

*Я.В. Смольникова, к.т.н., А.В. Коломейцев, к.б.н., доцент,
В.А. Ханипова, к.б.н., О.В. Стутко, Д.В. Брошко
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Российская Федерация*

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЯСНЫХ ФАРШЕЙ И РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ БЕЛКОВОГО ИЗОЛЯТА РАПСА

*Ya. Smol'nikova, A. Kolomeytsev, V. Khanipova, O. Stutko, D. Broshko
Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation*

EVALUATION OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MINCED MEAT AND DEVELOPMENT OF RECIPES FOR MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS WITH THE ADDITION OF PROTEIN ISOLATE OF RAPESEED

e-mail: ya104@yandex.ru, avk1978@list.ru, gasi.vera@yandex.ru, stutko_ov@mail.ru, qeryou@yandex.ru

Представлены результаты исследования по разработке рецептур мясных полуфабрикатов с добавлением белкового изолята рапса. Установлены параметры гидратации рапсового изолята перед внесением в фарш: продолжительность гидратации 10 минут при гидромодуле 1:3. Выявлено, что добавление рапсового изолята увеличивает влагоудерживающую способность мясного фарша (на 3,8%, при добавлении 1,5%; на 12,6%, при добавлении 3%; на 19,8%, при добавлении 4,5%; на 23,9%, при добавлении 6%) и снижает потери массы при тепловой обработке полуфабрикатов от 2-х до 10% по сравнению с контролем. При проведении органолептической оценке образцов полуфабрикатов было установлено, что образец с добавлением белкового изолята рапса в концентрации 3% обладал наиболее сбалансированными органолептическими характеристиками. Была проведена оценка биологической ценности белковой составляющей мясного полуфабриката с добавлением белкового изолята рапса по показателям аминокислотного сора, коэффициенту различий аминокислотного сора, обобщающему коэффициенту утилитарности аминокислотного состава и показателю сопоставимой избыточности.

В результате проведенного исследования было определено, что введение белкового изолята рапса в мясные полуфабрикаты способствует повышению биологической ценности белковой составляющей продукта благодаря уменьшению избыточного количества незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды, повышая сбалансированность незаменимых аминокислот относительно физиологически необходимой норме. На основании полученных результатов можно сделать вывод о перспективности

The results of a study on the development of recipes for semi-finished meat products with the addition of rapeseed protein isolate are presented. The parameters of the hydration of rapeseed isolate before being introduced into minced meat are established: the duration of hydration is 10 minutes with a hydromodule 1:3. It was found that the addition of rapeseed isolate increases the moisture-retaining capacity of minced meat (by 3.8%, with the addition of 1.5%; by 12.6%, with the addition of 3%; by 19.8%, with the addition of 4.5%; by 23.9%, with the addition of 6%) and reduces weight loss during heat treatment of semi-finished products from 2 to 10% compared to the control. During the organoleptic evaluation of samples of semi-finished products, it was found that the sample with the addition of rapeseed protein isolate at a concentration of 3% had the most balanced organoleptic characteristics. The biological value of the protein component of the meat semi-finished product with the addition of rapeseed protein isolate was evaluated according to the amino acid score, the coefficient of differences in amino acid score, the generalizing coefficient of utility of the amino acid composition and the indicator of comparable redundancy. As a result of the conducted research, it was determined that the introduction of rapeseed protein isolate into meat semi-finished products contributes to an increase in the biological value of the protein component of the product by reducing the excess amount of essential amino acids not used for plastic needs, increasing the balance of essential amino acids relative to the physiologically necessary norm. Based on the results obtained, it can be concluded that the use of Siberian rapeseed protein isolate as a technological ingredient in meat semi-finished products is promising.

применения белкового изолята рапса сорта Сибирский как технологического ингредиента в мясных полуфабрикатах.

Ключевые слова: функционально-технологические свойства; белковый изолят; мясные полуфабрикаты; рапс.

Key words: functional and technological properties; protein isolate; meat semi-finished products; rapeseed.

Введение. В работах многих исследователей отмечается положительное влияние использования продуктов переработки масличных культур в продуктах питания на здоровье человека [1].

Разработка технологий производства мясных продуктов со сбалансированным аминокислотным составом и имеющих сниженную себестоимость является в настоящее время достаточно актуальным вопросом [2].

