

# Проектирование и моделирование новых продуктов питания

УДК 637.181:633.854.434

DOI: 10.14529/food190305

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МОЛОКА НА ОСНОВЕ СЕМЯН КОНОПЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ И ОЦЕНКА ЕГО ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

С.П. Меренкова<sup>1</sup>, И.Ю. Потороко<sup>1</sup>, Д.В. Ильков<sup>2</sup>, А.А. Матвеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

<sup>2</sup> ООО «Медал», г. Челябинск, Россия

Во всем мире наблюдается тенденция интенсивного развития рынка растительных напитков – заменителей молока, что связано с увеличением количества потребителей с непереносимостью лактозы, молочного казеина, физиологической предпочтительности растительного белка. Становятся популярными растительные аналоги молока, произведенные из злаковых и масличных культур, поскольку они обладают приятным вкусом, высокой пищевой и биологической ценностью. При разработке современных технологий напитков на растительной основе, векторными факторами являются: формирование приемлемых органолептических показателей, уровень содержания питательных нутриентов, устойчивость эмульсионной системы при хранении. В рамках данного исследования экспериментально разработана технологическая схема производства напитка на основе отборных семян конопли технической, включающая этапы: очистка и набухание семян; измельчение семян с водой; горячая и холодная экстракция; многоступенчатая фильтрация; гомогенизация; пастеризация, внесение стабилизатора. Доказана эффективность применения стабилизаторов:  $\beta$ -циклодекстрина и геллановой камеди с целью повышения стабильности эмульсии растительного молока при различных режимах хранения. Исследованы органолептические показатели и пищевая ценность растительного молока. Доказана высокая биологическая ценность белка и биологическая эффективность липидной фракции напитка на основе семян конопли. При анализе биологической ценности растительного молока отмечено высокое содержание всех незаменимых аминокислот, аминокислотный скор белка составляет 88,2 %, коэффициент рациональности белка равен 69,3 %. Сумма полиненасыщенных жирных кислот в общей массе жира составляет 74,7 %, при этом содержание в 100 г напитка  $\omega$ -3 жирных кислот установлено на уровне – 0,82 г,  $\omega$ -6 жирных кислот – 2,54 г. Соотношение  $\omega$ -3: $\omega$ -6 жирных кислот – 1:3,1, что соответствует оптимальному соотношению для диетического, лечебного и профилактического питания.

**Ключевые слова:** молоко растительное, семена конопли технической, устойчивость эмульсии, пищевая ценность, полиненасыщенные жирные кислоты, аминокислотный скор.

### Актуальность исследований

Конопля – это пищевая, лекарственная кормовая и техническая культура, объемы выращивания и переработки которой ежегодно возрастают. В Канаде, США и европейских странах официально разрешены для выращивания сорта *Cannabis sativa*, аккумулирующие менее 0,2–0,3 % дельта-9-тетрагидроканнабинола (ТГК) [1]. В РФ в промышленных целях разрешено возделывать сорта технической конопли, содержащие в сухой массе листьев и соцветий растения не более 0,1 % ТГК. В Государственный реестр селекционных достижений включено 28 сортов и 3 гиб-

рида посевной конопли традиционного целевого назначения [2].

Семена конопли обладают перечнем физиологически ценных свойств, благодаря высокой концентрации биологически активных соединений. Продукты питания, вырабатываемые из семян конопли, относят к функциональным, вследствие удовлетворения суточной потребности в полноценном белке,  $\omega$ -3 жирных кислотах, пищевых волокнах, антиоксидантах.

Предложен ряд технологических решений, позволяющих получать растительное молоко на основе семян конопли. Однако в зави-

## Проектирование и моделирование новых продуктов питания

симости от применяемых технологических режимов и качества сырья возможно возникновение дефектов растительного молока, – появление сероватого оттенка, горьковатого послевкусия, нестабильность суспензии, расслаивание белковой и жировой фазы.

Во всем мире наблюдается тенденция интенсивного развития рынка растительных напитков – заменителей молока, что связано с увеличением количества потребителей с непереносимостью лактозы, молочного казеина, физиологической предпочтительности растительного белка [3–5]. Темпы роста данного сегмента рынка в США составляют около 15,5 %, в Европе – около 7 % ежегодно [1]. Динамично совершенствуются технологии производства продуктов-аналогов на основе растительного молока: йогуртов, сыров, мороженого [6, 7].

В зависимости от используемого сырья выделяют следующие группы растительных напитков: из зерновых культур – пшеничное, овсяное, рисовое, кукурузное молоко; из зернобобовых – соевое, арахисовое, люпиновое; из ореховых – миндальное, кокосовое, фисташковое, кедровое, из грецкого ореха и фундука; из масличных семян – кунжутное, льняное, конопляное, подсолнечное; из псевдозерновых культур – амарантовое и др. [4, 8].

