

УДК 577.112.3:633.1

UDC 577.112.3:633.1

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки, сельскохозяйственные науки)

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology

# **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РЯДА ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР**

# **COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF AMINO ACID COMPOSITION OF A NUMBER OF CEREAL CROPS**

Баюров Леонид Иванович

к. с.-х. н., доцент

SPIN-код: 3777-5470, AuthorID: 270952

E-mail: [leo56@mail.ru](mailto:leo56@mail.ru)

Bayurov Leonid Ivanovich

Cand. Agr. Sci., associate Professor

RSCI SPIN-code: 3777-5470, AuthorID: 270952

E-mail: [leo56@mail.ru](mailto:leo56@mail.ru)

Дмитриенко Станислав Николаевич

к.б.н., ведущий специалист

SPIN-код: 2175-0529, AuthorID: 675058

E-mail: [stas47@mail.ru](mailto:stas47@mail.ru)

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия*

Dmitrienko Stanislav Nikolaevich

Cand. Biol. Sci., leading specialist

RSCI SPIN-code: 2175-0529, AuthorID: 675058

E-mail: [stas47@mail.ru](mailto:stas47@mail.ru)

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia*

Зерновые культуры составляют основу мирового сельского хозяйства и производства продуктов питания. Эти злаки, выращиваемые ради съедобных семян, обеспечивают людей и животных необходимыми питательными веществами и энергией. Благодаря своей универсальности, высокому потенциалу урожайности и питательной ценности зерновые культуры незаменимы в сельском хозяйстве во всем мире. Зерновые культуры — это растения, принадлежащие к семейству злаковых *Poaceae*. Их выращивают в основном ради зерен или семян, которые богаты углеводами, необходимыми для выработки энергии. Зерновые культуры хорошо растут в разных климатических условиях и на разных типах почв, что делает их основным продуктом питания в различных регионах. Из этих культур производят разнообразные продукты питания, в том числе хлеб, макароны и сухие завтраки, а также корма для животных и биотопливо. Зерновые культуры обладают несколькими общими характеристиками, которые делают их идеальными для крупномасштабного сельского хозяйства. Они могут расти в самых разных климатических условиях и на разных почвах, хотя некоторые предпочитают определенные условия. Злаки богаты углеводами, что делает их источником энергии. Эта особенность крайне важна для удовлетворения энергетических потребностей больших групп населения. Зерновые культуры обычно дают высокую урожайность на единицу площади, что позволяет производителям вести их эффективное производство на ограниченных территориях. В статье представлены результаты исследования аминокислотного состава ряда злаковых зерновых культур, направленного на оценку биологической полноценности биохимического состав белка различных видов зерна с учетом

Grain crops form the basis of global agriculture and food production. These cereals, grown for edible seeds, provide humans and animals with essential nutrients and energy. Due to their versatility, high yield potential and nutritional value, cereals are indispensable in agriculture all over the world. Cereals are plants belonging to the family of cereals *Poaceae*. They are grown mainly for the sake of grains or seeds, which are rich in carbohydrates necessary for energy production. Grain crops grow well in different climatic conditions and on different types of soils, which makes them a staple food in various regions. These crops produce a variety of food products, including bread, pasta and breakfast cereals, as well as animal feed and biofuels. Grain crops have several common characteristics that make them ideal for large-scale agriculture. They can grow in a wide variety of climatic conditions and on different soils, although some prefer certain conditions. Cereals are rich in carbohydrates, which makes them a source of energy. This feature is extremely important for meeting the energy needs of large groups of the population. Grain crops usually produce high yields per unit area, which allows producers to produce them efficiently in limited territories. The article presents the results of a study of the amino acid composition of a number of cereal crops, aimed at assessing the biological usefulness of the biochemical protein composition of various types of grains, taking into account their benefits to human health

их пользы для здоровья человека

Ключевые слова: ПШЕНИЦА, ТРИТИКАЛЕ, ОВЕС, БУЛГУР, КУСКУС, БЕЛОК, АМИНОКИСЛОТЫ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛНОЦЕННОСТЬ

Keywords: WHEAT, TRITICALE, OATS, BULGUR, COUSCOUS, PROTEIN, AMINO ACIDS, BIOLOGICAL VALUE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-212-002>

**Введение.** Злаковые зерновые культуры сыграли ключевую роль в становлении и развитии цивилизации. Они являются основным источником энергии для миллионов людей и обеспечивают продовольственную безопасность, особенно для регионов с быстро растущим населением. В развивающихся странах зерновые составляют большую часть рациона. Злаки содержат необходимые питательные вещества, такие как углеводы, белки, витамины и минералы. Цельнозерновые продукты, в частности, содержат клетчатку, антиоксиданты и витамины группы В, что делает их основой сбалансированной диеты.

Кроме того, злаковые зерновые культуры способствуют экономическому росту во многих странах с аграрной экономикой, обеспечивая доход производителям и сырье для пищевой промышленности. Крупнейшие экспортеры зерновых, такие как США, Китай и Индия, включая Нигерию, получают прибыль от торговли этими культурами. Животноводство в значительной степени зависит от зерновых культур в качестве корма, которые часто входят в рацион животных, обеспечивая мясную, молочную и яичную продуктивность.

