

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОЛУЧЕНИЮ ПРОТЕИНОВЫХ НАПИТКОВ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Егорова Елена Юрьевна, д.т.н., доцент, профессор кафедры технологии хранения и переработки зерна, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Ленина 46. Тел.: +7 (3852) 29-07-55, e-mail: egorovaeyu@mail.ru

Аннотация. Разработка новых эффективных технологий переработки продовольственного сырья относится к числу важнейших задач в обеспечении продовольственной безопасности государства. Масличные жмыхи и шроты в данном аспекте перспективно использовать в качестве дополнительного источника пищевого белка для «протеиновых продуктов». Целью исследования являлась оценка возможности получения стабильной формы протеинсодержащих напитков на растительной основе. Объектами исследований выступали суспензии и эмульсии, полученные на основе полуобезжиренной муки из ядра кедровых орехов (кедровой муки). В качестве способа диспергирования кедровой муки и стабилизации получаемых эмульсий выбрано ультразвуковое воздействие в режиме развитой кавитации (при интенсивности более 10 Вт/см²). Образцы – суспензии, полученные смешиванием кедровой муки и воды питьевого качества, подогретой до температуры 70 °С (гидромодуль 1:5 и 1:6) – подвергались ультразвуковому воздействию в течение 2 минут. Использование эффектов ультразвуковой кавитации позволило получить на основе кедровой муки стабильные эмульсии. По сравнению с напитками, приготовленными без применения ультразвука, обработанные эмульсии отличаются повышенным содержанием растворимых сухих веществ (7,2–8,4 %), жира (1,8–3,3 %) и белков (1,9–3,4 %), что позволяет их использовать в качестве растительного аналога молока.

Ключевые слова: протеиновые продукты, растительное молоко, технология, пищевая эмульсия, коллоидная стабильность, растительное сырье, масличные жмыхи, эффективность растворения, пищевая ценность.

MODERN APPROACHES TO GENERATING PROTEIN DRINKS OF VEGETABLE-BASED

Egorova Elena Jurjevna, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of technology of storage and grain processing, Institute for Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University, Russia, 656038, Barnaul, Leninast. 46. Phone/Fax: +7 (3852) 29-07-55, e-mail: egorovaeyu@mail.ru

Abstract.

Development of new effective technologies of processing of food raw materials is one of the most important tasks in ensuring food security of the state. Oilcake and meal in this aspect is promising to use as an additional source of dietary protein for «protein products». The aim of the study was to assess the possibility of obtaining a stable of form of protein-containing beverages on a vegetable basis. The objects of research were suspensions and emulsions obtained on the basis of semi-skimmed flour from oilcake from nuts of *Pinus sibirica Du Tour* (cedar flour). As a method of dispersion of cedar flour and stabilization of the emulsions selected ultrasonic action in the mode of developed cavitation (at an intensity of more than 10 W/cm²). Samples-suspensions obtained by mixing cedar flour and drinking water, heated to a temperature of 70 °С (hydromodule 1:5 and 1:6) – were exposed to ultrasonic treatment for 2 minutes. The use of ultrasonic cavitation effects made

поэтому хорошо переходят в суспендированно-эмульгированную форму и могут быть приготовлены и употреблены в любой подходящий для человека момент: в качестве легкого «перекуса» в обеденный перерыв, гейнера или протеинового коктейля после спортивной тренировки и т. д. Собственно, условиями потребления обусловлено и основное требование к таким продуктам – легкость восстановления (перевода в удобную для употребления форму – суспендированного коктейля) и усвоения, для обеспечения возможности быстрой компенсации потраченной энергии и строительного материала – белка.

Вместе с тем, анализ биологической ценности основных видов товарных протеинов показывает, что протеины риса, как и преобладающего числа других злаковых культур, лимитируются лизином. Этот лимит ограничивает усвояемость рисового протеина на уровне 54–56 % от заявленного содержания белков в подобных продуктах. Протеины бобовых культур – бобов, гороха, фасоли, нута (соя – не исключение) обладают утилитарностью порядка 60–64 %. Протеины, получаемые из большинства видов масличных семян, имеют усвояемость, не превышающую 45–60 %, такой значительный разбег значений усвояемости обусловлен видовым разнообразием масличных культур и различием в соотношениях незаменимых аминокислот их белков.