Традиционно для изготовления заменителей молочных напитков используют соевые бобы. Соевое молоко представляет собой дисперсию белков и липидов в водном растворе с высокой питательной ценностью, приближенное по составу к коровьему молоку [9]. Соя отличается значительным содержанием белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных компонентов. К существенным недостаткам использования соевых бобов относятся нехарактерные органолептические свойства; значительное содержание антипитательных веществ (ингибиторы ферментов, фитиновая кислота, оксалаты), кроме того, высока вероятность использования генно-модифицированной сои, – что негативно влияет на предпочтения потребителей.

Становятся все более популярными растительные аналоги молока, произведенные из злаковых и масличных культур, поскольку они обладают приятным вкусом и запахом, высокой пищевой и биологической ценностью [10, 11]. Наиболее полноценными являются белки масличных культур, в то время как белки овса, ячменя, пшеницы лимитиро-

ваны по лизину и метионину. Липидная фракция зернового сырья характеризуется значительным содержанием полиненасыщенных жирных кислот, а такие культуры, как лен, конопля – отличаются высокой концентрацией  $\alpha$ -линоленовой кислоты, дефицитной в рационе питания населения. Зернопродукты являются источником макро- и микроэлементов, витаминов группы В, пищевых волокон [12].

При разработке современных технологий напитков на растительной основе производители ориентируются на формирование приемлемых органолептических показателей; уровень содержания питательных нутриентов; устойчивость эмульсии при хранении. Седиментация взвешенных частиц является одной из основных причин нестабильности напитков, поэтому для получения стойкой коллоидной системы необходим подбор технологических параметров получения и хранения растительного молока.

Растительные заменители молока представляют собой полидисперсные системы веществ в тонко диспергированном состоянии, в которых роль структурообразователей играют растворимые и коллоидные формы белков и полисахаридов. Стабильность таких систем обусловлена гранулометрическими характеристиками взвешенных частиц и функциональными свойствами белков, которые зависят от концентрации, строения и степени денатурации молекул. Увеличение устойчивости таких дисперсий достигается либо за счет модификации белкового и полисахаридного комплексов, либо добавлением поверхностно-активных веществ [8].

Классическим способом извлечения сухих веществ сырья для получения растительного молока эмульсионной структуры, является гомогенизация мокрым помолом с использованием коллоидной мельницы [13]. Разработаны современные подходы получения растительных заменителей молока, когда сырье гомогенизируют в условиях сверхвысокого давления [14, 15], ультразвуковой кавитации [16–18] либо сочетанием этих эффектов.

При подборе технологических режимов производства напитков на растительной основе варьируют значениями следующих параметров: глубина и вид обработки зерна (семян) перед измельчением; степень измельчения во время экстракции; рН экстрагента, гидромодуль; продолжительность и темпера-

тура экстракции; способ и продолжительность гомогенизации суспензии [19]. Отдельные параметры подбираются с точки зрения экономической эффективности и максимального выхода растительного молока.

В технологической схеме получения растительного молока предложено осуществлять проращивание неочищенных семян конопли с последующим дроблением и горячей экстракцией сухих веществ. Предлагаемый способ позволяет активизировать биохимические процессы; инициировать накопление биологически активных соединений; получать растительное молоко, содержащее легкоусваиваемый мелкопептидный белок, свободные аминокислоты, витамины, макро- и микроэлементы [20].

Для получения напитка на основе семян конопли без применения термической обработки была исследована возможность гомогенизации системы высоким давлением (30–60 Па). Рекомендуемые параметры обработки способствовали более равномерному распределению размеров капель эмульсии (2,2–2,7 мкм). При микроскопическом исследовании установлено увеличение содержания сывороточных белков, адсорбированных на поверхности раздела фаз, что способствовало созданию стабилизированной эмульсии. Растительный напиток сохранял устойчивость в течение 3-х суток при температуре 4 °С. В период хранения напитка, отмечено снижение накопления гидроперекисей и малонового диальдегида, что предполагает устойчивость таких эмульсионных кластерных структур к радикалам [21].

Несмотря на предложенные технологические решения, актуальным вопросом является разработка экспериментально обоснованной технологии растительного молока на основе семян конопли технической, характеризующегося высокой стабильностью коллоидной системы при хранении, приемлемыми органолептическими характеристиками, сбалансированным аминокислотным и жирнокислотным составом.

**Целью исследования** являлось обоснование технологических параметров получения растительного молока на основе семян конопли для обеспечения высокой стабильности коллоидной системы, оптимальных показателей пищевой и биологической ценности напитка.