Однако обеспечение достаточного количества питательных зерновых культур для населения мира является постоянной задачей, и для этого необходимо применение новых технологий и эффективных методов выращивания. Большая часть зерна, используемого в пищу, подвергается помолу для удаления отрубей (плодовой оболочки) и зародыша, в первую очередь для того, чтобы соответствовать вкусовым ожиданиям потребителей. В процессе помола зерно лишается важных питательных веществ, полезных для здоровья, в том числе пищевых волокон, фенольных соединений,

<http://ej.kubagro.ru/2025/08/pdf/02.pdf>

витаминов и минералов. Таким образом, несмотря на многочисленные доказательства пользы для здоровья от употребления цельнозерновых продуктов, остаются проблемы, связанные с технологией получения продуктов питания, которые содержат значительное количество цельнозерновых компонентов и соответствуют ожиданиям потребителей. В этой статье представлены результаты исследования аминокислотного состава ряда злаковых зерновых культур, направленного на оценку биологической полноценности биохимического состав различных видов зерна с учетом пользы для здоровья человека.

**Обсуждение.** Зерновые культуры в основном используются в качестве пищи для людей и корма для скота. По данным В. В. Лабунского, в 2020 г. в мире производство зерна всех видов зерновых культур достигло 2790 млн тонн, в том числе пшеницы – 763 млн тонн, а мировой объем потребления зерновых составлял 2745 млн тонн, из которых 758 млн тонн (или 28 %) пришлось на пшеницу [1].

Примерно 34 % мирового урожая зерновых используется для кормления скота, выращиваемого на мясо. Для людей зерновые культуры являются основным источником калорий и белка, необходимых в рационе. Сегодня в мире около 50 % пищевого белка поступает из зерновых, около 20 % — из бобовых культур и 30 % — из продуктов животного происхождения. В развитых странах люди получают 56 % белка из продуктов животного происхождения, а в развивающихся странах только 25 % белка из продуктов животного происхождения, а остальные 75 % — из зерновых. Содержание белка в зерновых культурах варьируется, но в целом он низкого качества из-за несбалансированного аминокислотного состава. В некоторых культурах были предприняты попытки селекции для улучшения аминокислотного состава различных злаковых зерновых культур, и в настоящее время доступны коммерчески выгодные сорта с довольно высоким содержанием ряда незаменимых аминокислот, в частности, лизина.

**Пшеница** (*Triticum spp. L.*) – древнейшая злаковая зерновая культура, выращиваемая в самых разных климатических и почвенных условиях. Она является основным компонентом рациона питания во всем мире, обеспечивая организм необходимыми питательными веществами и служа важнейшей основой глобальной продовольственной безопасности (рисунок 1).

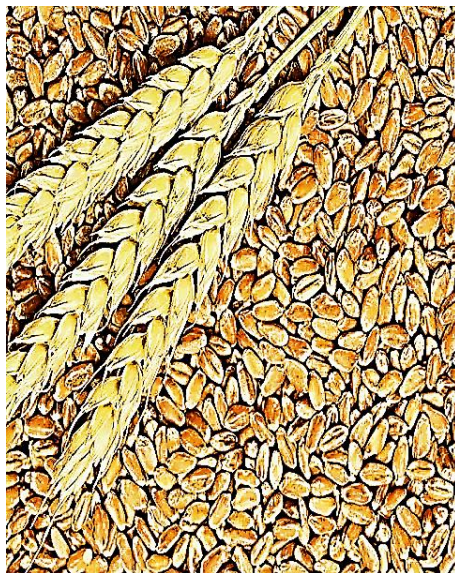


Рисунок 1 — Колосья и зерна пшеницы

Пшеница отличается значительным разнообразием в зависимости от морфологических признаков, уровня плоидности, биологического статуса и регионов выращивания. Являясь одним из важнейших продуктов питания, она обеспечивает более 35 % мирового населения калориями и составляет примерно 20 % мирового потребления белка. Существует множество видов *Triticum* с разными геномами и уровнем плоидности. Пшеница, употребляемая в пищу в цельном виде, является источником многих питательных, минеральных веществ и клетчатки. Уровень белка в зерне пшеницы и его аминокислотный состав сильно различаются в зависимости от генотипа (сортности) и условий окружающей среды. Дисперсионный анализ аминокислотного состава, урожайности и содержания белка показал, что доступность влаги во время роста культуры оказывает большее влияние, чем генотип. Качество пшеницы зависит от питательной ценности со-

держась в ней белка. С этой точки зрения очень важен баланс между незаменимыми аминокислотами в белковом комплексе.

Белковый и аминокислотный состав пшеницы варьируется в зависимости от сорта культуры, применения удобрений, методов орошения, почвенных и климатических условий данной местности. Особое внимание уделяется повышению содержания белка в сортах твердой пшеницы. Ряд проведенных исследований показал существование генетической изменчивости содержания белка и лизина в зерне пшеницы, положительную корреляцию между содержанием белка и лизина на единицу массы зерна и отрицательную – между содержанием белка и уровнем урожайности.

Белки пшеницы не содержат такого высокого уровня незаменимых аминокислот, как белки животного происхождения. Таким образом, при употреблении в качестве практически единственного источника белка они не усваиваются с такой же эффективностью, как белки животного происхождения, и для удовлетворения физиологических потребностей детей и взрослых в общем количестве белка и конкретных незаменимых аминокислотах, особенно лизине, а также треонине и триптофане в некоторых случаях, требуется больше пшеничного белка. Однако в сочетании с белками бобовых, масличных культур или продуктов животного происхождения, белки пшеницы демонстрируют высокую питательную ценность.

Более того, если рассматривать продукты на основе пшеницы в контексте более широких проблем, связанных с питанием, пищевыми привычками и здоровьем в долгосрочной перспективе, то можно сделать вывод о том, что белки пшеницы продолжают играть важную роль в удовлетворении потребностей населения в белках и аминокислотах. Дальнейшие исследования, направленные на повышение усвояемости и общей питательной ценности пшеничных белков, а также на разработку приемлемых и экономичных источников концентратов пшеничных белков, должны в

дальнейшем способствовать еще более существенному повышению роли пшеницы в питании людей.

