

#### Секция 4: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

подсолнечника в технологиях пищевой продукции не найдено. Кроме того, концентрат имеет неудовлетворительные органолептические показатели, а именно привкус сырых семечек

На кафедре химии, микробиологии и гигиены питания Харьковского государственного университета питания и торговли были проведены предварительные исследования по снижению количества хлорогеновой кислоты в концентрате семян подсолнечника и формированию необходимых органолептических показателей с целью применения его в технологиях кондитерских изделий.

На первом этапе была проведена прожарка концентрата семян подсолнечника в течение 1 часа при 110°C, что позволило снизить содержание хлорогеновой кислоты с 0,58% до 0,50% и получить приемлемые органолептические показатели. Прожарка при 160°C в течении одного часа снижает количество хлорогеновой кислоты до 0,15%, но при этом концентрат семян подсолнечника становится пересушенным и приобретает неприятный привкус. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели концентрата семян подсолнечника

Наименование показателей	Характеристика показателей	
	Не жареный	После прожарки
Внешний вид	Мелкая сухая масса средней дисперсности без посторонних примесей и твёрдых комочков. Допускается до 10% наличия комочков, которые легко рассыпаются при легком нажатии.	
Консистенция	Рассыпчатая, однородная	
Цвет	Светло-серый. Допустимо наличие оттенков.	Светло-коричневый с сероватым оттенком
Запах	Легкий привкус сырых семечек, характерный для данного вида масличного сырья, без плесневого, затхлого, прогорклого и других посторонних запахов.	Характерный для данного вида масличного сырья с легким запахом жареного ореха.
Вкус	Приятный, характерный для данного вида масличного сырья, пресный, нейтральный. Без плесневого, затхлого, прогорклого и других посторонних привкусов.	Приятный, сладковатый. Без плесневого, затхлого, прогорклого и других посторонних привкусов.
Содержание минеральных примесей	При разжевывании не должен ощущаться хруст минеральных примесей.	

Как видно из таблицы 2 после поджаривания концентрат семян подсолнечника приобрел необходимые органолептические свойства, что дает возможность использовать его в технологиях кондитерских изделий.

#### Список использованной литературы

1. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых наций – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/sunflower> — 17.02.2017 г. — Загл. с экрана.
2. Никитчин Д.И. Подсолнечник – К.: Урожай 1993. – 192 с.
3. Большая советская энциклопедия – М.: Советская энциклопедия 1972. – с 229.
4. Wildermuth S.R., Young E.E., Were L.M. Chlorogenic Acid Oxidation and Its Reaction with Sunflower Proteins to Form Green-Colored Complexes – Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety – 2016 – Vol.15. – p. 829–843.
5. Степура М.В., Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Влияние различных факторов на извлечение хлорогеновой и кофейной кислот из семян подсолнечника – Изв. ВУЗов. Пищевая технология – 2006. – №1. – с. 49–51.
6. Лобанов В.Г., Стрыгина М.В. Фенольный комплекс семян подсолнечника – Изв. ВУЗов. Пищевая технология – 2004. - №1. - с. 41–43.

УДК 544.77.051

**Евлаш В.В., доктор технических наук, профессор,**

**Кузнецова Т.О., кандидат химических наук, доцент, Фощан А.Л., кандидат технических наук, профессор**  
Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина

**Калугин О.Н., доктор химических наук, профессор**

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

#### МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ КОЛЛАГЕНА И АГАРОЗЫ

На сегодняшний день в научной литературе отсутствуют завершённые теории и концепции, которые позволяют однозначно прогнозировать технологические и потребительские свойства сахаристых и мучных кондитерских изделий на основе знания молекулярной структуры и природы структурообразователей, которые используются для их изготовления.

Процесс гелеобразования лежит в основе многих пищевых технологий с использованием водных растворов органических биополимеров (пектинов, крахмала, желатина и др.). В основе этого процесса лежит

образование пространственной сетки связей между молекулами биополимеров, чаще всего водородных связей. Переход в гелеобразное состояние характеризуется качественным изменением реологических (вязкоэластичных свойств).

Одним из наиболее распространенных структурообразователей в пищевых технологиях является агар. В соответствии с общепринятой концепцией [1,2], механизм формирования гидрогелей на основе агара может быть представлен двумя стадиями: 1) формирование двойных спиралей из индивидуальных цепей агарозы, 2) ассоциация двойных цепей с образованием соосных ассоциатов (агрегатов) с последующим образованием трехмерных структур (рисунок 1).