## Материалы и методы исследования

Объекты исследования:

– отборные семена конопли технической, сорта «Надежда», произведенные ООО «Медаль» ТУ 10.89.19-006-24557090-2018,

– растительное молоко на основе отборных семян конопли, полученное в условиях лаборатории кафедры «Пищевые и биотехнологии» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» по разработанной технологической схеме.

Было получено 5 модельных образцов напитка: образец без применения стабилизаторов (контроль); образец с применением стабилизатора β-циклодекстрина в концентрации 5 %; образцы с добавлением геллановой камеди в концентрации 0,1; 0,2; 0,3 % от массы напитка. С целью определения стабильности коллоидной системы растительного молока изготовленные образцы закладывались на хранение при температурных режимах: 22–24 °С и 0...+4 °С. Критерием для снятия образцов с хранения являлось появление видимого осадка твердых частиц; расслоение жидкой и твердой фазы напитка.

Полученные образцы молока оценивались по номенклатуре показателей: органолептическим показателям и пищевой ценности (содержание питательных компонентов, жирнокислотный профиль, аминокислотный состав). Была определена пищевая и биологическая ценность семян конопли сорта «Надежда». Все исследования проводились по стандартным методикам: содержание белка, – согласно ГОСТ 10846-91; жира – ГОСТ 10857-64; пищевых волокон – 31675-2012; золы (минеральный остаток) – ГОСТ 15113.9-77. Содержание аминокислот согласно методике М-04-38-2009. Метод основан на разложении проб кислотным (щелочным) гидролизом с переводом аминокислот в свободные формы и дальнейшем их разделении и количественном определении методом капиллярного электрофореза.

Биологическую ценность растительного молока на основе семян конопли определяли расчетным методом. Коэффициент утилизации незаменимой аминокислоты ( $K_y$ ) определяли по формуле:

$$K_y = \frac{C_{\min}}{C_i}, \quad (1)$$

где  $C_{\min}$  – минимальный аминокислотный скор;  $C_i$  – аминокислотный скор для  $i$ -й незаменимой аминокислоты.

## Проектирование и моделирование новых продуктов питания

Коэффициент рациональности белка ( $Kp$ ) рассчитывали по формуле:

$$Kp = \frac{\sum_{i=1}^8 (A_i \cdot Ky_i)}{\sum_{i=1}^8 A_i} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $A_i$  – содержание  $i$ -й незаменимой кислоты в г на 100 г белка,  $Ky_i$  – коэффициент утилизации для каждой  $i$ -й незаменимой аминокислоты.

Определение жирнокислотного состава семян и напитка проводили согласно ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот,

### Результаты исследований и их обсуждение

В рамках данного исследования экспериментально разработана технологическая схема производства напитка на основе семян конопли технической, включающая этапы: очистка и набухание семян; измельчение семян с водой; горячая и холодная экстракция; многоступенчатая фильтрация; гомогенизация; пастеризация, внесение стабилизатора (рис. 1).

Используемые технологические режимы позволяют извлекать водо- и солерастворимые фракции белков, обеспечивающих коллоидную стабильность напитков. Оптимальные режимы гомогенизации способствуют эффективному переходу в экстракт сухих веществ сырья, получению устойчивой, монодисперсной эмульсии, благодаря модификации белков и липидов в диспергированное состояние. Кроме того, молоко из семян ко-

нопли отличается значительным содержанием растворимых фракций белка и высокой концентрацией ди- и моноглицеридов с эмульгирующими свойствами, обуславливающих коллоидную стабильность напитка [19].

Для повышения стойкости коллоидной системы напитка при хранении применяли стабилизаторы:  $\beta$ -циклодекстрин – в концентрации 5 % от массы напитка; геллановую камедь в количестве 0,1–0,3 % от массы напитка. Молоко предварительно нагревали (40 °С), а затем гомогенизировали со стабилизатором.

В результате органолептических исследований установлено, что напиток на основе семян конопли сразу после приготовления представляет собой однородную нерасщлаивающуюся жидкость белого цвета, со сладковато-ореховым вкусом и нейтральным запахом. При добавлении стабилизаторов:  $\beta$ -циклодекстрина (5 %) и геллановой камеди (в концентрациях 0,1–0,3 %) органолептические показатели практически не изменяются: в растительном напитке появляется либо слабовыраженный порошковый привкус ( $\beta$ -циклодекстрин), либо невыраженный сливочный привкус (геллановая камедь).

