



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-10>

УДК: 664.788/664.668.9

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

## ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ПОМОЛЬНОЙ СМЕСИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ И АМАРАНТА НА ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЧНО-АМАРАНТОВОЙ МУКИ

(✉) Кандроков Р.Х., Кирюшин В.А., Прудникова А.С.

*Российский биотехнологический университет*

Москва, Россия

(✉) e-mail: nart132007@mail.ru

На российском рынке появился новый источник растительного сырья для пищевой промышленности – зерно амаранта и продукты его переработки, обладающие ценным химическим составом, высокой пищевой и биологической ценностью, содержащие широкий спектр физиологически функциональных пищевых веществ. Представлены исследования по влиянию различного соотношения помольной смеси зерна пшеницы и амаранта на химические и физико-химические свойства пшенично-амарантовой муки в результате их совместной переработки. Объектом исследования послужили зерно озимой пшеницы Немчиновская 85 и зерно амаранта Воронежский. Переработку контрольного образца мягкой пшеницы и помольных пшенично-амарантовых смесей различного процентного отношения проводили на мельницах лабораторного помола (МЛП-4) с нарезными (для драных систем) и гладкими микрошероховатыми вальцами (для размольных систем). Установлено, что в контрольном образце пшеничной муки средневзвешенное содержание жира и белка составило 1,12 и 11,57% соответственно, при добавлении 5% амаранта в помольную пшенично-амарантовую зерновую смесь средневзвешенное содержание жира в пшенично-амарантовой муке составило 2,47%, белка – 12,55%, при добавлении 10% амаранта – 3,13 и 12,66%, при добавлении 15% амаранта – 3,88 и 13,34%, при добавлении 20% амаранта – 4,29 и 13,78% соответственно. Выявлено, что добавление зерна амаранта в помольную пшенично-амарантовую смесь до 20% зерна амаранта существенно повышает выход пшенично-амарантовой муки. Установлено, что добавление в помольную зерновую смесь зерна амаранта позволяет повысить содержание жира в пшенично-амарантовой муке на 282,1% и на 18,4% содержание белка по сравнению с контрольной пшеничной мукой.

**Ключевые слова:** пшеница, амарант, помольная смесь, выход, пшенично-амарантовая мука, химические и физико-химические свойства

## INFLUENCE OF WHEAT AND AMARANTH GRAIN MIXTURE RATIO ON CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF WHEAT-AMARANTH FLOUR

(✉) Kandrokov R.Kh., Kiryushin V.A., Prudnikova A.S.

*Biotech University*

Moscow, Russia

(✉) e-mail: nart132007@mail.ru

A new source of vegetable raw materials for the food industry has appeared on the Russian market - amaranth grain and products of its processing, which have a valuable chemical composition, high nutritional and biological value, containing a wide range of physiologically functional nutrients. The studies on the effect of different ratios of the grinding mixture of wheat and amaranth grains on the chemical and physico-chemical properties of wheat-amaranth flour as a result of their joint processing are presented. The object of the study was the grain of winter wheat of the variety Nemchinovskaya

85 and the grain of amaranth of the variety Voronezhsky. Processing of the control sample of common wheat and milling wheat-amaranth mixtures of various ratios was carried out in the laboratory grinding mills (LGM-4) with threaded (for break systems) and smooth microroughened rollers (for grinding systems). It has been found that in the control sample of wheat flour, the weighted average content of fat and protein was 1.12% and 11.57%, respectively, with the addition of 5% amaranth to the grinding wheat-amaranth grain mixture, the weighted average fat content in wheat-amaranth flour was 2.47 %, and the protein content - 12.55%, with the addition of 10% amaranth to the grinding wheat-amaranth grain mixture, the weighted average fat content of wheat-amaranth flour was 3.13%, and the protein content - 12.66%, with the addition of 15% amaranth in the milled wheat-amaranth grain mixture, the weighted average fat content in wheat-amaranth flour was 3.88%, and the protein content was 13.34%, with the addition of 20% amaranth to the milled wheat-amaranth grain mixture, the weighted average fat content in wheat-amaranth flour was 4.29%, and the protein content was 13.78%, respectively. It has been found that the addition of amaranth grain to the milled wheat-amaranth mixture up to 20% of amaranth grain significantly increases the yield of wheat-amaranth flour. It has been established that the addition of amaranth grain to the grinding grain mixture makes it possible to increase the fat content in wheat-amaranth flour by 282.1% and the protein content by 18.4% compared to the control wheat flour.

**Keywords:** wheat, amaranth, grinding mixture, yield, wheat-amaranth flour, chemical and physicochemical properties

**Для цитирования:** Кандроков Р.Х., Кирюшин В.А., Прудникова А.С. Влияние соотношения помольной смеси зерна пшеницы и амаранта на химические и физико-химические показатели пшенично-амарантовой муки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 6. С. 83–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-10>

**For citation:** Kandrokov R. Kh., Kiryushin V.A., Prudnikova A.S. Influence of wheat and amaranth grain mixture ratio on chemical and physicochemical parameters of wheat-amaranth flour. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 6, pp. 83–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-10>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

За последние 30 лет в структуре питания населения Российской Федерации произошло снижение сбалансированных белков животного происхождения на 20–25%, общей калорийности продуктов питания – на 10–15, животных жиров – на 65–70, высокобелковых продуктов растительного происхождения – на 25–30%<sup>1</sup>.