В случае мясных продуктов, которые являются основным источником белка в обычном рационе, становится все более популярным уменьшение доли мясожировой фракции в продукте, заменяя ее растительным маслом, растительным белком или клетчаткой. В результате получается продукт, обогащенный полиненасыщенными жирными кислотами или с пониженной энергетической ценностью. Замена животных белков белками растительного происхождения способствует не только повышению полезности мясного продукта для здоровья, но и соответствует потребности многих ученых, активистов и государственных учреждений сократить производство мяса по этическим соображениям и заботе об окружающей среде. В качестве заменителей мясных белков, в дополнение к белкам из бобовых растений, все чаще используются белки из семян масличных культур. По всему миру выращивается более 200 видов масличных растений. Наиболее важными в производстве продуктов питания являются соя, рапс, подсолнечник, кокос, оливки и арахис. Эти масличные семена, цельные или молотые, жмых или мука, а также экстракты и белковые гидролизаты, полученные из них, содержат высокий уровень белка, и они привлекают все больше внимания технологов пищевой промышленности в качестве функционального компонента или альтернативного источника белка, особенно для хлебопекарной и мясной промышленности [3].

Растения семейства Brassicaceae обладают высоким потенциалом в качестве альтернативного сырья для получения белковых концентратов и изолятов, конкурентных соевому белку [4].

Рапсовый жмых или шрот, которые являются побочными продуктами производства рапсового масла, в настоящее время в основном используется в качестве корма для животных и редко применяется в качестве пищевого ингредиента.

Белковые концентраты и изоляты рапса низкоэруковых сортов были признаны различными исследователями, подходящими для ряда пищевых продуктов, включая хлебобулочные и мясные изделия, напитки, сыры. Концентрат рапсового белка в концентрации 3% повышал водоудерживающую способность в говяжьих котлетах. Добавление изолята рапсового белка при замене казеината натрия в сосисках уменьшало потери массы при приготовлении [5]. Было установлено, что изолят белка рапса улучшал функционально-технологические свойства рыбного фарша, повышая водосвязывающую, влагоудерживающую, жирудерживающую способность и липкость, и был использован для разработки рыбных паштетов [6].

Целью данного исследования являлось изучение функционально-технологических свойств мясных фаршей при добавлении белкового изолята рапса и разработка рецептур котлет с наилучшими органолептическими и физико-химическими характеристиками.

Материалы и методы исследований. Для получения белкового изолята были выбраны семена рапса ярового сорта Сибирский, произрастающего в хозяйстве

ООО «ОПХ Соляное», расположенного в Канской лесостепной зоне Красноярского края. Уборку семян осуществляли на стадии полной спелости зерна (101–110 день от всходов) в 2021 г. Рапсовый жмых был получен методом однократного прессования.

Получение белкового изолята проводили по методике [4]. Определение водоудерживающей способности (ВУС) проводили по методу Денга и др. [7].

Количественное определение белка в образцах выполнялось по методу Кьельдаля на автоматическом анализаторе азота со встроенным титратором UDK 159 F30200150 (VELP Scientifica, Италия).

Определение аминокислотного состава полуфабрикатов проводилось на системе капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М» (Люмэкс, Россия), в соответствии с ГОСТ Р 55569-2013 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза.

Для оценки пищевой адекватности белковых компонентов полуфабрикатов – их биологической ценности были использованы показатели и критерии, предложенные академиками РАСХН И.А. Роговым и Н.Н. Липатовым – коэффициент различий аминокислотного сора (КРАС) и биологической ценности (БЦ). Коэффициенты различий аминокислотного сора (КРАС) определяли по формуле 1.

$$\text{КРАС} = \frac{\sum \Delta \text{РАС}}{n}, \quad (1)$$

где $\Delta \text{РАС}$ – различие аминокислотного сора аминокислоты (формула 2).

$$\Delta \text{РАС} = C_i - C_{\min}, \quad (2)$$

где C_i – скор i -й незаменимой аминокислоты;

C_{\min} – минимальный из скоров незаменимых аминокислот;

n – количество незаменимых аминокислот.

Биологическую ценность пищевого белка определяли по формуле 3.

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС} \quad (3)$$

Обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава (U) и показатель сопоставимой избыточности (G) рассчитывали по методикам [8].

Результаты и их обсуждение. Перед внесением в мясной фарш рапсовый белковый изолят подвергали предварительной гидратации при различном гидромодуле и продолжительности замачивания, для установления оптимальных технологических параметров.