Орехи занимают в этом перечне особое место. В частности, при анализе белков ядра кедровых орехов идентифицировано 19 аминокислот, до 70 % от состава которых представлено незаменимыми и условно-незаменимыми. Кедровая высокопротеиновая мука – кедровый жмых – содержит от 32 до 45 % белков от суммы сухих веществ, их усвояемость может составлять до 68 % [10]. Содержание жирного масла, богатого полиненасыщенными жирными кислотами и фосфолипидами, находится в кедровой муке на уровне 16,4–26,3 %, в зависимости от исходной масличности перерабатываемых орехов и используемой технологии их переработки [11]. Высокая пищевая ценность кедровой муки подтверждена в клинических условиях, в том числе в качестве дополнительного продукта диетического значения при реабилитации послеоперационных больных и лечении туберкулезной интоксикации с наличием выраженных деструктивных изменений и сопутствующих заболеваний [12].

Однако, в отличие от изолятов и концентратов наиболее популярных товарных протеинов (например, сывороточного белка), при обычных условиях из кедрового жмыха (кедровой муки) практически не возможно получить стабильный напиток – привычную форму потребления протеиновых продуктов, популярную и, в целом, приемлемую для любой возрастной группы потребителей.

Все выше сказанное подтверждает целесообразность поиска новых методических подходов и технологических решений, направленных на разработку и производство новых продуктов с повышенным содержанием протеинов.

Хорошо известно, что структурирование и диспергирование белка, как и многих других компонентов в коллоидных пищевых системах зависит от нескольких факторов:

- от крупности частиц протеинсодержащего сырья;
- от соотношения в коллоидной системе компонентов другой природы (углеводов, органических кислот и др.);
- от интенсивности внешнего физико-химического воздействия на коллоидную систему (температура; pH; способ диспергирования).

Для частиц кедровой муки диапазон дисперсности варьирует в пределах 0,25 до 14,0 мкм, средний размер частиц составляет 5 мкм [13]. Очевидно, что без применения специальных физических методов воздействия на суспендированную систему напитка, получаемого на основе муки с подобными размерами нерастворяющихся частиц, нельзя ожидать эффективного перехода в эмульсию наиболее ценных пищевых компонентов кедровой муки – белков и полиненасыщенных жиров, как невозможно и добиться необходимой коллоидной стабильности таких напитков. Наиболее перспективным способом обработки пищевых сред, позволяющим придать коллоидной системе устойчивость и ускорить

процессы растворения и эмульгирования без применения специализированных пищевых добавок, можно считать ультразвуковую кавитацию. Этот прием является одним из наиболее экологичных методов интенсификации процессов экстракции и гомогенизации [14, 15], в том числе активно применяется в молочной отрасли – для гомогенизации молока и молочных продуктов, получаемых на основе сухого молочного сырья [16–18].

Применение ультразвука считается перспективным и в случае получения белковых напитков на растительной основе, в качестве примера можно привести миндальное молоко [19].

В целом, эффективность ультразвукового воздействия в кавитационном режиме является доказанной в отношении гомогенизации и структурирования различных пищевых систем коллоидной природы, как растительного, так и животного происхождения. Поэтому можно предположить, что применение сонохимических эффектов должно способствовать и повышению стабильности напитков, получаемых на основе муки из масличных жмыхов. В рассматриваемом случае – из кедровой муки.

Целью данной работы являлась оценка возможности получения стабильной формы протеинсодержащих напитков на основе кедровой муки.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований выступали суспензии и эмульсии, полученные на основе кедровой муки – полуобезжиренной муки из ядра кедровых орехов, полученной производителем путём однократного холодного отжима пищевого кедрового масла (ООО «Специалист», г. Бийск, Алтайский край). Кедровая мука обладает характерным слабо выраженным ореховым ароматом и привкусом, кремового цвета. Пищевая ценность 100 г продукта, согласно маркировке производителя: белки – 34 г, жиры – 20 г, углеводы – 25 г; энергетическая ценность – 416 ккал. Фактические значения компонентов химического состава кедровой муки, определенные с использованием стандартных методов исследований масличного сырья: жиры – $21,5 \pm 0,2$ %, белки – $36,7 \pm 0,1$ %, углеводы (суммарно) – $21,4 \pm 0,5$ %.