На мировом и российском рынках появился сравнительно новый источник растительного сырья для пищевой, маслоэкстракционной и фармацевтической промышленности – зерно амаранта и продукты его переработки, обладающие ценным химическим составом, высокой пищевой и биологической ценностью, содержащие широкий спектр физиологически

функциональных пищевых веществ, что определяет перспективы их использования в технологии пищевых производств<sup>2</sup> [1–3].

Зерно амаранта превосходит по содержанию белка, аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ и жира многие традиционные культуры, в том числе зерно пшеницы [4–6]. Амарант обладает ценным химическим составом: повышенным содержанием важнейшей лимитирующей незаменимой аминокислоты – лизина, высокой пищевой и биологической ценностью и является перспективным сырьем для использования в пищевой и перерабатывающей промышленности [7, 8]. Амарантовая мука содержит незаменимые аминокислоты, нерастворимые пищевые волокна, витамины группы РР,

<sup>1</sup>Литвинова О.С. Структура питания населения Российской Федерации. Гигиеническая оценка // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 5 (278). С. 11–14.

<sup>2</sup>Медведева А.А., Невская Е.В. Исследование влияния крупки из шрота амаранта на свойства теста и качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки // Научные труды КубГТУ: Электронный сетевой политематический журнал. 2019. № S9. С. 406–413.

минеральные вещества, сбалансированные по содержанию макроэлементов Са и Р<sup>3</sup> [9–11].

Анализ различных литературных источников показывает целесообразность использования продуктов переработки амаранта в качестве обогащающей добавки в различные продукты питания<sup>4–8</sup> [12–15].

Особо следует отметить, что в состав шрота амаранта входит уникальное вещество – сквален, который является сильным (эффективным) антиоксидантом<sup>9</sup>.

Исследования по определению мукомольных и хлебопекарных свойств пшенично-амарантовой помольной смеси в сравнении с помольной смесью из зерна пшеницы ни в России, ни за рубежом не проведены. В связи с этим составление помольных пшенично-амарантовых помольных смесей для получения пшенично-амарантовой муки повышенной пищевой и питательной ценности является актуальным.

Цель исследования – изучить влияние различного соотношения помольной смеси зерна пшеницы и амаранта на химические и физико-химические свойства потоков пшенично-амарантовой муки, полученных в результате их совместной переработки.

Задачи исследования:

– разработать лабораторную технологическую схему переработки пшенично-амарантовой помольной смеси;

– провести лабораторные помолы контрольного образца мягкой пшеницы, а также помольных смесей зерна пшеницы и амаранта в процентном отношении 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20 по разработанной технологической схеме;

– определить влияние содержания амаранта в помольной пшенично-амарантовой смеси на химические и физико-химические свойства отдельных потоков пшенично-амарантовой муки и в сравнении с контрольной пшеничной мукой, полученных по всем технологическим системам.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследований послужили зерно озимой пшеницы Немчиновская 85 и амаранта Воронежский отечественной селекции [3]. В табл. 1 представлена сравнительная характеристика химического состава зерна амаранта и мягкой озимой пшеницы.

Переработку контрольного образца мягкой пшеницы и помольных пшенично-амарантовых смесей различного соотношения проводили на мельницах лабораторного помола (МЛП-4) с нарезными (для драных систем) и гладкими микрошероховатыми вальцами (для размольных систем) [14].

При переработке всех образцов пшенично-амарантовых помольных зерновых смесей, в том числе и контрольного образца пшеницы, параметры и режимы измельчения на вальцовых станках оставались неизменными. Просеивание и отбор промежуточных продуктов измельчения пшенично-амарантовых смесей различного процентного отношения и высевание муки осуществляли на рассевах мельниц МЛП-4, состоящих из набора трех сит, в том числе двух крупочных и одного мучного с общей просеивающей поверхностью 720 см<sup>2</sup>.

<sup>3</sup>Росляков, Ю.Ф., Шмалько Н.А., Бочкова Л.А. Перспективы использования амаранта в пищевой индустрии // Известия высших учебных заведений. Технические науки. 2004. № 4. С. 92–95.

<sup>4</sup>Шмалько Н.А., Уварова И.И., Росляков Ю.Ф. Амарантовая мука – антиоксидантная добавка для макаронных изделий, обогащенных бета-каротином // Известия вузов. Пищевая технология. 2004. № 5-6. С. 39–41.

<sup>5</sup>Джурко Ю.А., Парфенов А.А., Коренская И.М. Хромато-масс-спектрометрический анализ жирнокислотного состава шрота семян амаранта печального сорта воронежский // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. 2012. № 9. С. 167–168.

<sup>6</sup>Khandaker L., Ali M.B., Oba S. Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level // J. Jap. Soc. Hort. Sci. 2008. Vol. 77. N 4. P. 395–401.

<sup>7</sup>Gorinstein S., Vargas O.J., Jaramillo N.O., Salas I.A., Ayala A.L., Arancibia-Avila P., Toledo F., Katrich E., Trakhtenberg S. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals // Eur. Food Res. Techn. 2007. Vol. 225. N 3-4. P. 321–328. DOI: 10.1007/s00217-006-0417-7.

<sup>8</sup>Gorinstein S., Lojek A., Ciz M., Pawelzik E., Delgado-Licon E., Medina O.J., Moreno M., Salas I.A., Goshev I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals // Int. J. Food Sci. Techn. 2008. Vol. 43. N 4. P. 629–637. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01498.x.