Результаты влияния гидромодуля и продолжительности замачивания на влагосвязывающую способность (ВСС) белкового изолята рапса представлены на рисунке 1.

Из полученных данных видно, что продолжительность замачивания не оказывает существенного влияния на влагосвязывающую способность белкового изолята рапса. Наиболее рациональным представляется замачивание в течении 10 минут, для сокращения длительности технологического процесса. При гидромодуле 1:1 и 1:2 наблюдалось полное поглощение воды, таким образом, рекомендуемым режимом предварительного замачивания изолята перед внесением в фарш является гидромодуль 1:3.

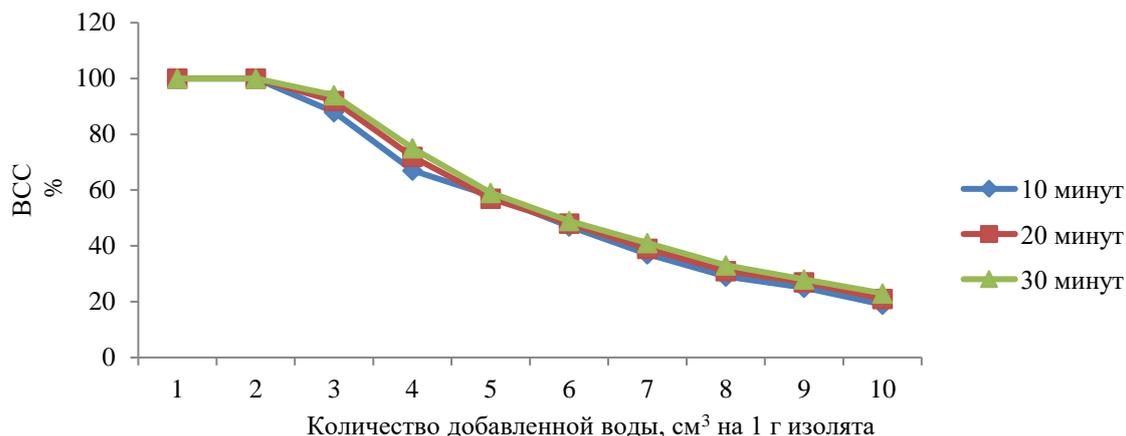


Рисунок 1 – Влияние гидромодуля и продолжительности замачивания на влагосвязывающую способность белкового изолята рапса
 Источник данных: собственная разработка.

Количество гидратированного рапсового изолята добавленного в модельные фарши было выбрано на основании литературных данных [5] и составило от 1,5% до 6%, с шагом в 1,5% (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика образцов фаршей

Наименование образца	Характеристика образца
Контроль 1	Фарш говядина:свинина (2:1)
Образец 1	Фарш+1,5 % гидратированного изолята
Образец 2	Фарш+3 % гидратированного изолята
Образец 3	Фарш+4,5 % гидратированного изолята
Образец 4	Фарш+6 % гидратированного изолята

Источник данных: собственная разработка.

Далее изучали влияние дозировки рапсового изолята на влагоудерживающую способность (ВУС) модельных фаршей.

Результаты исследования влияния гидратированного белкового изолята рапса на влагоудерживающую способность мясного фарша представлены на рисунке 2.

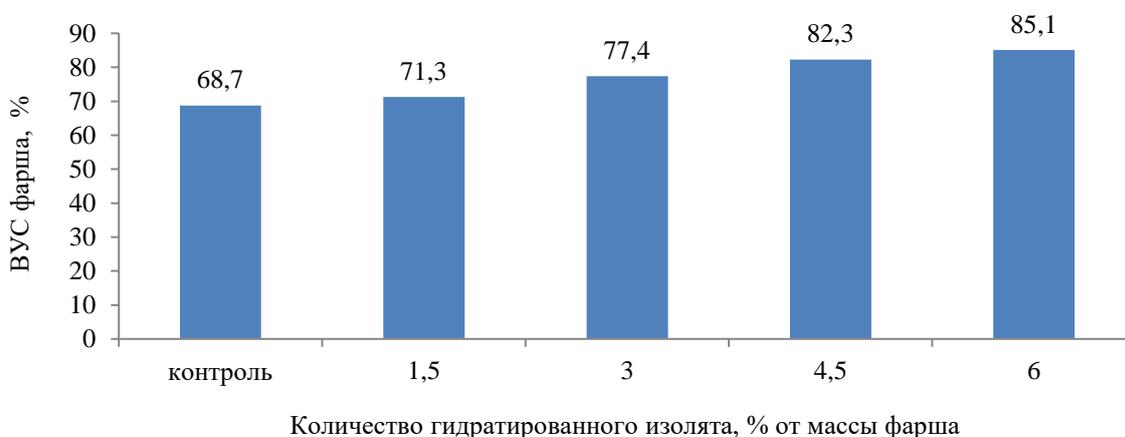


Рисунок 2 – Изменение ВУС мясного фарша при добавлении гидратированного белкового изолята рапса
 Источник данных: собственная разработка.

