	65,61	5,76	59,59	10:01
Экструдат проса	10,76	89,24	22,89	66,35	2,05	64,24	31:01:00
Экструдат гречихи	16,27	83,73	34,26	49,47	0,56	48,87	87:01:00

Присутствующая в масле экструдата проса и экструдата гречихи полиненасыщенная арахидоновая кислота, наряду с линолевой и линоленовой, является важным физиологически необходимым ингредиентом для организма человека.

Для липидов зерновых экструдатов характерен более высокий уровень мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), преимущественно олеиновой кислоты.

С увеличением содержания олеиновой кислоты в жирах повышается их усвояемость. Кроме того, олеиновая кислота ингибирует активность лецитиназы, участвующей в протекании гидролитических и окислительных процессов, приводящих к снижению сроков хранения готового продукта. В масле всех исследованных образцов зерновых экструдатов отмечали повышенное, в сравнении с маслом пшеничной муки, содержание олеиновой кислоты. Наибольшее содержание олеиновой кислоты обнаружено в масле экструдата гречихи (33,42 %) и проса (21,86 %). Содержание олеиновой кислоты в масле экструдата ячменя на 11,4 % выше, в масле муки пшеничной первого сорта.

Анализ жирнокислотного состава масла по содержанию линолевой и олеиновой кислот свидетельствует о том, что масло экструдата ячменя и экструдата гречихи можно отнести к группе полувывсыхающих растительных масел, а масло экструдата проса – к группе невысыхающих растительных масел.

Анализируя данные, приведенные в таблице 2, следует отметить высокий уровень суммы ненасыщенных жирных кислот в масле зерновых экструдатов. При этом уровень содержания все ненасыщенных жирных кислот в масле экструдата ячменя

и гречихи превышает аналогичный уровень в масле пшеничной муки незначительно – соответственно, на 1,84 и 4,42 %, в то время как в масле экструдата проса – на 9,93 %.

При анализе фракций жирных кислот масла (НЖК, МНЖК и ПНЖК) исследуемых объектов важным является соотношение  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3. Рекомендуемое соотношение  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот в суточном рационе здорового человека составляет 10:1. Результаты исследования свидетельствуют о наиболее оптимальном соотношении указанных жирных кислот в масле экструдата ячменя (табл. 2). Соотношение  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот в нем составляет 10:1, тогда как в масле экструдата проса 31:1 и в масле экструдата гречихи 87:1.

### Выводы

Результаты исследований жирнокислотного состава масла экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья свидетельствует об их высокой биологической эффективности, обусловленной содержанием функциональных ингредиентов – полиненасыщенных жирных кислот, в том числе  $\alpha$ -линоленовой (семейство  $\omega$ -3) и линолевой кислоты (семейство  $\omega$ -6). Наиболее высокое содержание эссенциальных жирных кислот, таких как линоленовая (2,05 %), линолевая (63,85 %), олеиновая (21,86 %) обнаружено в масле экструдата проса.

Экструдаты, полученные из целого крахмалсодержащего зерна по инновационной технологии, могут быть использованы в качестве комплексного обогатителя пищевых продуктов функциональными ингредиентами.

### Список литературы

1. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование/Под ред. А. Н. Богатырева, В. П. Юрьева. – М.: Ступень, 1994. – 200 с.
2. Остриков, А. Н. Технология экструзионных продуктов/А. Н. Остриков, Г. О. Магомедов, Н. М. Дерканосова, В. Н. Василенко, О. В. Абрамов, К. В. Платов. – СПб.: Проспект науки, 2007. – 202 с.
3. Краус, С. В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01/Краус Сергей Викторович. – М., 2004. – 54 с.
4. 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.
5. 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. – № 30. – с. 70–76.
6. Курочкин, А. А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков//Нива Поволжья. – 2007. – № 1. – С. 20.
7. Курочкин, А. А. Аминокислотный состав экструдированного ячменя/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова//Пиво и напитки. – 2008. – № 4. – С. 12.
8. Крылова, В. Б. Научное обоснование и разработка технологии термопластической экструзии мясного и растительного сырья с целью расширения ассортимента мясопродуктов: автореф. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Крылова Валентина Борисовна. – М., 2006. – 46 с.
9. Степанов, В. И. Экструзионный метод переработки крахмалсодержащего сырья в биотехнологическом