<sup>9</sup>Gamel T.H., Linssen J.P. Nutritional and medicinal aspects of amaranth // Recent Progress in Medicinal Plants. 2006. Vol. 15. N 5. P. 347–361.

**Табл. 1.** Химический состав зерна амаранта и пшеницы, %

**Table 1.** Chemical composition of amaranth and wheat grains, %

| Культура                        | Белок | Жиры | Угле-<br>воды | Клет-<br>чатка | Зола | Вода |
|---------------------------------|-------|------|---------------|----------------|------|------|
| Амарант<br>Воронеж-<br>ский     | 17,6  | 6,8  | 56,2          | 6,2            | 2,6  | 10,6 |
| Пшеница<br>Немчинов-<br>ская 85 | 12,3  | 1,7  | 68,4          | 2,0            | 1,73 | 14   |

Химические и физико-химические показатели потоков пшенично-амарантовой муки и контрольной пшеничной муки, полученных при всех драных и размольных системах, определяли на инфракрасном анализаторе зерна и муки SpectraStar 2500 XL (производства США).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований провели лабораторные помолы контрольного образца мягкой пшеницы, а также помольных смесей зерна пшеницы и амаранта в процентном отношении 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20 по

разработанной технологической схеме. Всего получили 11 потоков пшенично-амарантовой и контрольной пшеничной муки, в том числе пяти драных и шести размольных систем.

Полученные результаты лабораторных помолов по влиянию содержания зерна амаранта в помольной пшенично-амарантовой смеси на выход пшенично-амарантовой муки в сравнении с выходом контрольной пшеничной муки представлены в табл. 2.

Выявлено, что добавление зерна амаранта в помольную смесь существенно повышает выход пшенично-амарантовой муки. При добавлении в помольную смесь 5% зерна амаранта выход пшенично-амарантовой муки составил 72,2%, 10% зерна амаранта – 73,7%, 15% зерна амаранта – 80,2%, 20% зерна амаранта – 82,7%, что на 8,4% выше по сравнению с выходом муки из контрольного образца пшеницы. Таким образом, наибольший выход пшенично-амарантовой муки получается при размоле помольной смеси зерна пшеницы и зерна амаранта в процентном отношении 80 : 20.

На втором этапе исследований определяли влияние содержания амаранта в помольной пшенично-амарантовой смеси на химические и физико-химические свойства отдельных по-

**Табл. 2.** Выход со всех технологических систем пшенично-амарантовой муки различного соотношения и контрольной пшеничной муки, %

**Table 2.** Yield from all technological systems of wheat-amaranth flour of different ratios and control wheat flour, %

| Технологическая система лабораторной схемы | Выход пшенично-амарантовой муки                             |         |         |         |                                          |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------------|
|                                            | Помольная пшенично-амарантовая смесь в процентном отношении |         |         |         | Контрольный образец зерна мягкой пшеницы |
|                                            | 95 : 5                                                      | 90 : 10 | 85 : 15 | 80 : 20 |                                          |
| Драная система:                            |                                                             |         |         |         |                                          |
| I                                          | 1,7                                                         | 2,9     | 2,0     | 1,3     | 2,7                                      |
| II                                         | 2,1                                                         | 2,9     | 2,2     | 1,6     | 3,4                                      |
| III                                        | 5,3                                                         | 3,1     | 7,8     | 3,0     | 4,4                                      |
| IV                                         | 2,1                                                         | 2,3     | 2,6     | 1,7     | 2,6                                      |
| V                                          | 0,7                                                         | 0,8     | 0,7     | 0,9     | 1,3                                      |
| Мука с драных систем                       | 11,9                                                        | 12,0    | 15,2    | 8,5     | 14,4                                     |
| Размольная система:                        |                                                             |         |         |         |                                          |
| 1-я                                        | 19,2                                                        | 20,7    | 25,6    | 22,7    | 25,6                                     |
| 2-я                                        | 14,2                                                        | 17,8    | 19,4    | 20,1    | 15,9                                     |
| 3-я                                        | 11,7                                                        | 10,7    | 12,8    | 14,1    | 8,2                                      |
| 4-я                                        | 7,2                                                         | 6,6     | 3,1     | 9,4     | 7,3                                      |
| 5-я                                        | 4,9                                                         | 2,5     | 2,2     | 5,5     | 1,5                                      |
| 6-я                                        | 3,1                                                         | 3,4     | 1,8     | 2,4     | 1,4                                      |
| Мука с размольных систем                   | 60,3                                                        | 61,7    | 64,9    | 74,2    | 59,9                                     |
| Всего муки                                 | 72,2                                                        | 73,7    | 80,2    | 82,7    | 74,3                                     |

токов пшенично-амарантовой муки и в сравнении с контрольной пшеничной мукой, полученной при всех технологических системах (см. табл. 3).

С учетом общего выхода пшеничной муки средневзвешенное содержание жира во всех потоках составило 1,13%, белка – 11,61%. В потоках пшеничной муки на драных системах средневзвешенное содержание жира и белка составило 1,14 и 11,94%, на размольных – 1,12 и 11,53% соответственно.