По результатам исследования можно сделать вывод о повышении ВУС по сравнению с контролем при введении фарш белкового изолята рапса (максимальное значение достигало 85,1% при добавлении 6% концентрации):

- на 3,8%, при добавлении 1,5%;
- на 12,6%, при добавлении 3%;
- на 19,8%, при добавлении 4,5%;
- на 23,9%, при добавлении 6%.

Несмотря на увеличение влагоудерживающей способности мясного фарша при введении белкового изолята рапса, высокие концентрации добавки могли оказать влияние на вкусо-ароматические характеристики готовых продуктов. Поэтому следующим этапом исследования стала органолептическая оценка полуфабрикатов на основе мясных фаршей с добавлением рапсового изолята.

В исследуемых образцах белковый изолят рапса вводился в качестве замены мясного фарша, контрольный образец был приготовлен без технологических добавок. Компонентный состав полуфабрикатов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептурные композиции мясных полуфабрикатов с добавлением белкового изолята рапса

Ингредиенты	Образцы рецептур, г/100 г продукта				
	Контроль	Образец 1 (1,5 % изолята)	Образец 2 (3 % изолята)	Образец 3 (4,5 % изолята)	Образец 4 (6 % изолята)
Фарш говядина:свинина (2:1)	62	61,07	60,14	59,21	58,28
Белковый изолят рапса гидратированный	-	0,93	1,86	2,79	3,72
Жир-сырец	5	5	5	5	5
Хлеб	10	10	10	10	10
Лук репчатый свежий	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Перец молотый	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Соль поваренная пищевая	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Яйцо куриное	10	10	10	10	10
Вода	10	10	10	10	10
ИТОГО	100	100	100	100	100

Источник данных: собственная разработка.

Полученные полуфабрикаты подвергали кулинарной обработке в пароконвектомате (при температуре 100°C в течение 20 минут), температура в толще готового продукта составляла 75°C.

Дегустационная оценка полученных полуфабрикатов проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 9959-201511 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. Органолептические характеристики котлет исследовали по пятибалльной шкале, оценивая внешний вид, цвет на разрезе, консистенцию, вкус и аромат. Результаты дегустационной оценки представлены на рисунке 3.

Экспериментальные образцы котлет с добавкой рапсового изолята 1,5% и 3% имели сочную консистенцию, запах – специфический для мясных изделий; вкус – мясной, гармоничный, с приятным легким оттенком рапсового масла. При увеличении концентрации в фарше рапсового изолята от 4,5% наблюдалось изменение показателей качества котлет – консистенция становилась менее сочной, вкус и запах приобретали навязчивый привкус рапсового масла.

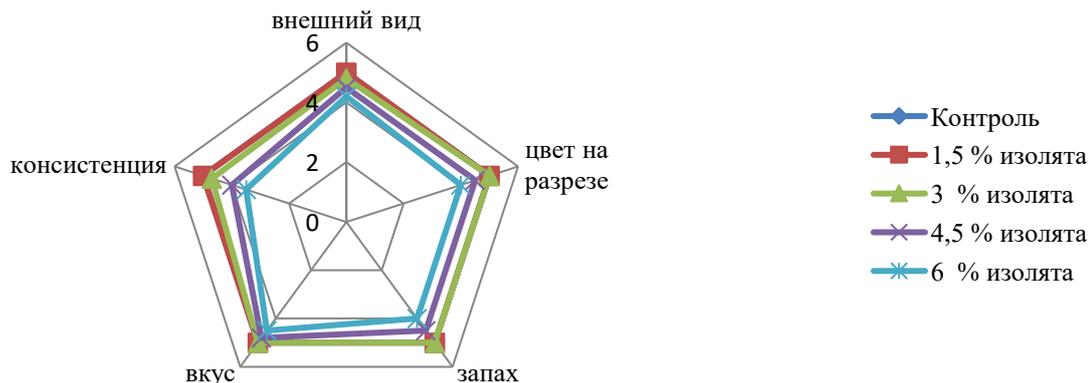


Рисунок 3 – Результаты органолептической оценки мясных полуфабрикатов с добавлением белкового изолята рапса
Источник данных: собственная разработка.

