

УДК 637.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК В РЕЦЕПТУРАХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ С ПРОФИЛАКТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

^{1,2}Садовой В.В., ²Веревкина Д.Ю., ¹Щедрина Т.В., ³Левченко С.А.

¹Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорск, e-mail: vsadovoy@yandex.ru

²Ставропольский институт кооперации (филиал) БУКЭП, Ставрополь,
e-mail: darya.verevkina@bk.ru

³Ставропольский кооперативный техникум экономики, коммерции и права, Ставрополь

Осуществлено прогнозирование молекулярных характеристик и произведена оценка изменения количественного содержания биологически активных добавок (БАДов) лецитина, витаминов В1 и РР при использовании их в технологии мясопродуктов профилактической направленности для лиц страдающих сахарным диабетом. На основании проведенных исследований установлено, что технологическая обработка не приводит к структурным изменениям исследуемых молекул. Оценка безопасности и профилактических свойств добавок на лабораторных животных подтвердила целесообразность их использования в рецептурах пищевых продуктов.

Ключевые слова: молекулярные структуры, геометрическая оптимизация, молекулярные свойства, тепловая обработка.

USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES FORMULATIONS FOOD WITH PREVENTIVE PROPERTIES

^{1,2}Sadovoy V.V., ²Verevkin D.Yu., ¹Schedrina T.V., ³Levchenko S.A.

¹North Caucasus Federal University, Pyatigorsk, e-mail: vsadovoy@yandex.ru

²Stavropol Institute of Cooperation (Branch) BUKER, Stavropol, e-mail: darya.verevkina@bk.ru

³Stavropol Cooperative College of Economy, Commerce and Law, Stavropol

Implemented prediction of molecular properties and the estimation of changes in the quantitative content of biologically active additives (dietary supplements), lecithin, vitamins B1 and PP when used in meat technology preventative for people with diabetes. Our studies found that the technological processing does not result in structural changes of the molecules. Evaluation of safety and prophylactic properties of additives in laboratory animals confirmed the feasibility of their use in food formulations.

Keywords: molecular structure, geometry optimization, molecular properties, thermal processing.

Введение

Сахарный диабет справедливо считают «неинфекционной эпидемией 21 века». Количество людей среди различных групп населения, страдающих сахарным диабетом, в мире удваивается каждые 13-15 лет. В настоящее время борьба с этим заболеванием является важной проблемой здравоохранения развивающихся и высокоразвитых стран.

При оценке обеспеченности больных диабетом эссенциальными пищевыми ингредиентами выявлено, что обычная диета в большинстве случаев не компенсирует потребности организма этой категории граждан в витаминах. Отмечен особый недостаток витаминов РР (4,46-5,26 мг/сут.), В1 (0,42-0,55 мг/сут.) и лецитина (4-5 г/сут.).

Для ликвидации витаминной недостаточности и снижения потребности в инсулине изучена возможность использования витаминов РР, В1 и лецитина в рецептурах мясопродуктов. На основании анализа норм

потребления белка установлено, что в проектируемую рецептуру необходимо внести витамины РР в количестве 1,73-2,13 мг и В1 0,21-0,28 на 100 г продукта.

Одним из значимых открытий является выявление физиологических свойств лецитина. Эта биологически активная добавка (БАД) способствует при регулярном приеме снижению инсулиновых потребностей, предохраняет печень от жирового перерождения при диабете. Лецитин является основным компонентом клеточных мембран, важнейшим эмульгатором жиров, эффективным растворителем и переносчиком холестерина. Он способен восстанавливать клетки легких и печени, стабилизировать желчь, участвует в функционировании тканей мозга и нейротрансмиссии (передаче нервного импульса), является источником витаминopodobных субстанций холина и инозола, а также необходимых для работы гормональной системы полиненасыщенных жирных кислот.

Организм здорового человека синтезирует 1/4 часть необходимого лецитина, остальное количество должно поступать с пищей. По рекомендациям диетологов, здоровому современному человеку ежедневно требуется 5-6 г лецитина. Недополучая необходимого питания, внутренние органы начинают перегружаться. Это приводит к повышенной «изнашиваемости» организма, способствует снижению общей работоспособности, плохому самочувствию, а в итоге – к более тяжелой и ранней заболеваемости систем организма и внутренних органов.