Средневзвешенное содержание жира в потоках пшенично-амарантовой муки в про-

центном отношении 95 : 5 с учетом общего выхода составило 2,47%, белка – 12,55%. Средневзвешенное содержание жира и белка в потоках пшенично-амарантовой муки на драных системах в рассматриваемом варианте составило 2,45 и 12,53%, на размольных – 2,48 и 12,56% соответственно (см. табл. 4).

Средневзвешенное содержание жира в потоках пшенично-амарантовой муки в процентном отношении сырья 90 : 10 с учетом выхода на драных и размольных системах составило 3,12 и 3,14%, белка – 12,77 и 12,64% соответственно. Средневзвешенное содержа-

**Табл. 3.** Химические и физико-химические показатели потоков контрольной пшеничной муки, полученных со всех технологических систем

**Table 3.** Chemical and physicochemical parameters of control wheat flour streams obtained from all technological systems

| Показатель муки  | Драная система |       |       |       |       | Размольная система |       |       |       |           |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-----------|
|                  | I              | II    | III   | IV    | V     | 1-я                | 2-я   | 3-я   | 4-я   | 5-я + 6-я |
| Липиды, %        | 1,01           | 1,03  | 1,11  | 1,09  | 1,14  | 1,12               | 1,08  | 1,17  | 1,15  | 1,22      |
| Зольность, %     | 0,58           | 0,56  | 0,57  | 0,65  | 0,67  | 0,50               | 0,52  | 0,60  | 0,71  | 0,90      |
| Клетчатка, %     | 1,20           | 1,22  | 1,06  | 1,10  | 1,18  | 1,12               | 1,15  | 1,33  | 1,46  | 1,61      |
| Белок, %         | 11,39          | 11,20 | 11,89 | 12,15 | 12,42 | 11,41              | 11,45 | 11,60 | 11,76 | 12,32     |
| Влажность, %     | 13,54          | 13,21 | 14,21 | 14,05 | 13,75 | 13,94              | 13,33 | 12,84 | 12,17 | 11,99     |
| Крахмал, %       | 64,62          | 64,43 | 63,64 | 63,22 | 62,20 | 64,65              | 65,30 | 65,24 | 65,55 | 64,42     |
| Белизна, ед. пр. | 67,72          | 68,95 | 65,16 | 62,00 | 55,99 | 66,06              | 59,39 | 54,36 | 48,27 | 40,79     |
| ИДК, у.е.        | 60,20          | 59,42 | 59,89 | 61,88 | 66,56 | 59,34              | 66,12 | 69,15 | 75,62 | 81,14     |
| Клейковина, %    | 24,39          | 22,19 | 26,52 | 27,32 | 28,23 | 25,52              | 25,35 | 25,10 | 24,87 | 25,25     |
| Общие волокна, % | 2,88           | 3,31  | 2,61  | 2,96  | 3,25  | 2,68               | 3,08  | 3,40  | 3,64  | 4,00      |
| Число падения, с | 310,5          | 292,5 | 316,8 | 307,1 | 299,8 | 317,9              | 303,3 | 305,2 | 299,7 | 283,6     |

**Табл. 4.** Химические и физико-химические показатели потоков пшенично-амарантовой муки в процентном отношении 95 : 5, полученных со всех технологических систем

**Table 4.** Chemical and physicochemical parameters of wheat-amaranth flour streams as a percentage of 95 : 5 obtained from all technological systems

| Показатель муки  | Драная система |        |        |        |        | Показатель муки  | Размольная система |        |        |        |           |
|------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------------------|--------|--------|--------|-----------|
|                  | I              | II     | III    | IV     | V      |                  | 1-я                | 2-я    | 3-я    | 4-я    | 5-я + 6-я |
| Липиды, %        | 2,37           | 2,41   | 2,46   | 2,51   | 2,57   | Жир, %           | 2,41               | 2,45   | 2,51   | 2,53   | 2,61      |
| Зольность, %     | 0,73           | 0,89   | 0,9    | 1,0    | 1,02   | Зола, %          | 1,03               | 1,12   | 1,32   | 1,48   | 1,55      |
| Клетчатка, %     | 1,51           | 1,66   | 1,45   | 1,58   | 1,57   | Клетчатка, %     | 1,4                | 1,43   | 1,55   | 1,62   | 1,66      |
| Белок, %         | 12,24          | 12,91  | 12,32  | 12,73  | 13,04  | Протеин, %       | 12,32              | 12,42  | 12,57  | 12,91  | 13,07     |
| Влажность, %     | 12,28          | 12,24  | 12,33  | 12,11  | 12,15  | Влага, %         | 12,27              | 12,05  | 11,63  | 11,3   | 11,23     |
| Крахмал, %       | 64,32          | 61,26  | 63,5   | 63,06  | 62,39  | Крахмал, %       | 63,22              | 62,98  | 61,91  | 61,1   | 60,67     |
| Белизна, ед. пр. | 49,21          | 41,66  | 42,1   | 7,73   | 36,99  | Белизна, ед. пр. | 35,86              | 32,08  | 23,71  | 17,12  | 14,17     |
| ИДК, у.е.        | 71,71          | 78,03  | 73,66  | 78,03  | 79,01  | ИДК, у.е.        | 74,78              | 77,83  | 82,75  | 87,73  | 90,08     |
| Клейковина, %    | 25,58          | 27,58  | 24,91  | 25,65  | 26,22  | Клейковина, %    | 23,84              | 23,01  | 22,6   | 22,27  | 22,44     |
| Общие волокна, % | 3,95           | 4,02   | 3,81   | 4,04   | 4,19   | Общие волокна, % | 3,73               | 3,74   | 3,96   | 4,15   | 4,16      |
| Число падения, с | 293,28         | 279,66 | 298,93 | 281,79 | 275,95 | Число падения, с | 307,6              | 304,38 | 298,41 | 287,62 | 280,69    |