Из пшеницы делают булгур и кускус — продукты из обработанной крупы для быстрого приготовления. Благодаря термической обработке, в булгуре снижена калорийность, что делает его привлекательным для диетического питания. Согласно опубликованным данным, употребление булгура в составе ежедневного рациона на 20 % снижает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, а также сахарного диабета II типа. В 100 г семян кускуса содержится около 376 ккал обменной энергии. Углеводы составляют 77 % от общей массы, белки – 13 %, а жиры – до 1 %. Кускус, как и манная крупа из сортов твердой пшеницы, содержит в 100 г до 5 г клетчатки.

Таблица 1 – Средний аминокислотный состав булгура и кускуса

| Аминокислота          | Содержание, % |            |
|-----------------------|---------------|------------|
|                       | булгур [4]    | кускус [3] |
| Аланин                | 6,6           | 1,7        |
| Аспарагиновая кислота | 5,2           | 1,3        |
| Валин                 | 22,2          | 6,5        |
| Гистидин              | 13,6          | 3,7        |
| Глицин                | 14,1          | 3,4        |
| Глутаминовая кислота  | 28,5          | 10,1       |
| Изолейцин             | 22,8          | 7,4        |
| Лейцин                | 18,0          | 5,6        |
| Лизин                 | 8,3           | 1,8        |
| Метионин              | 10,8          | 3,3        |
| Пролин                | 28,3          | 9,3        |
| Серин                 | 7,0           | 2,2        |
| Тирозин               | 8,1           | 2,3        |
| Триптофан             | 23,8          | 6,1        |
| Фенилаланин           | 13,2          | 4,2        |
| Цистин                | 15,8          | 5,9        |

**Ячмень** (*Hordeum vulgare*) – довольно выносливая и устойчивая к различным условиям культура, которую начали выращивать еще 15 тыс.

лет до н. э. Сегодня ячмень является очень важной зерновой культурой, занимая в мире 4-е место (после пшеницы, риса и кукурузы) по объему производства и площади выращивания (приблизительно 200 млн га, 120–150 млн га и 100–150 млн га – соответственно) (рисунок 2).



Рисунок 2 — Колосья и зерна ячменя

Она широко используется в кормлении животных, а также в качестве сырья для производства пива. Ячмень добавляют в супы и рагу, а также в ячменный хлеб различных сортов. Он содержит медь, магний, селен и цинк, которые помогают нейтрализовать свободные радикалы, стимулируют обновление клеток, синтез коллагена и повышают эластичность кожи. Ячмень содержит группу природных антиоксидантов — флавоноидов, обладающих противоаллергическими, противовоспалительными, антиканцерогенными и гастропротекторными свойствами. Как корм ячмень имеет такую же питательную ценность, как и кукуруза. При этом в ячмене содержится больше белка, метионина, лизина, цистеина и триптофана. Он содержит много углеводов, умеренное количество белка, кальция и фосфора. При увеличении содержания сырого белка уменьшается содержание незаменимых аминокислот. Существенные различия в аминокислотном составе наблюдаются в различных сортах ячменя.

**Тритикале** (*Triticosecale*, от лат. *triticum* – «пшеница» + *secale* – «рожь») – ценная кормовая культура с довольно высокой питательной ценностью зерна. Она является прямой заменой ячменю или пшенице в рационах животных. В рационах свиней и птицы тритикале не уступает и даже превосходит пшеницу или кукурузу по энергетической ценности, содержанию белка и его качеству. Кроме того, зеленая масса тритикале более ценна, чем у пшеницы и ржи. Это связано с тем, что она содержит больше усвояемого белка, а травяная мука, приготовленная из нее, богаче каротиноидами и минералами, которые важны для животных.

Тритикале также может стать важной продовольственной культурой, обеспечивающей организм человека необходимыми аминокислотами (рисунк 3).



Рисунок 3 — Колосья и зерна тритикале

В зерне этого растения содержится много белка, но клейковины в нем меньше, чем в пшенице. Ее свойства соответствуют нижнему уровню средней вязко-эластичности, характерной для клейковины обычной пшеницы, что позволяет использовать тритикале в виде муки в смеси с пшеницей. Эволюция тритикале происходила в течение последних 140 лет. Впервые она появилась в 1873 г., благодаря шотландскому ботанику Алексан-

дру Уилсону, скрестившему пшеницу и рожь. В 1883 г. американец Элберт Карманн успешно вырастил настоящий гибрид из смеси пшеницы и ржи. Однако полученные растения были бесплодными, и дальнейшее размножение было невозможно. Первый настоящий аллополиплоидный тритикале был выведен в 1888 г. известным немецким селекционером Вильгельмом Римпау, которому удалось создать частично фертильный гибрид пшеницы и ржи.

В 1921 г. российский ученый Георгий Карлович Мейстер наблюдал самоопыление растений пшеницы пылью ржи с соседних участков. Однако эти гибриды в основном были стерильными по мужской линии, и лишь изредка в результате спонтанного удвоения хромосом создавался фертильный гибрид. Хотя содержание аминокислот в озимой тритикале в значительной степени определяется генетически, оно также зависит от погодных и агротехнических факторов. Содержание незаменимых и заменимых аминокислот в зерне тритикале и индекс незаменимых аминокислот были выше при интенсивной технологии выращивания. Наиболее важными аминокислотами, определяющими качество белка в зерне, являются лизин и триптофан. Используя интенсивные технологии, снижая долю зерновых в севообороте и выбирая подходящий сорт, можно максимально увеличить содержание необходимых незаменимых и заменимых аминокислот в зерне тритикале и тем самым повысить его кормовую и потребительскую ценность.