Витамины принимают активное участие (иногда ключевое) в метаболическом обмене углеводов. Витамин В1 способствует активации транскетолазы, которая обезвреживает токсичные продукты, получаемые в результате распада сахаров. В некоторых случаях у больных диабетом отмечаются отклонения в обмене витаминов (обычно витамина РР), поэтому нутрициологическая коррекция баланса витаминов является неотъемлемым условием профилактики и реабилитации осложнений сахарного диабета.

Материалы и методы исследования

Поскольку при производстве мясopодуkтов применяют тепловую обработку, изучены изменения молекулярных свойств витаминов В1, РР и лецитина в исходном сырье и готовой продукции. Анализ влияния температурных параметров на исследуемые БАДы вели в приложении Nupur Chem v.8 молекулярно-динамическими, полуэмпирическими и квантово-химическими методами.

Для определения количественных изменений до и после тепловой обработки витамина В1 использовали метод, основанный на проведении кислотного гидролиза и определении интенсивности флуоресценции тиохрома, образующегося в процессе окисления

тиамина в щелочной среде феррицианидом калия. Контроль содержания витамина РР осуществляли методом, основанным на образовании окрашенного производного глутаконового альдегида.

Содержание лецитина определяли по количеству фосфора. Для этого липидную фракцию из сырья и готовой продукции экстрагировали спиртохлороформенной смесью. Определение фосфора вели фотокolorиметрическим вандатно-молибдатным методом с молибдатом аммония в присутствии молибденового синего с предварительным озолением.

Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что витамины В1, РР и лецитин являются нестойкими к тепловой обработке, а термическую обработку варенных колбасных изделий ведут до температуры в центре батона 72°C, в связи с этим необходимо выполнить анализ возможности использования этих биологически активных добавок в рецептурах мясopодуkтов.

Для оценки структурных изменений молекул исследованы исходные молекулярные свойства витаминов В1, РР и лецитина и их изменение при тепловой обработке.

На предварительном этапе с использованием компьютерной химии выполнено моделирование молекулярных структур витаминов В1, РР и лецитина, и методами молекулярной динамики и квантово-химических расчетов осуществлена структурная геометрическая оптимизация молекул. На рис. 1 приведена пространственная структура лецитина.

Свидетельством корректности пространственной геометрической оптимизации молекулы являются полученные расчетные характеристики компонентов.

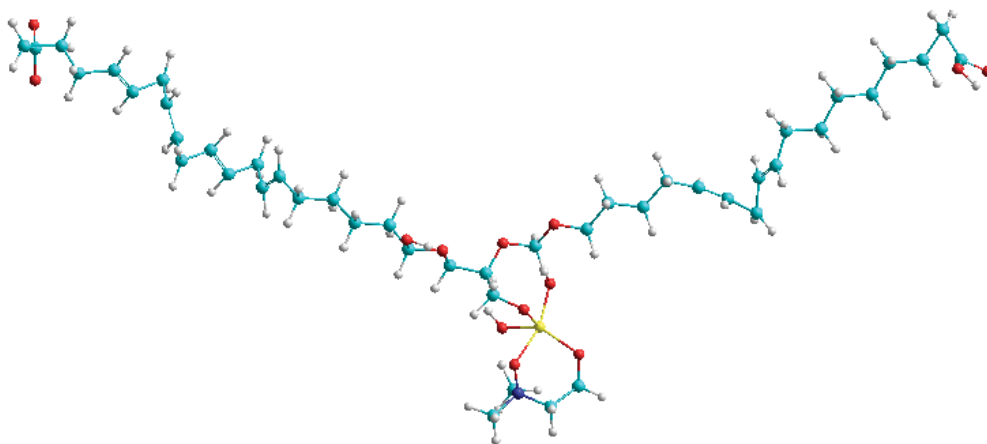


Рис. 1. Пространственная структура лецитина

Суммарная энергия для каждой исследуемой молекулы является достаточно малой величиной (для витамина *В1* – -696169; для витамина *РР* – -32707,9, для лецитина – -245735 ккал/моль), среднеквадратичные градиенты незначительно отличаются от нуля (для витамина *В1* – 0,01; для витамина *РР* – 0,08, для лецитина – 0,05; ккал/(Å×моль) соответственно), что свидетельствует о сбалансированности энергетических свойств системы и об эффективной минимизации потенциальной энергии. Величина дипольного момента (5,285; 1,999, 9,681 Дебая соответственно) характеризует равномерность распределения электронной плотности.