Таким образом, проведенная органолептическая оценка свидетельствует о том, что наиболее сбалансированными цветовыми и вкусоароматическими характеристиками обладали образцы котлет с добавлением 1,5% и 3% рапсового изолята.

При приготовлении образцов была проведена оценка потери массы при тепловой обработке. Результаты представлены на рисунке 4.

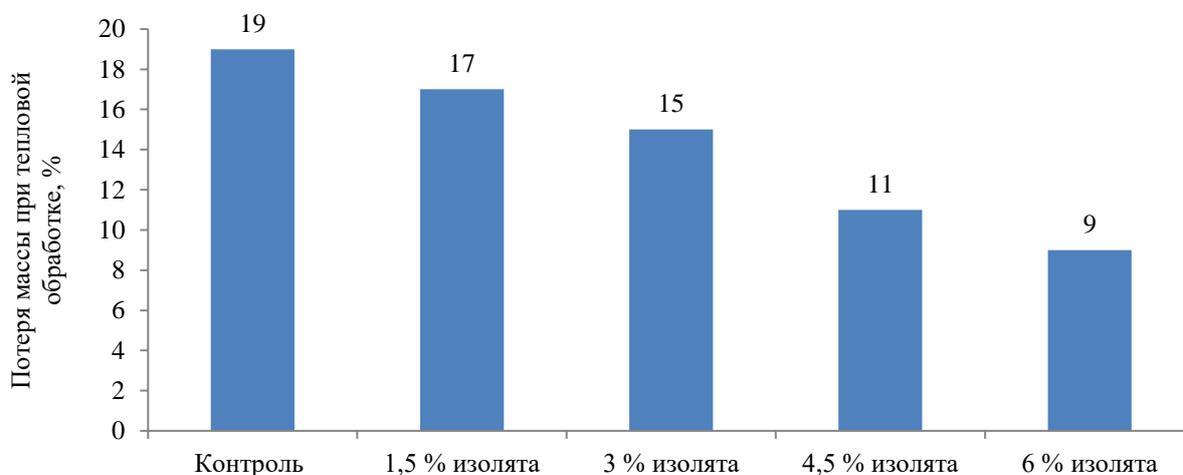


Рисунок 4 – Потери массы мясных полуфабрикатов с добавлением белкового изолята рапса при тепловой обработке
Источник данных: собственная разработка.

Так как введение белкового изолята рапса повышало влагоудерживающую способность мясных фаршей, закономерным стало уменьшение потери массы готового продукта после тепловой обработки при повышении концентрации добавки. Уменьшение потерь массы составило от 2-х до 10% по сравнению с контролем.

В результате, несмотря на близкие органолептические характеристики образцов 1 и 2, по показателям потери массы добавка 3% рапсового изолята оказалась эффективнее, поэтому в качестве окончательной рецептуры был выбран образец 2.

Мясо является источником полноценного белка, в то время как растительные белки, как правило, не сбалансированы по аминокислотному составу и содержат

лимитирующие аминокислоты (чаще всего лизин, метионин, триптофан). Поэтому введение растительных белков в мясные полуфабрикаты может понизить пищевую ценность продукта.

Для определения биологической ценности мясного полуфабриката с добавлением белкового изолята рапса (котлеты «Канола») был исследован аминокислотный состав экспериментального и контрольного образцов и определены их аминокислотные скоры (АС) относительно эталонного белка (таблица 3).

Таблица 3 – Аминокислотный состав полуфабрикатов

Аминокислота	Содержание аминокислоты, г/100 г белка				
	«Идеальный» белок, FAO/ВОЗ, г/100 г*	Контрольный образец	АС контрольного образца	Котлеты «Канола»	АС котлет «Канола»
Валин	4,0	5,3	1,3	5,4	1,4
Изолейцин	3,0	4,3	1,4	4,1	1,4
Лейцин	6,1	7,6	1,2	7,3	1,2
Лизин	4,8	7,3	1,5	6,5	1,4
Метионин+ цистин	2,3	4,1	1,8	3,8	1,7
Треонин	2,5	3,8	1,5	4,1	1,6
Триптофан	0,66	1,1	1,7	1,1	1,7
Фенилаланин+тирозин	4,1	7,7	1,9	5,8	1,4

Примечание – *«Идеальный» белок FAO/ВОЗ (2013) [9]

Источник данных: собственная разработка.