При анализе стабильности напитка при хранении оценивали первичное расслоение эмульсии и выпадение осадка взвешенных частиц. Через 6 суток хранения при температуре (0 +4) °С в контрольном образце наблюдали изменения коллоидной системы напитка: появление выраженного осадка, заметное расслаивание жидкой и твердой фазы. При применении стабилизаторов: геллановой камеди и  $\beta$ -циклодекстрина в концентрации 0,3 и 5 %



Рис. 1. Технологическая схема производства растительного молока на основе семян конопли

соответственно, устойчивость напитков возрастала в условиях охлаждения до 8 суток. При детальном рассмотрении полученных данных установлено, что применение стабилизатора β-циклодекстрин позволяет достигнуть максимальных сроков хранения растительного молока как при комнатной температуре (22–24 °С) – до 72 часов, так и в условиях охлаждения (0...+4 °С) – до 8 суток (табл. 1).

Следует отметить, что полученные результаты, характеризующие высокую стабильность коллоидной системы напитка, доказывают эффективность разработанной технологии растительного молока на основе семян конопли.

Научные данные указывают на то, что напитки на растительной основе, как правило, содержат незначительные концентрации белка, а также неполноценны по содержанию эссенциальных аминокислот. При анализе пищевой ценности исследуемых объектов отмечено высокое содержание белка, липидов, пищевых волокон в отборных семенах конопли. Соответственно, растительное молоко на основе семян конопли содержит до 1,36 % белка, до 4,5 % жира и до 0,87 % пищевых волокон (табл. 2).

Белок является наиболее дефицитной составляющей пищевых рационов, имеет множество физиологических функций в организме. Важным аспектом является оценка сбалансированности и биологической ценности белка. Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) рассматривает различные методики оценки белковой составляющей отдельных видов сырья: определение содержания незаменимых аминокислот (НАК), расчет аминокислотного скор и коэффициента рациональности аминокислотного состава [22].

Коэффициент рациональности ( $K_p$ ) аминокислотного состава характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологической норме (эталону). При расчете коэффициента учитывается уровень утилизации ( $K_y$ ) каждой незаменимой аминокислоты:

$$K_y = \frac{88,2}{106,4} = 0,83,$$

$$K_p = \frac{5,32 \cdot 0,83 + 12,80 \cdot 0,76 + 4,85 \cdot 1,0 + 5,66 \cdot 0,55 + 9,47 \cdot 0,56 + 5,89 \cdot 0,60 + 1,95 \cdot 0,45}{5,32 + 12,8 + 4,85 + 5,66 + 9,47 + 5,89 + 1,95} \cdot 100\% = \\ = \frac{31,82}{45,94} \cdot 100\% = 69,3\%.$$

В наших исследованиях экспериментальными и расчетными методами установлено, что белковая фракция растительного молока на основе семян конопли характеризуется высокой биологической ценностью, в белке установлена одна лимитирующая аминокислота – лизин, аминокислотный скор равен 88,2 %, коэффициент рациональности белка составляет 69,3 % (табл. 3).

Приоритетным вопросом при разработке инновационных продуктов питания, к которым относятся напитки на растительном сырье, является восполнение эссенциальных нутриентов, в частности, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Исследованиями доказано, что биологическая роль ω-3, ω-6 жирных кислот в организме заключается в синтезе регуляторных структур, формировании антистрессовых и адаптогенных механизмов.

В ходе эксперимента установлена высокая биологическая эффективность липидной фракции напитков на основе семян конопли. Так, сумма ПНЖК в общей массе жира составила 74,7 %, при этом содержание ω-3 жирных кислот в 100 г напитка было на уровне 0,82 г, количество ω-6 жирных кислот – 2,54 г. Соотношение ω-3 : ω-6 жирных кислот составило – 1 : 3,1, что соответствует оптимальному соотношению для диетического, лечебного и профилактического питания. Полученные результаты представлены в табл. 4 и на рис. 2.

Растительное молоко, получаемое по предложенной технологической схеме, характеризуется высокой устойчивостью при хранении, приемлемыми органолептическими свойствами. При анализе пищевой и биологической ценности напитка доказано значительное содержание незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, оптимальный аминокислотный скор и коэффициент рациональности белка. Благодаря экспериментально обоснованному высокому содержанию ω-3 жирных кислот, данный продукт может быть отнесен к функциональным. Вследствие отсутствия молочных компонен-

# Проектирование и моделирование новых продуктов питания

Таблица 1

Устойчивость коллоидной системы растительного молока при различных температурных режимах хранения

Наименование стабилизатора	Сроки хранения при температурах, часов/суток	
	(22–24) °С	(0 +4) °С
Контроль (без стабилизатора)	24 ч	6 сут.
β-циклодекстрин 5 %	72 ч	8 сут.
Геллановая камедь 0,1 %	24 ч	7 сут.
Геллановая камедь 0,2 %	24 ч	7 сут.
Геллановая камедь 0,3 %	24 ч.	8 сут.