В качестве способа диспергирования частиц кедровой муки и стабилизации получаемых эмульсий выбрано ультразвуковое воздействие в режиме развитой кавитации (при интенсивности более 10 Вт/см^2).

Образцы (суспензии, полученные смешиванием кедровой муки и воды питьевого качества, подогретой до температуры $70 \text{ }^\circ\text{C}$; гидромодуль 1:5 и 1:6) подвергались ультразвуковому воздействию (2 минуты), генерируемому аппаратом УЗТА-0,4/22-ОМ серии «Волна» [20]. Аппарат спроектирован и собран в Лаборатории акустических процессов и аппаратов АлГТУ и предназначен для интенсификации процессов в жидких и жидкодисперсных средах, в том числе для интенсификации процессов растворения и диспергирования. Конструктивно ультразвуковой аппарат состоит из электронного блока и подключаемой к нему посредством соединительного кабеля ультразвуковой колебательной системы. Частота ультразвуковых колебаний ($22 \pm 1,65$) кГц, максимальная потребляемая мощность – 400 Вт. Для обработки модельных сред напитков применялись режимы высокоинтенсивного ультразвукового воздействия (не менее 10 Вт/см^2).

В ходе исследований изучалось влияние продолжительности обработки на состав и коллоидную стабильность напитков, полученных на основе кедровой муки. В качестве контроля использовались образцы, полученные в тех же условиях, но без применения ультразвукового воздействия.

Диаметр и количество жировых капель в напитках на основе кедровой муки определяли с использованием счетной камеры Горяева.

Массовую долю сухих веществ в напитках определяли рефрактометрически, с использованием рефрактометра ИРФ-454Б2М.

Массовую долю белка в напитках определяли методом формольного титрования.

Массовую долю жира в напитках определяли бутирометрическим методом.

Все исследования проводились в 3–4-кратной повторности. Результаты экспериментальных исследований обрабатывали с использованием стандартных прикладных

программ Microsoft Office.

Результаты и их обсуждение. Как показано во многих работах, генерируемые в условиях высокоинтенсивного ультразвукового воздействия механические и химические эффекты проявляются преимущественно в диспергировании и растворении компонентов. К важнейшим факторам, определяющим скорость протекания в пищевых средах различных диффузионных, химических и других процессов, относят изменение фазового состояния воды. В результате гидратации возникает прочная связь воды с растительными биополимерами типа белков и сложных углеводов (имеющими основное структурирующее значение). В частности, именно на этом свойстве воды основаны эффекты сонохимической водоподготовки в технологии восстановления сухого молока и сухой молочной сыворотки [16–18].

При получении эмульсий активированная за счет кавитационных воздействий вода легче связывается коллоидной системой в результате гидролиза молекул жиров, граничащих с кавитирующей жидкостью, и появления в растворе ди- и моноглицеридов – естественных эмульгаторов-загустителей. Тем не менее, в каждом конкретном случае применения эффектов ультразвуковой кавитации необходимо выбирать те режимы и продолжительность воздействия, которые обеспечат получение стабильной коллоидной системы, в нашем случае – эмульсии протеинсодержащего напитка.

Согласно экспериментальным данным, при обработке ультразвуком увеличивается переход в эмульсии напитков сухих веществ. Следовательно, повышаются растворимость компонентов кедровой муки, пищевая ценность полученных напитков и их коллоидная стабильность. Эффекты, наблюдаемые после 2-х минут обработки модельных сред (напитков) ультразвуком, можно условно подразделить на:

- 1) повышение степени перехода в водную фазу жира, растворимых белков и других компонентов, входящих в состав кедровой муки;
- 2) диспергирование капель кедрового масла, экстрагированных из частиц кедровой муки, что способствует повышению устойчивости получаемых эмульсий (таблица 1).