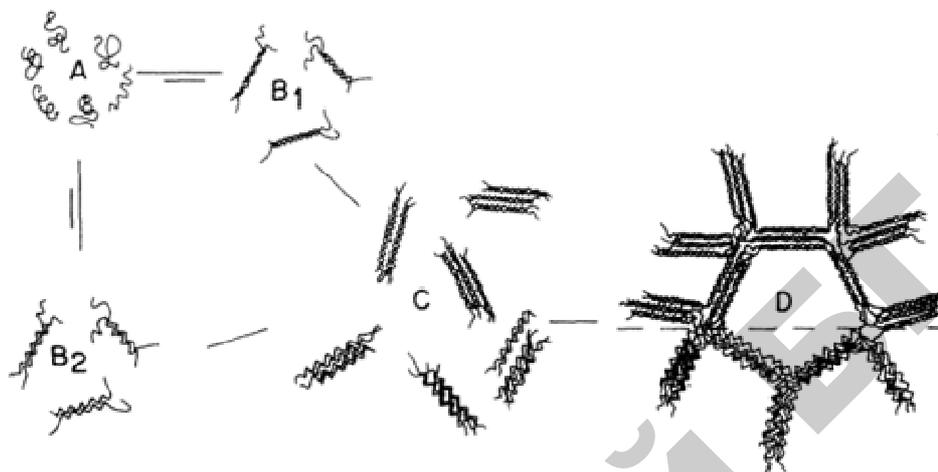


Рисунок 1 – Схема процесса образования геля в растворах агарозы:

А – неупорядоченные макромолекулы в состоянии "клубок"; В – переход "клубок–спираль" согласно модели Риса (В1) [1] и Аткинса (В2) [2], соответственно; С – агрегаты двойных спиралей; D – структурированный гель

Относительная дороговизна агара обуславливает необходимость поиска структурообразователей, которые позволят хотя бы частично заменить его в пищевых изделиях, в которых традиционно используется исключительно агар. Одним из таких структурообразователей может служить желатин (коллаген). В водных растворах, в зависимости от температуры и концентрации, желатин может существовать в виде а) линейных  $\alpha$ -цепочек, которые образованы повторением триад аминокислот, б) тройных спиралей (молекул тропоколлагена), в) соосных ассоциатов молекул тропоколлагена, которые могут образовывать трехмерные структуры [3].

Большое разнообразие видов желатина в зависимости от исходного сырья и технологии производства – широко известный факт для специалистов в области пищевых технологий [4]. Вариативность аминокислотного состава желатина хорошо характеризует тот факт, что желатин может содержать все аминокислоты кроме триптофана, метионина, цистеина и тирозина [5]. Подобное разнообразие состава приводит к тому, что реологические свойства желатина могут изменяться в широком диапазоне. Для того, чтобы оценить влияние состава желатина на способность к гелеобразованию необходимо исследовать эту проблему на атомно-молекулярном уровне.

Невзирая на значительный успех в последние годы в изучении структуры желатина (коллагена) в твердом (кристаллическом) состоянии, отдельные этапы механизма гелеобразования при участии коллагена остаются неизученными на атомно-молекулярном уровне. Кроме того, несомненный интерес представляет изучение межмолекулярной ассоциации при участии спиральных структур коллагена и агарозы вместе. Таким образом, с молекулярной точки зрения актуальным является изучение двух важнейших аспектов для растворов на их основе: во-первых, детальное количественное описание водородных связей, которые образуются в процессе гелеобразования, с использованием современных методов квантовой химии; во-вторых, построение моделей надмолекулярной структуры в соответствующих системах и прогнозирование их реологических и вязкоэластичных свойств с использованием метода молекулярно-динамического (МД) моделирования.

Целью данного исследования было установление особенностей межмолекулярной ассоциации (агрегации) в водных растворах агарозы (AG) и коллагена (Col), а также роли водородных связей на атомно-молекулярном уровне с использованием методов молекулярного моделирования. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) подбор и валидация моделей силовых полей молекул AG и Col для МД моделирования;
- 2) разработка методики МД моделирования ассоциативных равновесий в водных растворах AG и Col;
- 3) проведение МД моделирования и анализ структурных и энергетических характеристик Н-связей между молекулами Col, а также молекулами AG и Col в исследуемых системах;
- 4) квантово-химический анализ выявленных водородных связей.

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.

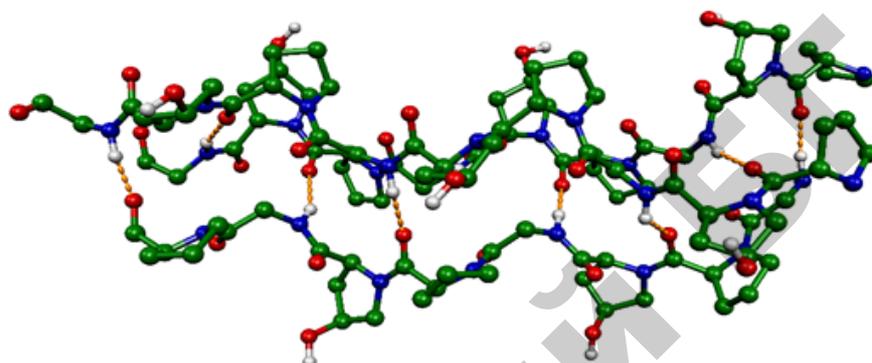


Рисунок 2 – Участок молекулы тропоколлагена А–В–С. Внутримолекулярные водородные связи показаны оранжевым пунктиром

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,