Таблица 2

Пищевая ценность продуктов из семян конопли

Наименование продукта	Содержание питательных компонентов, %				Степень удовлетворения суточной потребности при употреблении 100 г, % [2]	
	белка	жира	пищевых волокон	минеральный остаток	в белке (88 г)	в пищевых волокнах (25 г)
Семена конопли отборные	21,9 ± 0,2	32,0 ± 0,7	31,8 ± 0,3	5,3 ± 0,1	24,9	127,2
Молоко растительное на основе семян конопли	1,36 ± 0,1	4,5 ± 0,2	0,87 ± 0,1	0,68 ± 0,1	1,6	3,5

Таблица 3

Биологическая ценность растительного молока на основе семян конопли

Незаменимая аминокислота	Содержание НАК в белке напитка (м.д. белка 1,36 %)		Содержание НАК в эталонном белке ФАО/ВОЗ, г/100 г белка	Аминокислотный скор, %	Коэффициент утилизации аминокислот белка (K <sub>y</sub> )
	г/100 г продукта	г/100 г белка			
Валин	0,0724	5,32	5,0	106,4	0,83
Изолейцин	0,1744	12,80	4,0	116,4	0,76
Лейцин			7,0		
Лизин	0,0661	4,85	5,5	88,2	1,0
Метионин + цистеин	0,0771	5,66	3,5	161,7	0,55
Фенилаланин + тирозин	0,1290	9,47	6,0	157,8	0,56
Треонин	0,0803	5,89	4,0	147,2	0,60
Триптофан	0,0265	1,95	1,0	195,0	0,45

Таблица 4

Жирнокислотный профиль липидной фракции растительного молока и семян конопли

Условное обозначение	Наименование жирных кислот	Группа жирных кислот	Содержание в 100 г жира, г	Содержание в 100 г семян, г (м.д. жира 32 %)	Содержание в 100 г напитка, г (м.д. жира 4,5 %)
C 16:0	Пальмитиновая	НЖК	6,5	2,080	0,293
C 16:1	Пальмитолеиновая	МНЖК	0,1	0,032	0,001
C 18:0	Стеариновая	НЖК	2,8	0,896	0,126
C 18:1	Олеиновая	МНЖК $\omega$ -9	13,8	4,416	0,621
C 18:2	Линолевая	ПНЖК $\omega$ -6	55,5	17,76	2,50
C 18:3	Линоленовая	ПНЖК $\omega$ -3	18,3	5,856	0,824
C 20:0	Арахидиновая	НЖК	1,0	0,32	0,045
C 20:1	Гондоиновая	МНЖК $\omega$ -9	0,4	0,128	0,018
C 20:2	Эйкозодиеновая	ПНЖК $\omega$ -6	0,9	0,288	0,041
C 22:0	Бегеновая	НЖК	0,4	0,128	0,018
C 24:0	Лигиоцериновая	НЖК	0,2	0,064	0,009

### Хроматограммы

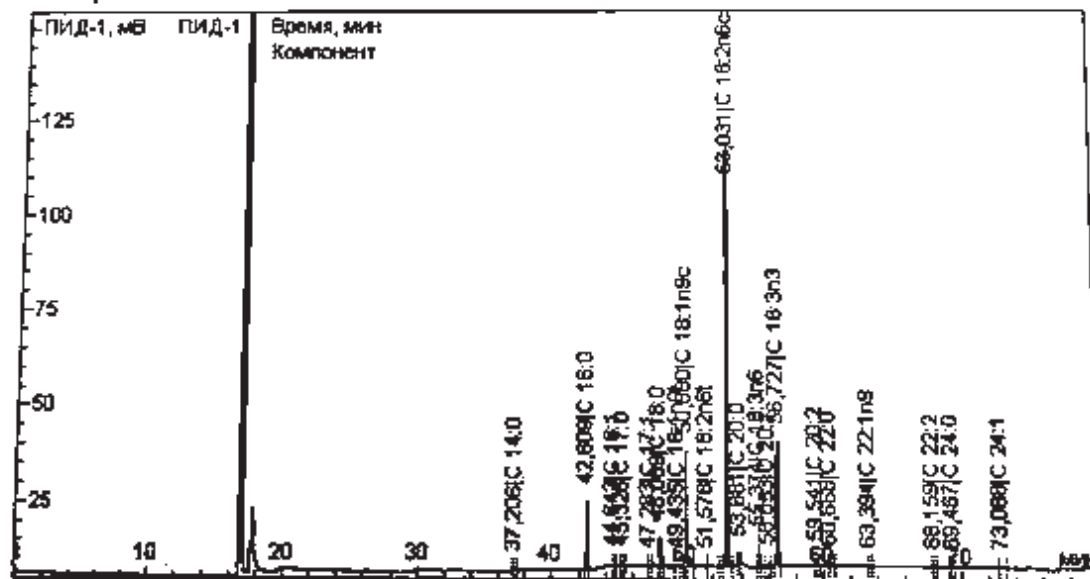


Рис. 2. Хроматограмма липидной фракции растительного молока на основе семян конопли

тов напитков на основе семян конопли является специализированным, рекомендован лицам с индивидуальной непереносимостью лактозы и казеина.