Таблица 1.

Характеристика экспериментальных эмульсий «кедрового молока»

Характеристика эмульсии	Без УЗ-обработки	С УЗ-обработкой (2 минуты)
<i>гидромодуль 1:5</i>		
Средний диаметр жировых шариков, мкм	1,25	0,50
Средний объем жировых шариков, мкм	1,00	0,07
Массовая доля сухих веществ, %	5,4±0,1	7,6±0,1
Массовая доля белка, %	1,62±0,20	3,17±0,25
Массовая доля жира, %	0,2±0,1	3,3±0,2
<i>гидромодуль 1:6</i>		
Средний диаметр жировых шариков, мкм	3,11	0,52
Средний объем жировых шариков, мкм	15,65	0,08
Массовая доля сухих веществ, %	4,0±0,1	7,2±0,1
Массовая доля белка, %	1,45±0,18	2,65±0,22
Массовая доля жира, %	0,22±0,05	2,8±0,2

Увеличение продолжительности обработки модельных сред ультразвуковыми волнами не приводило к существенному повышению содержания в получаемых эмульсиях растворенного жира. Однако с увеличением продолжительности обработки ультразвуком наблюдалось уменьшение диаметра жировых капель, так как под воздействием продолжающейся кавитации экстрагированные из кедровой муки крупные капли жира

распадались на более мелкие. Изменение гидромодуля от 1:5 до 1:6 не сопровождалось существенным изменением эффективности эмульгирования жира.

По сравнению с напитками, полученными без использования эффектов ультразвукового воздействия, в обработанных напитках размерный ряд жировых капель принципиально меняется. Более наглядно эффективность ультразвукового воздействия иллюстрируют фотографии экспериментальных напитков на основе кедровой муки (рис. 1).



Рис. 2. Фотография эмульсии «кедрового молока», полученной при обработке ультразвуком в течение 2 минут

Полученные результаты (таблица 1) демонстрируют явную прослеживаемость влияния ультразвукового воздействия на состав и коллоидную стабильность напитков типа «растительное молоко», получаемых на основе муки из масличных жмыхов. Сравнительный анализ данных о содержании в полученном напитке растворенных белков и жира (таблица 1) показывает их сопоставимость с коровьим молоком (3,3 % белка, 3,5–3,9 % жира).

Таким образом, использование эффектов ультразвукового воздействия в процессе получения новых белоксодержащих напитков типа «растительное молоко» позволяет получать на основе кедровой муки стабильные эмульсии, не требующие применения эмульгаторов и, по сравнению со способом приготовления напитков без применения эффектов ультразвуковой кавитации, отличающиеся повышенным содержанием растворимых сухих веществ (7,2–8,4 %), жира (1,8–3,3 %) и белков (1,9–3,4 %).

Рекомендуемые пределы используемой дозировки кедровой муки, в зависимости от способа получения напитков (заваривание или варка), составляют 14,3–16,7 % (для гидромодуля 1:5 и 1:6, соответственно). Для получения таких напитков достаточно 2 минут ультразвукового воздействия, при увеличении продолжительности обработки исследуемые характеристики эмульсий практически не меняют своих значений.

Список литературы:

1. Егорова, Е.Ю. Перспективы использования вторичных сырьевых ресурсов маслостекольного и масложирового производств в Алтайском крае // Ползуновский вестник. – 2015. – № 4. – Т. 2. – С. 23–26.
2. Bockkarev M.S., Egorova E.Yu., Reznichenko I.Yu., and Poznyakovskiy V.M. Reasons for the ways of using oilcakes in food industry // Foods and Raw Materials. – 2016. – V. 4. – № 1. – P. 4–12.
3. Компанцев, Д.В. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья / Д.В. Компанцев, А.В. Попов, И.М. Привалов, Э.Ф. Степанова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 1; URL: [http://science-](http://science-148)

education.ru/ru/article/view?id=24132 (дата обращения: 01.04.2018).