**Табл. 5.** Химические и физико-химические свойства потоков пшенично-амарантовой муки в процентном отношении 90 : 10, полученных со всех технологических систем

**Table 5.** Chemical and physicochemical properties of wheat-amaranth flour streams in the percentage ratio of 90 : 10 obtained from all technological systems

| Показатель муки  | Драная система |       |       |       |       | Размольная система |       |       |       |           |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-----------|
|                  | I              | II    | III   | IV    | V     | 1-я                | 2-я   | 3-я   | 4-я   | 5-я + 6-я |
| Липиды, %        | 3,09           | 3,12  | 3,10  | 3,14  | 3,18  | 3,11               | 3,15  | 3,14  | 3,18  | 3,22      |
| Зольность, %     | 1,27           | 0,87  | 0,9   | 0,98  | 1,04  | 1,05               | 1,14  | 1,29  | 1,41  | 1,56      |
| Клетчатка, %     | 1,59           | 1,47  | 1,49  | 1,52  | 1,58  | 1,37               | 1,4   | 1,48  | 1,54  | 1,65      |
| Белок, %         | 12,83          | 12,4  | 12,77 | 13,0  | 13,2  | 12,64              | 12,53 | 12,52 | 12,78 | 13,04     |
| Влажность, %     | 11,75          | 12,3  | 12,39 | 12,4  | 12,3  | 12,51              | 12,18 | 11,74 | 11,47 | 11,21     |
| Крахмал, %       | 61,7           | 63,7  | 63,1  | 62,4  | 61,3  | 61,67              | 61,57 | 61,64 | 61,15 | 60,12     |
| Белизна, ед. пр. | 26,5           | 43,3  | 41,3  | 37,5  | 34,5  | 34,4               | 30,69 | 24,6  | 19,07 | 13,1      |
| ИДК, у.е.        | 84,5           | 74,7  | 75,7  | 78,6  | 81,3  | 75,8               | 78,05 | 80,8  | 85,01 | 89,9      |
| Клейковина, %    | 24,0           | 25,1  | 26,3  | 27,1  | 27,7  | 24,7               | 23,57 | 22,6  | 22,4  | 22,5      |
| Общие волокна, % | 4,15           | 3,86  | 3,9   | 4,0   | 4,05  | 3,49               | 3,55  | 3,84  | 4,0   | 4,12      |
| Число падения, с | 277,4          | 291,2 | 285,0 | 276,5 | 273,0 | 305,0              | 304,4 | 304,3 | 298,2 | 287,5     |

**Табл. 6.** Химические и физико-химические свойства потоков пшенично-амарантовой муки в процентном отношении 85 : 15, полученных со всех технологических систем

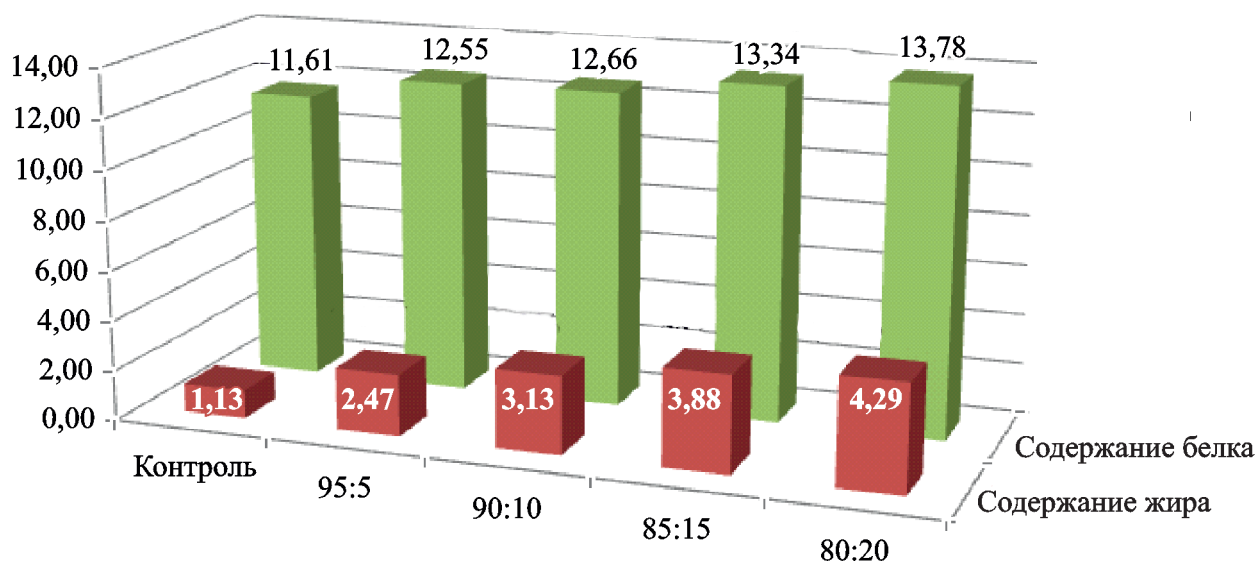
**Table 6.** Chemical and physicochemical properties of wheat-amaranth flour streams in the percentage ratio of 85 : 15 obtained from all technological systems