Для получения тритикале пшеница используется в качестве материнского, а рожь — мужского родителя (донора пыльцы). Полученный гибрид стерилен, и его необходимо обработать колхицином, чтобы вызвать полиплоидию и, следовательно, способность к размножению. Сегодня в мире наиболее распространенными тритикале являются два типа вторичных гексаплоидов: полные тритикале, у которых все 7 пар неизмененных хромосом происходят от ржи, и замещенные тритикале, у которых одна или

несколько хромосом ржи заменены хромосомами D-генома гексаплоидной пшеницы.

Исследование аминокислотного состава глютена тритикале показало, что в нем содержится гораздо меньше аспарагиновой кислоты (на 28 %) и лизина (на 19), аланина и аргинина, но больше – тирозина (на 40), глутаминовой кислоты (на 31), фенилаланина (на 24) и лейцина (на 14 %), а также немного больше треонина и валина, чем в глютене пшеницы. Также не было выявлено существенных различий в аминокислотном составе белка зерна тритикале разных сортов и регионов выращивания [5].

*Овес* (*Avena sativa* L.) имеет долгую историю использования в качестве питательного продукта питания, причем сохранившиеся записи свидетельствуют о том, что в культивируемом виде овес начал использоваться 3500–1500 лет до н. э. тому, то есть еще в бронзовом веке (рисунок 4).



Рисунок 4 – Метелки и зерна овса

Это зерновая культура с низким уровнем затрат на выращивание, широко распространенная по всему миру в качестве как продовольственной, так и кормовой культуры. По объемам производства овес занимает 6-е место после пшеницы, риса, кукурузы, сорго и ячменя. Широко выращивается в северной Европе, Китае, Северной Америке, Австралии и Канаде.

Несмотря на то, что овес является традиционной культурой во многих странах, за последние 50 лет в его производстве произошли значительные изменения, вызванные конкуренцией со стороны других зерновых культур.

Традиционное использование овса в рационе человека во многих странах стало более распространенным после того, как его по праву признали очень полезным для здоровья. Это связано с наличием  $\beta$ -глюкана (основного полисахарида клеточной стенки эндосперма), минералов, антиоксидантов, жирорастворимого витамина Е, полиненасыщенных жирных кислот, растворимой клетчатки и белка, а также низкому содержанию нейтральной клетчатки. В результате потребление овса возросло, и ассортимент продуктов на его основе также расширился.

Растущее понимание состава овса и его ценности для различных конечных потребителей открывает новые возможности для этой культуры. Несмотря на свой уникальный состав, овес по-прежнему недооценен по сравнению с пшеницей, рисом и ячменем, ведь в него входят многие питательные вещества, необходимые для здоровья, снижающие риск развития дегенеративных и сердечно-сосудистых заболеваний. Несмотря на то, что ценность овса как промежуточной культуры в севооборотах, основанных на зерновых культурах, общепризнана, в будущем важно не только сохранить, но и повысить рентабельность производства этой культуры, удовлетворяя в полной мере потребности различных пользователей.

Сегодня у селекционеров-агрономов есть возможности для выведения новых сортов овса с учетом возникающих современных подходов, позволяющих повысить экономическую эффективность производства зерна овса в продовольственных и кормовых целях, обеспечив тем самым его рыночную привлекательность и востребованность в будущем. Аминокислотный состав белков овса (%) выглядит следующим образом: валин – 7,8; изолейцин – 5,2; лейцин – 8,1; лизин – 3,9; метионин – 2,0; треонин – 3,8 и фенилаланин – 6,5. По данным американского агронома-исследователя

Лиланда Бриггла и его коллег, по лизину аминокислотный скор белка овса достигает 71 %, тогда как у пшеницы этот показатель в среднем составляет примерно 56 %. Содержание белка в зерне овса находится на уровне 9–12 %, а максимум может доходить до 20–24 % и выше. Результаты исследования свидетельствуют о том, что в дополнение к отложению запасного белка в крупе, аминокислоты перемещаются из оболочки в крупу по мере созревания зерна [2].

**Чумиза или итальянское просо** (*Setaria italica* (L.) Beauv.) известно с давних времен. Название *Setaria* происходит от слов «шёлк» и «щетина»: из-за щетинообразного вида ушек. Видовой итальянский эпитет относится к Италии: итальянский, итальянский, хотя его происхождение можно отнести к Индийскому архипелагу или, в любом случае, к Юго-Восточной Азии.

Этот вид широко культивируется в Азии, в то время как в Европе и Италии его значение постепенно снижается, поскольку оно предназначено исключительно для кормления птиц. Чумиза отличается узкими и шероховатыми листьями (рисунок 5).



Рисунок 5 – Чумиза (итальянское просо)

На листьях образуются плотные соцветия, которые по внешнему виду и строению очень похожи на колосья. Длина соцветия составляет около 50 см, щетинки на нем слабо выражены. В чумизе мало клейковины, тесто из него плохо «поднимается» и поэтому она не подходит для выпечки хлеба. Предполагается, что в период позднего средневековья просо чаще использовали для приготовления каш и супов, так как его зерно было более усвояемым, когда его варили на мясном бульоне или на молоке.

Итальянское просо является основной продовольственной культурой для значительной части населения Индии. Чумиза обладает высокой энергетической ценностью — до 362 ккал на 100 г продукта, в составе которых содержится 11,1 г белка; 75,3 г углеводов; 3,3 г жира; 1,4 г клетчатки и 1,8 г золы, в состав которой входят 281 мг калия; 8 мг натрия; 37 мг кальция; 275 мг фосфора и 6,2 мг железа. В небольшом количестве в чумизе присутствуют витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и В<sub>3</sub>. Рацион, основанный на чумизе, обычно дополняется бобовыми, в которых также не хватает лизина, метионина, триптофана и цистеина. Различия в содержании белка обусловлены в основном различиями в содержании проламина, повышение уровня которого приводит к снижению уровня лизина.

