

Анализ динамики межмолекулярной ассоциации (агрегации) двух молекул коллагена показал, что важнейшим промежуточным этапом гелеобразования при участии коллагена и агарози есть образование соосных ассоциатов (агрегатов) спиральных молекул.

Анализ динамической структуры молекул тропоколлагена, которые состоят из трех  $\alpha$ -цепочек коллагена (обозначенных как А–В–С) соответственно, в водном растворе показал особенную роль сетки водородных связей между аминокислотными остатками  $\alpha$ -цепочек (рисунок 2).

Следует отметить, что стабильность молекул тропоколлагена (тройных спиралей коллагена) в водной среде обеспечивается главным образом водородными связями между -NH группами глицина одной из  $\alpha$ -цепочек коллагена и атомами кислорода пролина другой  $\alpha$ -цепочки. Проведенный анализ вдоль фазовой траектории в течение 15 нс показал, что в среднем на расстоянии приблизительно 9 нм в молекуле тропоколлагена реализуется от 15 до 20 сильных водородных связей. В то же время, межмолекулярная ассоциация молекул тропоколлагена осуществляется в основном за счет водородных связей между гидроксипролиновыми остатками аминокислот, которые принадлежат разным молекулам тропоколлагена. Аналогичный результат получен по результатам анализа ассоциатов тропоколлагеновых молекул с молекулами агарозы.

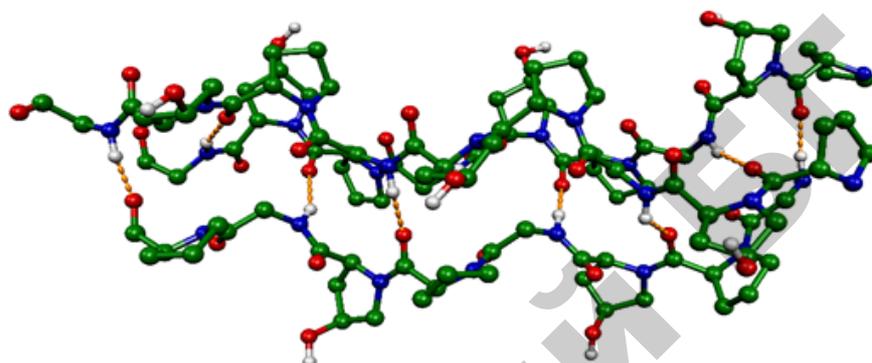


Рисунок 2 – Участок молекулы тропоколлагена А–В–С. Внутримолекулярные водородные связи показаны оранжевым пунктиром

Таким образом, на основе проведенных исследований было установлено, что внутриспиральная стойкость молекул тропоколлагена в водной среде обусловлена преимущественно образованием межцепочечных водородных связей глицин-пролин; межмолекулярная ассоциация молекул тропоколлагена между собой, а также молекулы тропоколлагена и двойной спирали агарозы обеспечивается главным образом водородными связями при участии коллагена гидроксипролина. Полученные результаты доказали, что агар с желатином образуют прочную систему, что может быть использовано в технологиях кондитерских изделий, а именно позволит уменьшить количество агара за счет добавления желатина к пищевой системе. Для гелеобразования рекомендовано использовать желатин, обогащенный гидроксипролином.

#### Список использованной литературы

1. Rees D.A., Welsh E.J. (1977), Secondary and tertiary structure of polysaccharides in solution and gels, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 15, pp. 214–224.
2. Atkins E.D.T., Foord S.A. (1989), New X-ray diffraction result from agarose: extended single helix structure and implications for gelation mechanism, *Biopolymers*, 28, pp. 1345–1365.
3. Fiber, E. G., Franks, F., Phillips, M. C. & Suggest, A., Gel formation from solutions of single chain gelatin. *Biopolymers*, 14(10), (1975) 1995–2005
4. Phillips G.O., Williams P.A. (2009), *Handbook of Hydrocolloids*, 2nd edition, Woodhead Publishing, Cambridge.
5. Raja Mohd Hafidz R. N., Yaakob C. M., Amin I., Noorfaizan A. (2011), Chemical and functional properties of bovine and porcine skin gelatin, *International Food Research Journal*, 18, pp. 813–817.