4. Щёколдина, Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника / Т.В. Щёколдина // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №109 (05). – С. 1–19.

5. Хёлинг, А. Инновационное получение протеинов из белоксодержащего биологического сырья / А. Хёлинг, Т. Гримм, В.В. Волков, О.Я. Мезенова, Н.Ю. Мезенова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2017. – Т. 3. – № 2. – С. 1–11.

6. Отчёт по результатам проведения маркетингового исследования рынка белковых концентратов и текстурированных белковых веществ (код ТН ВЭД 2106) государств-членов Европейского союза; URL: <http://www.ccpp.ru/Belkovie.pdf> (дата обращения: 06.04.2018).

7. Белковые ингредиенты: очередной виток роста (по данным Mordor Intelligence, Innova Market Insight); URL: http://bake.ingredients.pro/news/editorial/belkovye_ingredienty_ocherednoy_vitok_rosta/ (дата обращения: 06.04.2018).

8. Худяков, М.С. Рынок спортивного питания / М.С. Худяков // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2015. – № 1 (20). – С. 89–91.

9. Soy Protein Ingredients Market – Growth, Trends and Forecasts (2017–2022) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/soy-protein-ingredients-market>; Global Rice Protein Market – Growth, Trends and Forecasts (2018–2023) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/rice-protein-market>; Europe Whey Protein Market – Growth, Trends and Forecast (2017–2022) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/europe-whey-protein-market>; US Whey Protein Market – Growth, Trends & Forecasts (2017–2022) // <https://mordorintelligence.com/industry-reports/us-whey-protein-market> (дата обращения: 10.04.2018).

10. Егорова, Е.Ю. Особенности производства и формирования потребительских свойств масла кедрового ореха и продукции на его основе: монография / Е.Ю. Егорова. – Бийск: Изд-во «Бия», 2014. – 453 с.

11. Егорова, Е.Ю. Разработка новых кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья / Е.Ю. Егорова, И.Ю. Резниченко, М.С. Бочкарев, Г.А. Дорн // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 31–38.

12. Павлова, Е.С. Протеиновый концентрат "Протеины кедр" как средство дополнительного питания при туберкулезе / Е.С. Павлова, М.К. Винокурова // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84. – № S3. – С. 146.

13. Бочкарев, М.С. Исследование дисперсных характеристик жмыха кедрового ореха и молочно-растительных композиций на его основе / М.С. Бочкарев, Е.Ю. Егорова, Г.Г. Сакович // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Бийск, 2009. – С. 342–347.

14. Pingret, D. Ultrasound-assisted extraction / D. Pingret, A.-S. Fabiano-Tixier, F. Chemat // RSC. Green Chemistry. – 2013. – P. 89–112.

15. Tiwari, B.K. Ultrasound: a clean, green extraction technology / B.K. Tiwari // TrAC – Trends in Analytical Chemistry. – 2015. – V. 71. – P. 100–109.

16. Mohammadi, V. Ultrasonic techniques for the milk production industry / V. Mohammadi, M. Ghasemi-Varnamkhasti, R. Ebrahimi, M. Abbasvali // Measurement. – 2014. – V. 58. – P. 93–102.

17. Лещенко, Е.Г. Исследование процесса восстановления сухой молочной сыворотки методом ультразвуковой кавитации и электрохимической обработки воды / Е.Г. Лещенко, К.В. Костенко // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 4. – P. 34–40.

18. Фаткуллин, Р.И. Использование ультразвукового воздействия как фактора интенсификации процесса диспергирования в пищевых производствах / Р.И. Фаткуллин,

Известия КГТУ им. И.Раззакова 46/2018

Н.В. Попова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2015. – Т. 3. – № 4. – С. 41–47.

19. Maghsoudlou, Ya. Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk / Ya. Maghsoudlou, M. Alami, M. Mashkour, M.H. Shahraki // Journal of Food Processing and Preservation. – 2016. – V. 40. – № 5. – P. 828–839.

20. Ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна» УЗТА-0,4/22-ОМ (Вариант исполнения № 2). <http://www.crrp.ru/Belkovie.pdf> (дата обращения: 10.04.2018).