### Заключение

Экспериментально установлены оптимальные технологические параметры получе-

ния растительного молока на основе отборных семян технической конопли сорта «Надежда». Доказана эффективность применения стабилизаторов и температурных параметров обработки с целью повышения стабильности коллоидной системы растительного напитка при различных режимах хранения.

Исследованы органолептические показатели и пищевая ценность растительного напитка. Доказана высокая биологическая ценность белка и биологическая эффективность липидной фракции растительного молока на основе семян конопли.

### Литература

1. Andre C.M., Hausman J.F., Guerriero G. *Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules* // *Frontiers in Plant Science*. – 2016. – V. 7. – P. 1–17.
2. Зеленина О.Н., Галиахметова И.А., Серков В.А. *Перспектива использования технической конопли в фармакологических целях*. // *Инновационная техника и технология*. – 2016. – № 4. – С. 11–13.
3. Будько Д. *Мировой рынок альтернативных молочных продуктов: ожидается стремительный рост*. // *Бизнес пищевых ингредиентов*. Апрель-май 2016. – [https://novaproduct.ru/ing/articles/non\\_dairy\\_milk/](https://novaproduct.ru/ing/articles/non_dairy_milk/).
4. Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. *Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review* // *Journal of Food Science and Technology*. – 2016. – V. 53, Iss. 9 – P. 3408–3423. DOI:10.1007/s13197-016-2328-3.
5. Makinen O.E., Wanhalinna V., Zannini E., Arendt E.K. *Foods for special dietary needs: non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products* // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2016 – V. 56 (3). – P. 339–349. DOI:10.1080/10408398.2012.761950.
6. Granato D., Branco G.F., Nazzaro F., Cruz A.G., Faria J.A. *Functional foods and non-dairy probiotic food development: trends, concepts, and products* // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2010 – V. 9, № 3. – P. 292–302. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x.
7. Min M., Bunt C.R., Mason S.L., Hussain M.A. *Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods* // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2018. – V. 58. – P. 1–16. DOI: 10.1080/10408398.2018.1462760.
8. Егорова Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий. // *Ползуновский вестник*. – 2018. – № 3.– С. 25–34. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.005
9. Бегулов М.Ш. *Основы переработки семян сои*. – М: ДеЛи принт, 2006. – 181 с.
10. Самофалова Л.А., Сафронова О.В. *Органолептическая характеристика и пищевая ценность некоторых видов растительных заменителей молока* // *Инновационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания: материалы I Национальной научно-технической конференции с международным участием, электронный ресурс*. 2018.
11. Chalupa-Krebzdak S., Long C. J., Bohrer B.M. *Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives* // *International Dairy Journal*. – 2018. – V. 87. – P. 84–92.
12. Медведев О.С., Медведева Н.А. *Растительные заменители молока: особенности, преимущества, использование в питании* // *Вопросы диетологии*. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 52–58.
13. Пат. РФ № 2421006, А23С 11/10, А23Л1/20. *Способ получения соевого молока из соевой муки и его применение* / М. Янагисава, Т. Косеки, А. Ёура, Т. Нусимура. – № 2008142540/13; заявл. 27.03.2007; опубл. 20.06.2011. – Бюл. № 17.
14. Briviba K., Gräf V., Walz E., Guamis B., Butz P. *Ultra high pressure homogenisation of almond milk: physico-chemical and physiological effects*. // *Food Chemistry*. – 2015 – V. 192 – P. 82–89. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.063.
15. Dhakal S., Liu Ch., Zhang Yi. et al. *Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk*. // *Food Research International*. – 2014 – V. 62 – P. 215–222. DOI: 10.1002/jsfa.7576.
16. Maghsoudlou Ya., Alami M., Mashkour M., Shahraki M.H. *Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk* // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2016 – V. 40 – № 5 – P. 828–839. DOI: 10.1111/jfpp.12661.
17. Iswarin S.J., Permadi B. *Coconut milk's fat breaking by means of ultrasound* // *International Journal of Basic & Applied Sciences*. – 2012 – V. 12, № 1 – P. 1–5.
18. Egorova E.Ju., Khmelev V.N., Morozhenko Ju.V., Reznichenko I.Ju. *Production of vegetable "milk" from oilcakes using ultrasonic cavitation* // *Foods and Raw Materials*. – 2017 – V. 5, № 2. – P. 24–35. DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-24.
19. Самофалова Л.А., Сафронова О.В. *Анализ физико-химических основ технологии растительных заменителей молока* // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2016 – № 2 (37). – С. 60–64.
20. Самофалова Л.А., Сафронова О.В., Симоненкова А.П. *Выбор технологических*



параметров получения устойчивой дисперсной системы растительной основы из биоактивированных двудольных семян // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1. – С. 221–226. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-1-221-226.