УДК: 664.9: 66.03

**Евлаш В.В., доктор технических наук, профессор,  
Потапов В.А., доктор технических наук, профессор**  
Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина

### **ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПЕРЕРАБОТКИ ПИЩЕВОЙ КРОВИ В ДИЕТИЧЕСКУЮ ДОБАВКУ**

Развитие человеческой цивилизации в 21 веке вступило в новую фазу, что вызывает необходимость инновационных подходов при решении проблем стоящих перед человечеством. В 2015 г. на Саммите по устойчивому развитию ООН утвердила 17 глобальных целей на предстоящие 15 лет, среди которых здоровье,

ответственное потребление и защита планеты. В рамках этой концепции в данной статье представлен пример решения проблемы переработки пищевой крови в многофункциональную диетическую добавку.

Одной из мировых проблем здоровья является недостаток железа в рационах питания, что приводит к снижению уровня гемоглобина в крови и развитию железодефицитных состояний, которыми страдает 1/3 населения мира, особенно женщины и дети [1]. В тоже время известно, что пищевая кровь имеет значительный потенциал по гемовому железу и полноценному белку, т.е. химический состав и технологические свойства позволяют широко рекомендовать ее использование для продовольственных целей, в том числе в продуктах для детского и диетического питания. Железосодержащая часть молекулы белка – гем, одинакова у животных и человека, что определяет их физиолого-биохимическую совместимость. Гемовое железо наиболее доступное для человеческого организма, так как всасывается клетками слизистой оболочки кишечника полностью на 90% и на этот процесс практически не влияют другие компоненты пищи.

К сожалению, переработка крови для пищевых и лечебных целей в настоящее время носит ограниченный характер, что обусловлено в существенной степени отсутствием рациональных технологий переработки этого ценного вторичного сырья и необходимого технического оснащения на мясокомбинатах. По статистическим данным количество пищевой крови в Украине (на 2013 год) составляет 120 тыс. тонн. В Украине функционируют 22 завода по утилизации отходов мясoperеработки, тогда как в Польше 72. В тоже время большинство убойных цехов, особенно малых, не используют кровь убойных животных, сбрасывая ее в канализацию, тем самым загрязняя окружающую среду. Поэтому рациональное использование этого биологически ценного сырья в рамках концепции устойчивого развития может решить несколько проблем: это ресурсосбережение, улучшение рациона питания за счет дополнительного источника микроэлементов и улучшение экологической ситуации вокруг убойных цехов.

Решить проблему переработки пищевой достаточно сложно, поскольку существует ряд взаимосвязанных задач – это санитарно-гигиенический забор крови, логистика по ее доставке, хранение и, конечно, энергоэффективная тепло-массообменная обработка. Проблемы термической обработки пищевой крови возникают при температурах от 80 до 100°C, что приводит к существенному уменьшению содержания двухвалентного гемового железа. При нагревании оно окисляется и переходит в трехвалентное. Кроме этого в крови содержатся азотистые экстрактивные вещества, такие как креатинин, креатин и другие придающие специфический вкус и аромат конечным продуктам. Потому необходима разработка оригинальных технологий получения диетических добавок из пищевой крови, включающие специальные методы ее обработки, которые смогут нивелировать эти недостатки.

Коллективом сотрудников Харьковского государственного университета питания и торговли разработана инновационная технология диетических добавок, содержащих двухвалентное гемовое железо. Для стабилизации гемового железа в двухвалентном состоянии при переработке пищевой крови нами был применен метод сорбции белка гемоглобина на кислый полисахарид – Na-карбоксиметилцеллюлозу [2].

Разработанная технология получения диетической добавки на основе пищевой крови включает следующие операции: составление рецептурной смеси, при которой пищевая кровь смешивается с необходимыми ингредиентами, концентрирование смеси, сушка, измельчение. Такая последовательность процесса получения продукта обусловлена тем, что исходная рецептурная смесь представляет собой высоковлажную суспензию, в которой в процессе тепло-массообменных процессов необходимо сохранить гемовый комплекс пищевой крови и получить конечный продукт в виде сухого порошка высокой дисперсности.

Для осуществления тепло-массообменного процесса в одном аппарате нами предложено использовать конвективно-кондуктивную вакуумную сушилку с мешалкой скребкового типа. Преимущество данного аппарата заключается в возможности совмещать тепло-массообменные операции концентрирования, сушки и предварительного измельчения. Аппарат может работать как вакуумно-выпарной аппарат, вакуумная сушилка или конвективно-кондуктивная сушилка при нормальном давлении. Кроме, того в этом аппарате минимизируются энергозатраты и выбросы в окружающую среду.

Результаты испытаний аппарата показали, что применение конвективно-кондуктивной сушки на втором этапе тепло-массообменной обработки диетической добавки позволяет практически в два раза сократить продолжительность обезвоживания по сравнению с конвективной и вакуумной сушкой. На рисунке 1 приведена кинетика сушки для трех режимов: вакуумная сушка, конвективная сушка, конвективно-кондуктивная сушка.