**Результаты исследования.** Для анализа аминокислотного состава ряда зерновых культур нами в феврале–марте 2025 года было проведено исследование зерен пшеницы, овса, ячменя, булгура, тритикале, кускуса и чумизы. Данные приведены в таблице 2.

Как видно, наибольшая общая сумма аминокислот в 100 г белка зерна исследованных культур отмечена в чумизе (около 13,3 г), затем следовали тритикале (13,0); кускус (12,5); булгур (11,0); пшеница (10,7); ячмень (9,4) и овес (7,6 г).

Важно было учесть сколько из этого количества приходилось на незаменимые аминокислоты. По этому принципу культуры распределились

следующим образом: чумиза (5,1 г), тритикале (4,0), кускус (3,7), булгур (3,3), пшеница (3,2), ячмень (3,2) и овес (2,8 г).

Таблица 2 – Аминокислотный состав зерна, г/100г белка

| Аминокислота                     | Пшеница       | Овес         | Ячмень       | Булгур        | Тритикале     | Кускус        | Чумиза        |
|----------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Заменимые аминокислоты:</i>   |               |              |              |               |               |               |               |
| Asp                              | 0,567         | 0,699        | 0,553        | 0,523         | 0,770         | 0,533         | 0,985         |
| Ser                              | 0,665         | 0,429        | 0,484        | 0,622         | 0,725         | 0,725         | 0,767         |
| Glu                              | 3,375         | 1,515        | 2,481        | 3,624         | 3,822         | 4,459         | 2,871         |
| Pro                              | 1,030         | 0,360        | 1,084        | 1,192         | 1,374         | 1,316         | 0,947         |
| Gly                              | 0,454         | 0,389        | 0,374        | 0,363         | 0,570         | 0,403         | 0,409         |
| Ala                              | 0,423         | 0,398        | 0,385        | 0,348         | 0,505         | 0,415         | 1,177         |
| Cys                              | 0,221         | 0,213        | 0,172        | 0,322         | 0,242         | 0,202         | 0,275         |
| Tyr                              | 0,292         | 0,265        | 0,320        | 0,322         | 0,398         | 0,361         | 0,378         |
| Arg                              | 0,494         | 0,514        | 0,386        | 0,399         | 0,611         | 0,451         | 0,397         |
| <b>Сумма</b>                     | <b>7,521</b>  | <b>4,785</b> | <b>6,239</b> | <b>7,715</b>  | <b>9,017</b>  | <b>8,865</b>  | <b>8,206</b>  |
| <i>Незаменимые аминокислоты:</i> |               |              |              |               |               |               |               |
| Thr                              | 0,387         | 0,308        | 0,360        | 0,349         | 0,454         | 0,394         | 0,566         |
| Val                              | 0,433         | 0,414        | 0,468        | 0,421         | 0,566         | 0,521         | 0,693         |
| Met                              | 0,193         | 0,281        | 0,146        | 0,222         | 0,200         | 0,149         | 0,203         |
| Ile                              | 0,327         | 0,218        | 0,314        | 0,343         | 0,399         | 0,397         | 0,646         |
| Leu                              | 0,766         | 0,594        | 0,721        | 0,809         | 0,894         | 0,928         | 1,673         |
| Phe                              | 0,479         | 0,408        | 0,560        | 0,591         | 0,707         | 0,634         | 0,713         |
| His                              | 0,317         | 0,288        | 0,307        | 0,333         | 0,401         | 0,368         | 0,362         |
| Lys                              | 0,284         | 0,322        | 0,299        | 0,229         | 0,368         | 0,277         | 0,221         |
| <b>Сумма</b>                     | <b>3,186</b>  | <b>2,833</b> | <b>3,175</b> | <b>3,297</b>  | <b>3,989</b>  | <b>3,668</b>  | <b>5,077</b>  |
| <b>Всего аминокислот</b>         | <b>10,707</b> | <b>7,618</b> | <b>9,414</b> | <b>11,012</b> | <b>13,006</b> | <b>12,533</b> | <b>13,283</b> |

Как известно, в природе встречается более 300 аминокислот, но только 20 из них являются стандартными и присутствуют в белках, поскольку кодируются геномом, являясь L-изомерами  $\alpha$ -аминокислот (кроме глицина). Например, наибольшее содержание аспарагина (0,985 г на 100 г белка) присутствовало в чумизе, а наименьшее (0,523 г) – в булгуре; серин – от 0,767 г в чумизе до 0,429 г в овсе; глутамин — 4,459 г в кускусе и 1,515 г в овсе; пролин — от 1,192 г булгуре до 0,360 в овсе и т. д.

Наглядное изображение содержания заменимых и незаменимых аминокислот в изученных образцах зерен злаковых культур приведено на рисунках 6 и 7.