21. Wanga Q., Jianga J., Xionga Y.L. High

pressure homogenization combined with pH shift treatment: A process to produce physically and oxidatively stable hemp milk // Food Research International. – 2018. – 106. – P. 487–494.

22. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p. – <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>

**Меренкова Светлана Павловна**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [merenkovasp@susu.ru](mailto:merenkovasp@susu.ru)

**Потороко Ирина Юрьевна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [potorokoiy@susu.ru](mailto:potorokoiy@susu.ru)

**Ильков Дмитрий Вячеславович**, заместитель директора, ООО «МЕДАЛ» (г. Челябинск), [info@konoplektika.ru](mailto:info@konoplektika.ru)

**Матвеев Андрей Александрович**, директор, ООО «МЕДАЛ» (г. Челябинск), [info@konoplektika.ru](mailto:info@konoplektika.ru)

Поступила в редакцию 29 июня 2019 г.

DOI: 10.14529/food190305

## JUSTIFICATION OF TECHNOLOGY OF HEMP MILK PRODUCTION AND EVALUATION OF ITS NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE

S.P. Merenkova<sup>1</sup>, I.Yu. Potoroko<sup>1</sup>, D.V. Il'kov<sup>2</sup>, A.A. Matveyev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> "MEDAL" Co Ltd., Chelyabinsk, Russian Federation

All over the world there is a trend of intensive development of the market of plant-based drinks – milk alternatives. It is associated with an increase in the number of consumers with lactose and milk casein intolerance, physiological preference for vegetable protein. Plant milk alternatives produced from cereals and oilseeds are becoming popular, because they have a pleasant taste, high nutritional and biological value. The development of modern technologies of plant-based drinks has the main factors: the formation of acceptable organoleptic characteristics, the level of rich nutrients, stability of the emulsion system at storage. In this study technological scheme of production of the drink based on selected seeds of industrial hemp has been experimentally developed. This scheme includes the following stages: cleaning-up and upswelling of the seeds; seeds grinding with water; hot and cold extraction; multistage filtration; homogenization; pasteurization, the introduction of the stabilizer. The effectiveness of the stabilizers use:  $\beta$ -cyclodextrin and Gellan gum for the improvement of the emulsion stability of plant-based milk under different storage conditions was proved. Organoleptic characteristics and nutritional value of plant-based milk were investigated. The high biological value of the protein and the biological effectiveness of the lipid fraction of the drink based on hemp seeds have been proved. When analyzing the biological value of plant-based milk, a high content of all essential amino acids was noted, the amino acid score of protein is 88.2%, the protein rationality coefficient is 69.3%. The amount of polyunsaturated fatty acids in the total mass of fat is 74.7 %, while the content  $\omega$ -3 fatty acids in 100 g of the drink is estimated at 0,82 g,  $\omega$ -6 fatty acids is 2.54 g. The ratio of  $\omega$ -3:  $\omega$ -6 fatty acids is 1:3,1, which corresponds to the optimum ratio for dietary, therapeutic and preventive nutrition.

**Keywords:** plant-based milk, industrial hemp seeds, emulsion stability, nutritional value, polyunsaturated fatty acids, amino acid score.