- производстве/В. И. Степанов, Л. В. Римарева, В. В. Иванов//Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. № 8. С. 48–49.
10. Шабурова, Г. В. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении/Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. – № 4. – С. 79–83.
  11. Шабурова, Г. В. Экструдированный овес как сырье для обогащения хлеба/Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Н. Н. Шматкова//Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы. – сборник статей 8-й Международной научно-практической конференции. Под редакцией В. А. Авророва. – Пенза, 2014. – С. 97–101.
  12. Харченко, А. Н. Определение жирнокислотного состава растительных масел методом газожидкостной хроматографии//Масложировая промышленность, 1968. – № 12. – С. 12.
  13. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов/под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

## FATTY ACID COMPOSITION OF LIPIDS EXTRUDED GRAIN RAW MATERIAL

*G. V. Shaburova, P. K. Voronina*

---

The results of research-and-acidic lipid composition of extruded grains of barley, oats, millet and buckwheat, resulting in innovative technology. Comparative characteristic of biological effectiveness of extruded starchy crops.

*Keywords: the extruded product, barley, millet, buckwheat, lipids, fatty acid composition.*

---

### References

1. Thermoplastic extrusion: scientific foundations, technology, equipment/Ed. AN Bogatyreva, VP St. George's. – М.: Step 1994. – 200 p.
2. Ostrikov, A. N. extrusion technology products/A. N. Ostrikov, G. A. Magomedov, N. M. Derkanosova, V. Vasilenko, O. V. Abramov, K. V. dress. – SPb.: Prospect of Science, 2007. – 202 p.
3. Kraus, S. Improvement of technology of extrusion processing of starch grain material: Author. dis. ...Dr. tehn. Sciences: 05.18.01/Kraus Sergey Viktorovich. – М., 2004. – 54 p.
4. Kurochkin, A. A., regulating the structure of the grain starch extrudates sy-Darya/A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina//Proceedings of the Samara State-rural-agricultural academy. – 2013. – № 4. – P. 94–99.
5. Kurochkin, A. A. Modeling the process of obtaining extrudates based on new technological solutions-ray/A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronin//Volga Niva. – 2014. – № 30. – P. 70–76.
6. Kurochkin, A. A. Theoretical and practical aspects of extrusion technology in the brewery-ing/A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov//Volga Niva. – 2007. – № 1. – P. 20.
7. Kurochkin, A. A. amino acid composition of extruded barley/A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova//Beer and beverages. – 2008. – № 4. – P. 12.
8. Krylova, V. B. Scientific substantiation and working out of thermoplastic extrusion of meat and vegetable raw materials with the aim of expanding the range of meat products: Author. ...Dr. tehn. Sciences: 05.18.04/Valentina B. Krylova. – М., 2006. – 46 p.
9. Stepanov, V. I. Extrusion method of processing starch raw material in the production of biotechnological/V. I. Stepanov, A. In Rimareva, V. V. Ivanov//Storage and processing of agricultural raw materials. – 2002. № 8. P. 48–49.
10. Shaburova, G. V. Prospects for the use of extruded buckwheat in brewing and bread-liver/G. V. Shaburova, P. K. Voronin, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov//Proceedings of the Samara State Agricultural Academy, 2014. – № 4. – P. 79–83.
11. Shaburova, G. V. Extruded oats as a raw material for the enrichment of bread/G. V. Shaburova, P. K. Voronin N. N. Shmatkova//Food industry and agribusiness: achievements, problems, we perspectives. – A collection of articles 8th International Scientific and Practical Conference. Edited by V. A. Avrorov. – Пенза, 2014. – P. 97–101.
12. Kharchenko, A. Determination of fatty acid composition of vegetable oils by gas-liquid chromatography//Fat prom-st, 1968. – № 12. – P. 12.
13. The chemical composition of foods. Vol. 2. References to the table of contents of amino acids, fatty acids, vitamins, macro and micronutrients, organic acids and carbohydrates/ed. IM Skurikhina, MN Volgareva. – М.: Agropromizdat, 1987. – 360 p.