По показателям аминокислотных скоров состав котлет канола незначительно отличался от контрольного образца и не содержал лимитирующих аминокислот. Однако, аминокислотные скоры значительно превышающие норму свидетельствуют об избыточной концентрации аминокислот. Для более полной оценки белковой составляющей продукта используют интегральные показатели: коэффициент рациональности аминокислотного сора (КРАС), биологическую ценность (БЦ), обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава (U) и показатель сопоставимой избыточности (G).

Коэффициент КРАС показывает избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды. Обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава U численно характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону). Показатель сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот G характеризует суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых (из-за несбалансированности аминокислотного состава) на анаболические нужды, в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое по содержанию потенциально утилизируемых незаменимых аминокислот эквивалентно их количеству в 100 г эталонного белка [8].

Сравнительный анализ показателей биологической ценности белковой составляющей контрольного образца и разработанного мясного полуфабриката (котлет «Канола») представлен на рисунке 5.

Как видно из полученных результатов, в котлетах с добавлением белкового изолята рапса коэффициент различий аминокислотного сора (КРАС) снижался на 2,5%, соответственно повышалась биологическая ценность белковой составляющей до 74,6%, а также повышался обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава (U) до 79,8% и снижался показатель сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот G.

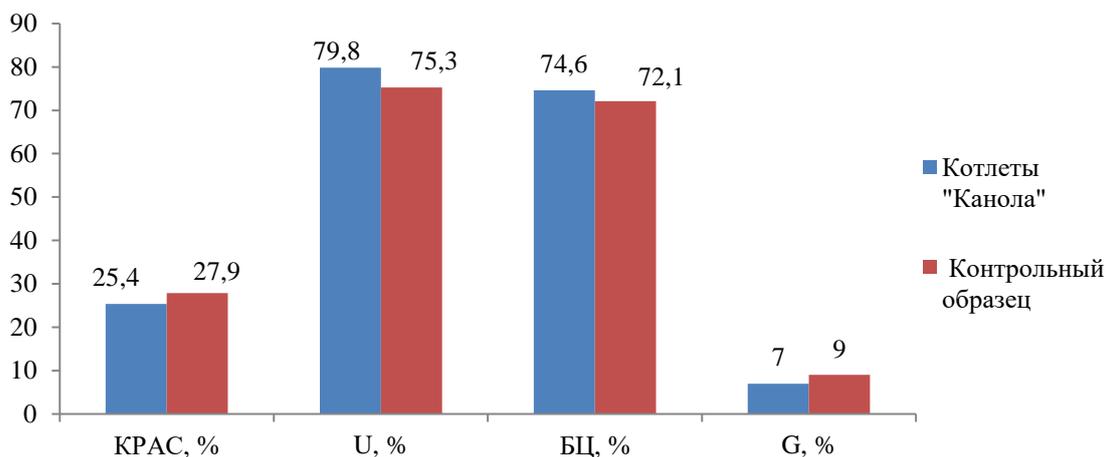


Рисунок 5 – Показатели биологической ценности белковой составляющей контрольного образца и котлет «Канола»

Источник данных: собственная разработка.

Благодаря введению в рецептуру рапсового белка уменьшилось избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды, благодаря чему сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме приблизилась к эталону.

Заключение. В результате проведенных исследований определены условия гидратации белкового изолята рапса сорта Сибирский. Установлено, что введение в мясной фарш белкового изолята рапса способствует увеличению влагоудерживающей способности фаршей (от 3,8% до 23,9%) и уменьшению потерь массы образцов при тепловой обработке от 2-х до 10% по сравнению с контролем. На основании проведенной органолептической оценки модельных образцов был выбран образец с добавлением 3% рапсового изолята, как обладающий наиболее сбалансированными цветовыми и вкусоароматическими характеристиками.

При определении биологической ценности полуфабрикатов установлено, что добавление белкового изолята не снижает биологической ценности продукта, таким образом, белковый изолят рапса можно рекомендовать как перспективную добавку для мясных продуктов в качестве альтернативы соевому белку.