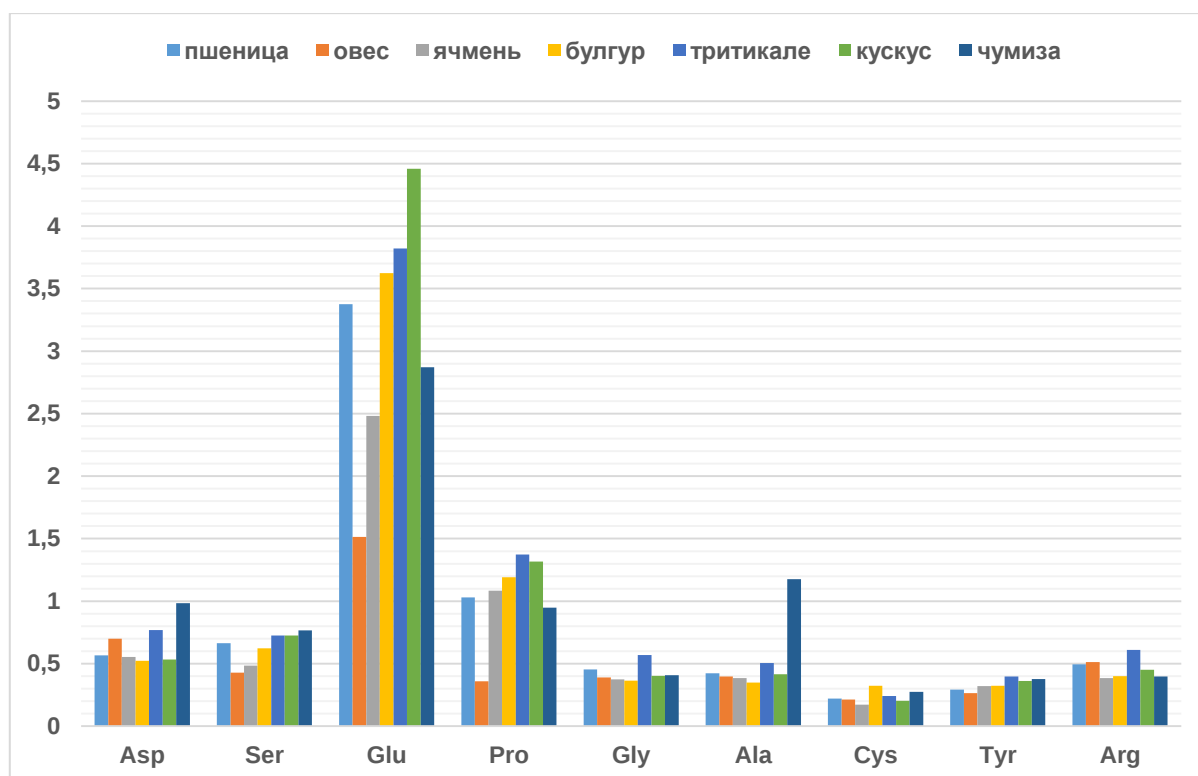


Рисунок 6 – Содержание заменимых аминокислот в зерне злаковых культур

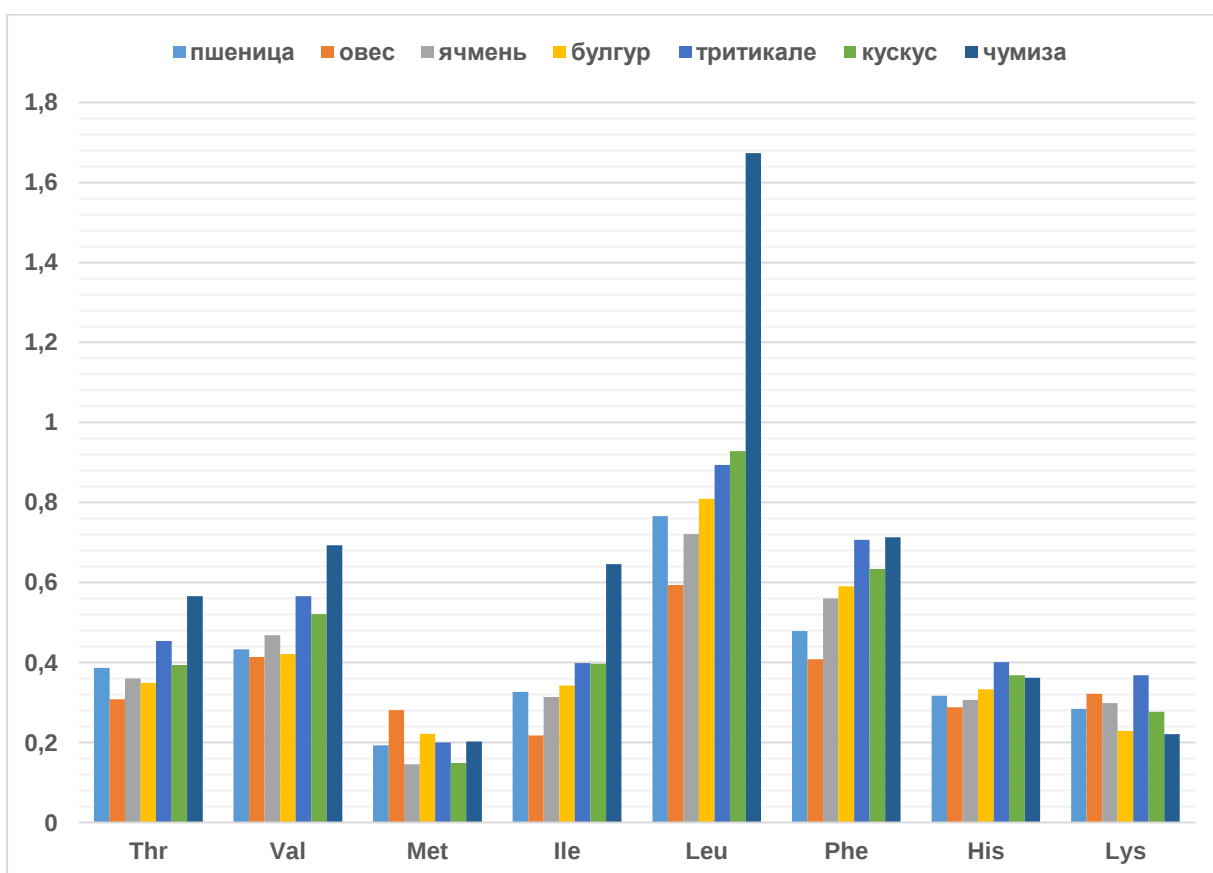


Рисунок 7 – Содержание незаменимых аминокислот в зерне злаковых культур

Для синтеза белка необходимы все аминокислоты, и недостаток одной или нескольких из них может нарушить процесс синтеза белка. Меньшая анаболическая способность растительных белков объясняется более низким содержанием незаменимых аминокислот или недостатком определенных аминокислот, таких как лейцин, лизин и/или метионин в сравнении с белками животного происхождения. По содержанию важнейших критических незаменимых аминокислот выявлена следующая закономерность: максимальным содержанием по лизину (0,368 г на 100 г белка) отличалась тритикале, а наименьшим – чумиза (0,221 г).