| Показатель муки  | Драная система |        |       |       |       | Размольная система |       |       |       |           |
|------------------|----------------|--------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-----------|
|                  | I              | II     | III   | IV    | V     | 1-я                | 2-я   | 3-я   | 4-я   | 5-я + 6-я |
| Липиды, %        | 3,63           | 3,59   | 3,68  | 3,77  | 3,79  | 3,85               | 3,89  | 3,92  | 3,87  | 3,97      |
| Зольность, %     | 1,14           | 1,07   | 1,15  | 1,25  | 1,31  | 1,46               | 1,53  | 1,64  | 1,74  | 1,95      |
| Клетчатка, %     | 1,67           | 1,49   | 1,38  | 1,39  | 1,49  | 1,41               | 1,01  | 1,52  | 1,62  | 1,81      |
| Белок, %         | 13,14          | 12,95  | 13,07 | 13,34 | 13,66 | 13,26              | 13,45 | 13,24 | 13,32 | 13,65     |
| Влажность, %     | 11,28          | 12,13  | 12,52 | 12,55 | 12,26 | 11,89              | 11,26 | 11,21 | 10,76 | 10,15     |
| Крахмал, %       | 62,2           | 62,89  | 61,06 | 59,77 | 59,45 | 60,88              | 61,99 | 61,04 | 61,28 | 61,35     |
| Белизна, ед. пр. | 20,31          | 34,97  | 31,06 | 26,3  | 23,5  | 16,45              | 13,05 | 8,74  | 4,09  | 0,0       |
| ИДК, у.е.        | 90,82          | 8/0,49 | 79,92 | 83,6  | 87,42 | 23,17              | 92,92 | 93,39 | 97,27 | 105,84    |
| Клейковина, %    | 23,62          | 24,43  | 25,09 | 25,79 | 26,45 | 23,17              | 22,13 | 21,66 | 21,08 | 20,8      |
| Общие волокна, % | 4,33           | 3,98   | 3,69  | 3,78  | 4,01  | 3,82               | 4,79  | 3,98  | 4,1   | 4,44      |
| Число падения, с | 265,4          | 273,7  | 282,3 | 270,4 | 259,5 | 276,7              | 271,1 | 278,4 | 274,8 | 260,2     |

**Табл. 7.** Химические и физико-химические свойства потоков пшенично-амарантовой муки в процентном отношении 80 : 20, полученных со всех технологических систем

**Table 7.** Chemical and physicochemical properties of wheat-amaranth flour streams in the percentage ratio of 80 : 20 obtained from all technological systems

| Показатель муки  | Драная система |       |       |       |       | Размольная система |       |       |       |           |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-----------|
|                  | I              | II    | III   | IV    | V     | 1-я                | 2-я   | 3-я   | 4-я   | 5-я + 6-я |
| Липиды, %        | 4,07           | 4,17  | 4,21  | 4,35  | 4,47  | 4,12               | 4,29  | 4,32  | 4,41  | 4,58      |
| Зольность, %     | 1,44           | 1,48  | 1,51  | 1,49  | 1,55  | 1,62               | 1,96  | 2,08  | 2,34  | 2,73      |
| Клетчатка, %     | 1,67           | 1,5   | 1,49  | 1,58  | 1,69  | 1,55               | 1,64  | 1,8   | 1,91  | 2,15      |
| Белок, %         | 12,51          | 12,54 | 13,02 | 13,44 | 13,81 | 13,46              | 13,79 | 13,70 | 14,21 | 14,26     |
| Влажность, %     | 10,65          | 11,67 | 12,08 | 11,97 | 11,72 | 11,75              | 11,01 | 10,47 | 10,06 | 9,43      |
| Крахмал, %       | 64,82          | 64,3  | 62,22 | 60,86 | 59,81 | 59,08              | 58,39 | 58,15 | 57,21 | 56,23     |
| Белизна, ед. пр. | 18,35          | 34,27 | 32,32 | 25,04 | 17,51 | 11,0               | 10,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0       |
| ИДК, у.е.        | 94,95          | 83,04 | 81,98 | 87,24 | 93,15 | 90,4               | 99,52 | 102,8 | 110,4 | 124,4     |
| Клейковина, %    | 23,54          | 24,76 | 25,57 | 26,19 | 26,88 | 23,41              | 21,15 | 20,58 | 20,42 | 20,84     |
| Общие волокна, % | 4,62           | 4,26  | 4,11  | 4,21  | 4,39  | 3,97               | 4,2   | 4,21  | 4,35  | 4,81      |
| Число падения, с | 265,1          | 269,6 | 267,1 | 255,9 | 245,3 | 273,3              | 265,2 | 271,3 | 258,1 | 226,9     |



Зависимость содержания зерна амаранта в помольной смеси на количество жира и белка в пшенично-амарантовой муке различного процентного отношения в сравнении с контрольной пшеничной мукой, %

Dependence of amaranth grain content in the milling mixture on the amount of fat and protein in wheat-amaranth flour of different percentages compared with the control wheat flour, %

ние жира и белка в потоках пшенично-амарантовой муки по всем системам в рассматриваемом варианте – 3,13 и 12,66% соответственно (см. табл. 5).