Разработанная диетическая добавка может применяться для создания широкого спектра лечебно-профилактических продуктов питания и продуктов специального назначения, белково-минеральных добавок к кормам для животных и рыб [3]. «НУТРИО-ГЕМ» содержит полноценный белок (85г на 100г продукта) и гемовое двухвалентное органическое железо  $Fe^{2+}$  (1г на 1 кг продукта), которое находится в той же форме, в которой оно входит в состав белков миоглобина и гемоглобина крови человека.

Определен аминокислотный состав новой добавки, рассчитан аминокислотный скор. Данные представлены в таблице 1. Как видно из таблицы 1, аминокислотный состав диетической добавки представлен всеми незаменимыми аминокислотами, в количествах наиболее приближенных к идеальному белку (за исключением незаменимой аминокислоты изолейцин). Анализируя соотношение незаменимых аминокислот: триптофан: метионин + цистеин: лизин, которое в условно «идеальном» белке должно равняться 1,0 : 3,5 : 5,5, можно отметить, что в добавке «Нутрио-Гем» оно составляет 1,0 : 2,7 : 5,0, следовательно достаточно близко к «идеальному» белку.

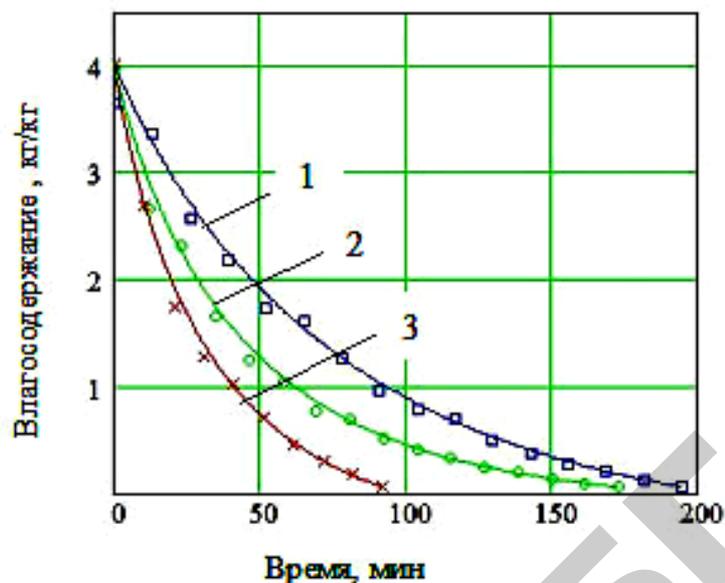


Рисунок 1 – Кинетика второго этапа тепло–массообменной обработки диетической добавки.  
1 – конвективная сушка (температура сушильного агента 85 °С); 2 – вакуумная сушка (вакуум –0,03 МПа, температура промежуточного теплоносителя 85 °С); 3 – конвективно-кондуктивная сушка (температура промежуточного теплоносителя 85 °С; температура сушильного агента 85 °С)

Таблица 1 – Аминокислотный состав диетической добавки «НУТРИО–ГЕМ»

Наименование аминокислоты	Содержание на 100 г продукта
Триптофан	1,2
Лизин	6,1
Валин	4,91
Лейцин	8,75
Изолейцин	0,51
Фенилаланин	5,24
Метионин	1,41
Трионин	3,95
Гистидин	4,29
Аргинин	3,23
Аспаргиновая кислота	4,18
Серин	4,41
Глутаминовая кислота	9,16
Пролин	3,58
Глицин	3,49
Аланин	6,3
Цистеин	1,85
Тирозин	2,46

Таким образом, разработанная технология и техника переработки пищевой крови в диетическую добавку является примером комплексного решения проблемы улучшения здоровья человека на основе рационального использования вторичного мясного сырья и экологичности пищевых и перерабатывающих производств.

#### Список использованной литературы

1. Коденцова В.М, Вржесинская О.А. Использование пищевых продуктов, обогащенных железом и витаминами для коррекции железодефицитных состояний // Вопросы питания. – 2002.– №4. – С.39–43.
2. Євляш В.В. Технологія харчових добавок із крові забійних тварин. Показники якості й безпеки / В.В. Євляш // Тваринництво 21 сторіччя: новітні технології, досягнення та перспективи : Наук.-техніч. бюл. № 94 / Ін-т тваринництва УААН. – Харків, – 2006. – № 94. – С. 139–144.
3. «Гемо-проект» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hemo-proekt.com.ua/produkcziya.html>.