Как и все незаменимые аминокислоты, лизин необходим для нормального синтеза белка, обеспечивает усвоения кальция в кишечнике, помогает иммунной системе вырабатывать антитела и защищает организм от вирусов, необходим для восстановления тканей и выработки коллагена — структурного белка, необходимого для создания различных типов соединительной ткани, в том числе суставных хрящей, кожи и сухожилий. Благодаря своей роли в выработке коллагена лизин также помогает поддерживать прочность стенок артерий, что крайне важно для профилактики атеросклероза. Лизин увеличивает всасывание кальция в кишечнике и ограничивает его выведение с мочой, что способствует поддержанию здоровья костей.

Общепризнано, что метионин часто присоединяется к растущей пептидной цепи и является первой аминокислотой, добавляемой в процессе синтеза белка. Метионин — одна из самых гидрофобных аминокислот из-за чрезвычайно гидрофобной природы его боковой цепи, обусловленной наличием концевой метильной группы. Как и лизин, он также способствует формированию хрящевой ткани. Кроме того, метионин помогает укреплять суставы, а его противовоспалительные, антиоксидантные и обезболивающие свойства помогают облегчить симптомы артрита.

Он также необходим для усвоения селена и цинка, способствует детоксикации и выведению как свинца и ртути, участвует в переработке жиров печенью. В нашем исследовании лимиты содержания метионина составили от 0,281 г на 100 г белка у овса до 0,146 г – у ячменя. Важным условием полноценности растительных белков является соотношение в них незаменимых и заменимых аминокислот (таблица 3).

Таблица 3 – Соотношение незаменимых и заменимых аминокислот

| Культура  | Содержится аминокислот в 100 г белка, г |             |           | Соотношение<br>незаменимых<br>аминокислот к<br>заменимым, % |
|-----------|-----------------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------------------------------------|
|           | всего                                   | в том числе |           |                                                             |
|           |                                         | незаменимых | заменимых |                                                             |
| Пшеница   | 10,707                                  | 3,186       | 7,251     | 43,94                                                       |
| Овес      | 7,618                                   | 2,283       | 4,785     | 47,71                                                       |
| Ячмень    | 9,414                                   | 3,175       | 6,239     | 50,89                                                       |
| Булгур    | 11,012                                  | 3,297       | 7,715     | 42,73                                                       |
| Тритикале | 13,006                                  | 3,989       | 9,017     | 44,24                                                       |
| Кускус    | 12,533                                  | 3,668       | 8,865     | 41,38                                                       |
| Чумиза    | 13,283                                  | 5,077       | 8,206     | 61,87                                                       |

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, наибольшее соотношение между незаменимыми и заменимыми аминокислотами присутствовало в зерне чумизы (около 62 %), а наименьшее – в кускусе (около 41 %), что свидетельствует о более высокой биологической полноценности белков чумизы.

Эталонный белок представляет собой теоретический белок, идеально сбалансированный по аминокислотному составу. Содержание незаменимых аминокислот в 1 г идеального в пищевом отношении белка было определено экспертами ФАО (FAO, Food and Agriculture Organization —

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций) и ВОЗ (Всемирной Организации Здравоохранения).

В таблице 4 приведены данные по массовой доле незаменимых аминокислот (НАК) в исследованных пробах зерна.

Таблица 4 – Массовая доля НАК в исследованных пробах зерна, г/100 г белка

| НАК                      | Стандарт<br>ФАО/ВОЗ<br>(2011) | Пшеница | Овес  | Ячмень | Булгур | Тритикале | Кускус | Чумиза |
|--------------------------|-------------------------------|---------|-------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| Гистидин                 | 2,00                          | 0,317   | 0,288 | 0,307  | 0,333  | 0,401     | 0,368  | 0,362  |
| Изолейцин                | 3,20                          | 0,327   | 0,218 | 0,314  | 0,343  | 0,399     | 0,397  | 0,646  |
| Лейцин                   | 6,60                          | 0,766   | 0,594 | 0,721  | 0,809  | 0,894     | 0,928  | 1,673  |
| Лизин                    | 5,70                          | 0,284   | 0,322 | 0,299  | 0,229  | 0,368     | 0,277  | 0,221  |
| Метионин +<br>цистеин    | 2,70                          | 0,414   | 0,494 | 0,318  | 0,544  | 0,442     | 0,351  | 0,478  |
| Фенилаланин<br>+ тирозин | 5,20                          | 0,771   | 0,673 | 0,880  | 0,913  | 1,105     | 0,995  | 1,091  |
| Треонин                  | 3,10                          | 0,387   | 0,308 | 0,360  | 0,349  | 0,454     | 0,394  | 0,566  |
| Валин                    | 4,30                          | 0,433   | 0,414 | 0,468  | 0,421  | 0,566     | 0,521  | 0,693  |

Как и ожидалось, зерно всех изученных злаковых культур отличалось довольно низкими значениями массовой доли НАК. Еще более точным показателем биологической полноценности белков является их аминокислотный СКОР (от англ. score – «оценка»), представляющий собой процентное соотношение между содержанием аминокислоты в конкретном пищевом белке и в эталонном образце.