Средневзвешенное содержание жира в потоках пшенично-амарантовой муки в процентном отношении 85 : 15 с учетом выхода составило 3,84%, белка – 13,30%. Средневзвешенное содержание жира и белка в потоках пшенично-амарантовой муки на драных системах – 3,71 и 13,22%, на размольных системах – 3,88 и 13,34% соответственно (см. табл. 6).

Средневзвешенное содержание жира в потоках пшенично-амарантовой муки в соотношении 80 : 20 с учетом выхода составило 4,28%, белка – 13,70%. Средневзвешенное содержание жира и белка в потоках пшенично-амарантовой муки на драных системах – 4,24 и 13,02%, на размольных – 4,29 и 13,78% соответственно (см. табл. 7).

На рисунке представлена зависимость содержания зерна амаранта в помольной смеси на содержание жира и белка в пшенично-амарантовой муке различного соотношения в сравнении с контрольной пшеничной. Из графика видно, что добавление в помольную зерновую смесь зерна амаранта позволяет повысить содержание жира в пшенично-амаран-

товой муке на 282,1% и на 18,4% содержание белка по сравнению с контрольной пшеничной мукой.

## ВЫВОДЫ

1. Добавление в помольную зерновую смесь зерна амаранта оказывает положительное влияние на крупобразующую способность и приводит к увеличению выхода пшенично-амарантовой муки. При добавлении в помольную пшенично-амарантовую зерновую смесь 5% зерна амаранта выход муки составил 72,2%, 10% зерна амаранта – 73,7%, 15% зерна амаранта – 80,2%, 20% зерна амаранта – 82,7%. Наибольший выход пшенично-амарантовой муки получается при размоле зерна пшеницы и зерна амаранта в процентном отношении 80 : 20, что на 8,4% выше по сравнению с выходом муки из контрольного образца пшеницы.

2. Добавление зерна амаранта в помольную пшенично-амарантовую зерновую смесь повышает содержание жира и белка во всех потоках пшенично-амарантовой муки, полученных как с драных, так и с размольных систем. По сравнению с контрольным образцом пшеничной муки содержание жира и белка составило 1,12 и 11,57% соответственно, при добавлении 5% амаранта средневзвешенное содержание жира – 2,47%, белка – 12,55%, 10% амаранта содержание жира – 3,13%, белка – 12,66%,

15% амаранта содержание жира – 3,88%, белка – 13,34%, 20% амаранта содержание жира – 4,29%, белка – 13,78%.

3. Добавление в помольную зерновую смесь зерна амаранта позволяет повысить содержание жира в пшенично-амарантовой муке на 282,1%, белка – на 18,4% по сравнению с контрольной пшеничной мукой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Жаркова И.М., Гребеничиков А.В. Оценка функциональных свойств и показателей безопасности зернового хлеба с амарантовой мукой // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51. № 2. С. 323–332. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-2-323-332.
3. Туракулов Э. Применение нетрадиционных растительных масел и муки для приготовления кондитерских и хлебобулочных изделий на основе амаранта // *Наука и технология XXI века*. 2020. № 1 (1). С. 162–168.
3. Кидяев С.Н., Литвинова Е.В., Джамалов Н.К. Амарант как нетрадиционный источник белка для мясных продуктов // *Мясные технологии*. 2017. № 11 (179). С. 40–43.
4. Егорова Е.Ю., Резниченко И.Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48. № 2. С. 36–45. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-2-36-45.
5. Колпакова В.В., Тихомирова Н.А., Гайворонская И.С., Лукин Н.Д. Кисломолочный продукт геронтологического назначения на основе компонентов переработки амарантовой муки // *Пищевые системы*. 2018. Т. 1. № 1. С. 35–45. DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-35-45.
6. Плужникова П.А., Егорова Е.Ю. Влияние фруктовых компонентов на качество и пищевую ценность кексов с амарантовой мукой // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2019. № 1 (367). С. 46–50. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.1.11.
7. Никонорова Ю.Ю., Волкова А.В., Казарина А.В. Изучение потребительских свойств хлеба из пшеничной муки высшего и первого сортов с добавлением амарантовой муки // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 12 (165). С. 165–171. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-165-171.
8. Скобельская З.Г., Балыхин М.Г., Хасанова С.Д., Гинс М.С. Применение амарантовой муки в производстве вафельных листов повышенной пищевой ценности // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 6. С. 92–96. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10618.
9. Курако У.М., Левина Т.Ю. Амарантовая мука в производстве мясных продуктов // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2021. № 5 (70). С. 43–48. DOI: 10.33979/2219-8466-2021-70-5-43-48.
10. Трemasов Е.Н., Губернаторов В.В., Воронин А.Е., Илалова Г.Ф. Сверхкритическая экстракция сквалена из семян амаранта // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2017. № 4. С. 46–52.
11. Жаркова И.М., Лавров С.В., Самохвалов А.А., Гребеничиков А.В., Мирошниченко Л.А. Разработка функциональных пищевых продуктов для безглютенового и геродического питания, в том числе для профилактики остеопороза // *Хлебопродукты*. 2019. № 12. С. 53–55.
12. Шарипов П.Р., Хасанов Х.Т. Антимикробная активность пептидов, полученных из белков семян амаранта и других продуктов переработки амарантового зерна // *Universum: технические науки*. 2022. № 5-7 (98). С. 19–23.
13. Терехова А.Ю., Мецзякова О.Л., Мальцева О.Ю. Получение белкового концентрата из амаранта // *Актуальная биотехнология*. 2017. № 2 (21). С. 208.
14. Кандроков Р.Х., Рындин А.А., Волгаев С.Р. Влияние соотношения помольной смеси зерна пшеницы и зерна амаранта на крупнообразующую способность // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 6 (108). Ч. 3. С. 91–94. DOI: 10.23670/2021.108.6.075.
15. Karaeva Ju.V., Timofeeva S.S. Possibilities of obtaining biogas from manure and amaranth // *Engineering Technologies and Systems*. 2021. Vol. 31. N 3. P. 336–348. DOI: 10.15507/2658-4123.031.202103.336-348.