### References

1. Andre C.M., Hausman J.F., Guerriero G. Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules. *Frontiers in Plant Science*, 2016, vol. 7, pp. 1–17.
2. Zelenina O.N., Galiakhmetova I.A., Serkov V.A. [Prospects of Using Industrial Hemp in Pharmacology]. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya* [Innovative technique and technology], 2016, no. 4, pp. 11–13. (in Russ.)
3. Bud'ko D. [World Dairy Alternatives Market: Upsurge Expected]. *Biznes pishchevykh ingredientov* [Business of Food Ingredients]. April – May 2016. Available at: [https://novaproduct.ru/ing/articles/non\\_dairy\\_milk/](https://novaproduct.ru/ing/articles/non_dairy_milk/) (in Russ.).
4. Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, vol. 53, iss. 9, pp. 3408–3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3
5. Makinen O.E., Wanhalinna V., Zannini E., Arendt E.K. Foods for special dietary needs: non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016, vol. 56 (3), pp. 339–349. DOI: 10.1080/10408398.2012.761950
6. Granato D., Branco G.F., Nazzaro F., Cruz A.G., Faria J.A. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2010, vol. 9, no. 3, pp. 292–302. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x
7. Min M., Bunt C.R., Mason S.L., Hussain M.A. Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018, , vol. 58, pp. 1–16. DOI: 10.1080/10408398.2018.1462760
8. Egorova E.Yu. [“Non-Dairy Milk”: Raw Materials and Technologies Review]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovsky Bulletin], 2018, no. 3, pp. 25–34. (in Russ.) DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.005
9. Begeulov M.Sh. *Osnovy pererabotki semyan soi* [Basic Concepts of Soybeans Processing]. Moscow, 2006. 181 p.
10. Samofalova L.A., Safronova O.V. [Organoleptic Characteristics and Nutritional Value of Some Plant-based Milk Alternatives]. *Innovatsionnye i resursosberegayushchie tekhnologii produktov pitaniya: Materialy I Natsional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Collected volume: Innovative and resource-saving food technologies: Proceedings of the I National scientific and technical conference with international participation, electronic resource], 2018. (in Russ.)
11. Chalupa-Krebdzak S., Long C. J., Bohrer B.M. Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, 2018, vol. 87, pp. 84–92.
12. Medvedev O.S., Medvedeva N.A. [Plant-based Milk Alternatives: Features, Benefits, Nutritional Use]. *Voprosy dietologii* [Nutrition Issues], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 52–58. (in Russ.)
13. Yanagisava M., Koseki T., Yura A., Nisimura T. Pat. RF № 2421006, A23S 11/10, A23L1/20. *Sposob polucheniya soevogo moloka iz soevoy muki i ego primenenie* [Pat. RF № 2421006, A23C 11/10, A23L1/20) Method for production of soya milk of soya flour and its application]. № 2008142540/13; applic.date. 27.03.2007; date of publ. 20.06.2011. Bull. № 17].
14. Briviba K., Gräf V., Walz E., Guamis B., Butz P. Ultra high pressure homogenisation of almond milk: physico-chemical and physiological effects. *Food Chemistry*, 2015, vol. 192, pp. 82–89. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.063
15. Dhakal S., Liu Ch., Zhang Yi.et al. Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk. *Food Research International*, 2014, vol. 62, pp. 215–222. DOI: 10.1002/jsfa.7576
16. Maghsoudlou Ya., Alami M., Mashkour M., Shahraki M.H. Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2016, vol. 40, no. 5, pp. 828–839. DOI: 10.1111/jfpp.12661

17. Iswarin S.J., Permadi B. Coconut milk's fat breaking by means of ultrasound. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 2012, vol. 12, no. 1, pp. 1–5.
18. Egorova E.Ju., Khmelev V.N., Morozhenko Ju.V., Reznichenko I.Ju. Production of vegetable “milk” from oilcakes using ultrasonic cavitation. *Foods and Raw Materials*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 24–35. DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-24
19. Samofalova L.A., Safronova O.V. [Analysis of physical and chemical foundations of plantbased milk substitutes technology]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and commodity science of innovative food products], 2016, no. 2 (37), pp. 60–64. (in Russ.)
20. Samofalova L.A., Safronova O.V., Simonenkova A.P. [The choice of process parameters to obtain a stable dispersion system of plant-based bioactivated dicotyledonous seeds]. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, no. 1, pp. 221–226. (in Russ.). DOI: 10.20914/2310-1202-2016-1-221-226.
21. Wang Q., Jianga J., Xionga Y.L. High pressure homogenization combined with pH shift treatment: A process to produce physically and oxidatively stable hemp milk. *Food Research International*, 2018, vol. 106, pp. 487–494.
22. *Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation*. Rome, 2013. 66 p. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>

**Svetlana P. Merenkova**, Candidate of Sciences (Veterinary), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, merenkovasp@susu.ru

**Irina Yu. Potoroko**, Doctor of Science (Engineering), associate professor, head of Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, potorokoi@susu.ru

**Dmitriy V. Il'kov**, Deputy Director, “MEDAL” Co Ltd., Chelyabinsk, info@konoplektika.ru

**Andrey A. Matveyev**, Director, “MEDAL” Co Ltd., Chelyabinsk, info@konoplektika.ru

*Received June 29, 2019*

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Обоснование технологии растительного молока на основе семян конопли технической и оценка его пищевой и биологической ценности / С.П. Меренкова, И.Ю. Потороко, Д.В. Ильков, А.А. Матвеев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 41–51. DOI: 10.14529/food190305

#### FOR CITATION

Merenkova S.P., Potoroko I.Yu., Il'kov D.V., Matveyev A.A. Justification of Technology of Hemp Milk Production and Evaluation of its Nutritional and Biological Value. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 41–51. (in Russ.) DOI: 10.14529/food190305

---