Показатели качества в основном зависят от аминокислотного состава белка, на который необходимо обращать особое внимание. Кроме того, применяемый эталонный образец и уровень содержания белка в ингредиенте или продукте питания также оказывают значительное влияние на по-

казатели качества. Данные по аминокислотному скору приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Аминокислотный скор зерен исследованных культур, %

| НАК                             | Пшени-<br>ца | Овес      | Яч-<br>мень | Бул-<br>гур | Тритика-<br>ле | Кус-<br>кус | Чуми-<br>за |
|---------------------------------|--------------|-----------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| Гистидин                        | 15,85        | 14,4<br>0 | 15,35       | 16,65       | 20,05          | 18,40       | 18,10       |
| Изолейцин                       | 10,22        | 6,81      | 9,81        | 10,72       | 12,47          | 12,41       | 2,018       |
| Лейцин                          | 11,61        | 9,00      | 10,92       | 12,26       | 13,54          | 14,06       | 25,35       |
| Лизин                           | 4,98         | 5,65      | 5,25        | 4,02        | 6,46           | 4,86        | 3,88        |
| Метионин +<br>цистеин           | 15,33        | 18,3<br>0 | 11,78       | 20,15       | 16,37          | 13,00       | 17,70       |
| Фенилала-<br>нин + тиро-<br>зин | 14,83        | 12,9<br>4 | 16,92       | 17,56       | 21,25          | 19,13       | 20,98       |
| Треонин                         | 12,48        | 9,93      | 11,61       | 11,26       | 14,64          | 12,71       | 18,26       |
| Валин                           | 10,07        | 9,63      | 10,88       | 9,79        | 13,16          | 12,12       | 16,12       |

Как видно, наибольшим аминокислотным скором среди всех изученных культур отличались по:

- гистидину – тритикале, кускус и чумиза;
- изолейцину – тритикале, кускус и булгур;
- лейцину – чумиза, кускус и тритикале;
- лизину – тритикале, овес и ячмень;
- метионину + цистеину – булгур, овес и чумиза;
- фенилаланину + тирозину – тритикале, чумиза и кускус;
- треонину – чумиза, тритикале и кускус;
- валину – чумиза, тритикале и кускус

**Выводы.** Зерновые злаковые культуры составляют самую большую и важную группу растительных продуктов и, как ожидается, будут играть еще более важную роль в общем мировом производстве продуктов пита-

ния в будущем. Хотя белки животного происхождения отличаются высокой полноценностью, но стоят достаточно дорого. Поэтому белки растительного происхождения, в качестве источника незаменимых аминокислот, могут их дополнять, а иногда даже полностью заменять.

В заключение важно отметить, что растительные белки из различных источников демонстрируют значительные вариации в своем составе и аминокислотном профиле. Для достижения оптимальных белковых характеристик, максимально приближенных к тем, что присущи животным белкам, целесообразно использовать комбинации различных растительных белковых источников или их сочетание с белками животного происхождения.

#### Список литературы:

1. Лабунский В.В. Мировой рынок зерна и продовольственное обеспечение населения Земли [Электронный ресурс] – URL: <https://vspmr.org/information/expert-opinion/mirovoy-rinok-zerna-i-prodovoljstvennoe-obespechenie-naseleniya-zemli.html> (дата обращения 06.02.2025).
2. Briggles LW, Smith RT, Pomeranz Y, Robbins GS (1975) Protein concentration and amino acid composition of *Avena sterilis* L. groats. Crop Sci 15:547-549.
3. Hofer K. Amino acids in couscous [Электронный ресурс] – URL: <https://yandexwebcache.net/yandbtm?fmode=inject&tm=1738737105&tld=ru&lang=en&la=1735868928&text=The+amino+acid+composition+of+couscous&url=https%3A//FitAudit.com/food/157536/amino&l10n=ru&mime=html&sign=30bdf34536218c43d33661ba5629d08e&keyno=0&mode=text> (дата обращения 05.02.2025).
4. Zhanysbek A.Zh., Mynbaeva A.B., Ivannikova N.V. The impact of bulgur flour on the quality of wheat dough // Mechanics and Technology / Scientific journal; 2023, No. 2; p. 81.
5. Zhmakina OA, Piadunkov VG, Kretoviu VL Amino acid composition of triticale gluten. Prikl Biokhim Mikrobiol. 1977 Nov-Dec; 13(6):915-918.

#### References

1. Labunskij V.V. Mirovoj rynok zerna i prodovol'stvennoe obespechenie naseleniya Zemli [Elektronnyj resurs] – URL: <https://vspmr.org/information/expert-opinion/mirovoy-rinok-zerna-i-prodovoljstvennoe-obespechenie-naseleniya-zemli.html> (data obrashcheniya 06.02.2025).
2. Briggles LW, Smith RT, Pomeranz Y, Robbins GS (1975) Protein concentration and amino acid composition of *Avena sterilis* L. groats. Crop Sci 15:547-549.
3. Hofer K. Amino Acids in Couscous [Electronic resource] – URL: <https://yandexwebcache.net/yandbtm?fmode=inject&tm=1738737105&tld=ru&lang=en&la=1735868928&text=The+amino+acid+composition+of+couscous&url=https%3A//FitAudit.com>

m/food/157536/amino&l10n=ru&mime=html&sign=30bdf34536218c43d33661ba5629d08e&keyno=0&mode=text (дата обращения 05.02.2025).

4. Zhanysbek A.Zh., Mynbaeva A.B., Ivannikova N.V. The impact of bulgur flour on the quality of wheat dough // Mechanics and Technology / Scientific journal; 2023, No. 2; p. 81.

5. Zhmakina OA, Piadunkov VG, Kretoviu VL Amino acid composition of triticales gluten. Prikl Biokhim Mikrobiol. 1977 Nov-Dec; 13(6):915-918.