## REFERENCES

1. Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V. Assessment of functional properties and safety indicators of amaranth flour grain bread. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 323–332. (In Russian). DOI: 10.21603/2074-9414-2021-2-323-332.
2. Turakulov E. Application of non-conventional vegetable oils and flour for preparation of confectionery and bakery products based on amaranth. *Nauka i tekhnologiya XXI veka = Science and Technology of the XXI century*, 2020, no. 1 (1), pp. 162–168. (In Russian).
3. Kidyayev S.N., Litvinova E.V., Dzhamalov N.K. Amaranth as an unconventional source of protein

- for meat products. *Myasnye tekhnologii = Meat technology*, 2017, no. 11 (179), pp. 40–43. (In Russian).
4. Egorova E.Yu., Reznichenko I.Yu. Development of food concentrate – semi-finished product with amaranth flour for gluten-free cupcakes. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 36–45. (In Russian). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-2-36-45.
  5. Kolpakova V.V., Tikhomirova N.A., Gaivoronskaya I.S., Lukin N.D. Fermented dairy product for gerontological purposes based on amaranth processed products. *Pishchevye sistemy = Food Systems*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 35–45. (In Russian). DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-35-45.
  6. Pluzhnikova P.A., Egorova E.Yu. Effect of fruit components on the quality and nutritional value of cupcakes with amaranth flour. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishhevaya tekhnologiya = Izvestiya vuzov. Food Technology*, 2019, no. 1 (367), pp. 46–50. (In Russian). DOI: 10.26297/0579-3009.2019.1.11.
  7. Nikonorova Yu.Yu., Volkova A.V., Kazarina A.V. Studying consumer properties of bread from wheat flour of the highest and first grades with addition of amaranth flour. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*, 2020, no. 12 (165), pp. 165–171. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-165-171.
  8. Skobelskaya Z.G., Balykhin M.G., Khasanova S.D., Gins M.S. Application of amaranth flour in the production of wafer sheets of high nutritional value. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 6, pp. 92–96. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10618.
  9. Kurako U.M., Levina T.Yu. Amaranth flour in the production of meat products. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov = Technology and merchandising of the innovative foodstuff*, 2021, no. 5 (70), pp. 43–48. (In Russian). DOI: 10.33979/2219-8466-2021-70-5-43-48.
  10. Tremasov E.N., Governors V.V., Voronin A.E., Ilalova G.F. Supercritical extraction of squalene from amaranth seeds. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' = Derevoobrabativayushaya promyshlennost*, 2017, no. 4, pp. 46–52. (In Russian).
  11. Zharkova I.M., Lavrov S.V., Samokhvalov A.A., Grebenshchikov A.V., Miroshnichenko L.A. Development of functional food products for gluten-free and heroic nutrition, including for the prevention of osteoporosis. *Khleboprodukty = Khleboprodukty*, 2019, no. 12, pp. 53–55. (In Russian).
  12. Sharipov P.R., Khasanov Kh.T. Antimicrobial activity of peptides produced from amaranth seed proteins and other amaranth grain processing products: *Universum: tekhnicheskie nauki = Universum: technical sciences*, 2022, no. 5-7 (98), pp. 19–23. (In Russian).
  13. Terekhova A.Yu., Meshcheryakova O.L., Maltseva O.Yu. Obtaining protein concentrate from amaranth. *Aktual'naya biotekhnologiya = Actual biotechnology*, 2017, no. 2 (21), p. 208. (In Russian).
  14. Kandrov, R.Kh. Ryndin A.A., Volgaev S.R. Influence of the ratio of the wheat grain and amaranth grain mill grist on the grain-forming ability. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2021, no. 6 (108), Part 3, pp. 91–94. (In Russian). DOI: 10.23670/2021.108.6.075.
  15. Karaeva Ju.V., Timofeeva S.S. Possibilities of obtaining biogas from manure and amaranth. *Engineering Technologies and Systems*, 2021, vol. 31, no. 3, pp. 336–348. DOI: 10.15507/2658-4123.031.202103.336-348.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Кандроков Р.Х.**, кандидат технических наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11; e-mail: nart132007@mail.ru

**Кирюшин В.А.**, аспирант; e-mail: agrogetti@gmail.com

**Прудникова А.С.**, магистрант; e-mail: anyutka.prudnikova@mail.ru

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Roman Kh. Kandrov**, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; **address:** 11, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125080, Russia; e-mail: nart132007@mail.ru

**Valentin A. Kiryushin**, Postgraduate Student; e-mail: agrogetti@gmail.com

**Anna S. Prudnikova**, Master's Degree Student; e-mail: anyutka.prudnikova@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 12.03.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.06.2023  
Дата публикации / Published 20.07.2023