Благодарности. Результаты получены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках выполнения научных исследований и разработок по проекту «Создание комплексного высокотехнологичного производства растительного масличного сырья и продуктов его переработки в условиях Сибири».

Список использованных источников

1. Василенко, З. В. Технологические свойства жмыха льняного разной степени измельчения в составе фаршевой системы из мяса птицы / З. В. Василенко, Е. Н. Кучерова, А. В. Бычко // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 1(32). – С. 103–114.

1. Vasilenko, Z. V. Tehnologicheskie svojstva zhmyha l'njanogo raznoj stepeni izmel'chenija v sostave farshevoj sistemy iz mjasa pticy [Technological properties of flaxseed oil cake of various fineness degree incorporated in chicken forcemeat] / Z. V. Vasilenko, E. N. Kucherova, A. V. Bychko // Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta pishhevyh i himicheskikh tehnologij. – 2022. – № 1(32). – S. 103–114.

2. Калтович И. В. Анализ перспективных видов растительного сырья для использования в составе комбинированных мясных продуктов / И. В. Калтович, Т. А. Савельева, А. Р. Антипина // Сборник научных трудов : Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья, 2022. – Вып. 16. – С. 203–215.
3. Kotecka-Majchrzak K. Oilseed proteins – properties and application as a food ingredient / K. Kotecka-Majchrzak [et al.] // Trends in Food Science & Technology, 2020. – Vol. 106. – P. 160–170.
4. Смольникова Я. В. Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха *Camelina sativa* / Я. В. Смольникова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 1. – С. 199–209.
5. Janitha P. D. Canola-rapeseed protein-functionality and nutrition / P. D. Janitha [et al.] // Oilseeds and fats, crops and lipids, 2016. – Vol. 23(4).
6. И. А. Глотова И. А. Изолят белка рапса – альтернатива сое при переработке рыбной продукции на основе пищевой комбинаторики / И. А. Глотова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2017. – № 11. – С. 40–43.
7. Deng Y. Physicochemical and functional properties of Chinese quince seed protein isolate / Y. Deng [et al.] // Food Chemistry, 2019. – V. 283. – P. 539–548.
8. Мелешеня А. В. Оценка пищевой и биологической ценности варено-копченых колбасных изделий с учетом рационального использования сырья и калорийности / А. В. Мелешеня, О. Г. Ходорева, К. А. Марченко // Сборник научных трудов : Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья, 2021. – Вып. 15. – С. 155–165.
9. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Report of FAO Expert Consultation. – Rome, 2013. – 66 p.
2. Kaltovich I. V. Analiz perspektivnyh vidov rastitel'nogo syr'ja dlja ispol'zovanija v sostave kombinirovannyh mjasnyh produktov [Analysis of promising types of plant raw materials for use in the composition of combined meat products] / I. V. Kaltovich, T. A. Savel'eva, A. R. Antipina // Sbornik nauchnyh trudov : Aktual'nye voprosy pererabotki mjasnogo i molochnogo syr'ja, 2022. – Vyp. 16. – S. 203–215.
4. Smol'nikova Ja. V. Primenenie fermentativnogo gidroliza dlja poluchenija belkovykh koncentratov iz zhmyha *Camelina sativa* [Aqueous enzymatic extraction of protein concentrates from camelina sativa oil cake] / Ja. V. Smol'nikova [i dr.] // Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. – 2022. – T. 52, № 1. – S. 199–209.
6. I. A. Glotova I. A. Izoljat belka rapsa – al'ternativa soe pri pererabotke rybnoj produkcii na osnove pishhevoj kombinotoriki [The Canola protein isolate – an alternative to soy in fish products processing on the basis of food combinatorics] / I. A. Glotova [i dr.] // Pishhevaja promyshlennost'. – 2017. – № 11. – S. 40–43.
8. Meleshhenja A. V. Ocenka pishhevoj i biologicheskoy cennosti vareno-kopchenykh kolbasnyh izdelij s uchetom racional'nogo ispol'zovanija syr'ja i kalorijnosti [Estimation of the nutritional and biological value of boiled-smoked sausage products taking into account rational use of raw materials and calorie content] / A. V. Meleshhenja, O. G. Hodoreva, K. A. Marchenko // Sbornik nauchnyh trudov : Aktual'nye voprosy pererabotki mjasnogo i molochnogo syr'ja, 2021. – Vyp. 15. – S. 155–156.