Используя полуэмпирические и квантово-химические методы, исследован электростатический потенциал поверхности молекул витаминов *В1*, *РР* и лецитина. На рис 2 приведено распределение электростатического потенциала на поверхности молекулы лецитина.

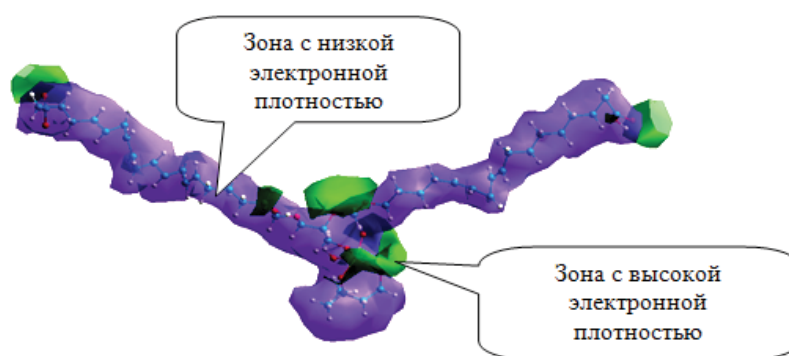


Рис. 2. Распределение электростатического потенциала на поверхности молекулы лецитина

Большое значение, помимо поиска минимумов, соответствующих стабильным состояниям, имеет исследование седловых точек на поверхности потенциальной энергии молекулярной системы. В химической кинетике на поверхности потенциальной энергии седловая точка соответствует реагенту химической реакции, и области стабильных состояний продуктов химической реакции и рассматривается с позиций переходного комплекса. Комплексы в седловой точке не поддаются экспериментальному исследованию, поскольку время жизни в состоянии активированного комплекса молекулярной системы чрезвычайно мало. Переходный комплекс распадается под действием тепловых флуктуации и система с

возвращается в состояние, соответствующее стабильным продуктам реакции или исходных веществ. Поэтому полуэмпирический или квантово-химический расчеты являются единственным источником информации о переходных состояниях молекулярных систем. Разница потенциальной энергии в точке минимума и седловой точке представляет энергию активации, величина которой в соответствии с теорией переходного комплекса дает возможность оценить при заданной температуре константу скорости химической реакции.

Мясное сырье содержит значительное количество воды, поэтому моделирование термической обработки вели, используя метод броуновской динамики. Действие на исследуемую систему в броуновской динамике заменяется силами трения, действующими на каждый атом, и случайными силами. Между двумя последовательными случайными воздействиями в определенный пери-

од времени атом движется под действием силы трения и сил со стороны других атомов молекулы. Эта система напоминает движение микроскопической частицы в вязкой жидкости. Характер поведения частицы напоминает случайные последовательные толчки, между которыми движение происходит под действием силы трения и силы тяжести. Отсюда название метода – броуновская динамика. Другое название происходит из используемых математических уравнений – ланжевеновская динамика, описывающих такое движение [1, 2, 3]. Моделирование термической обработки молекул БАДов в воде вели в модуле Periodic boundary conditions (периодические граничные условия). С помощью данного метода

решается проблема моделирования водной системы, включающей бесконечно число частиц жидкости. При этом используется ячейка периодичности, имеющая конечные размеры соответствующие макроскопической системе. Взаимодействия и скорости атомов на границах ячейки изменяются периодическим образом. Если в процессе интегрирования одна из частиц выходит из ячейки периодичности, то одновременно в ячейку добавляется тождественная ей частица, входящая с той же скоростью с другой стороны ячейки. Выполним компьютерное моделирование в ячейке периодичности молекул витаминов *В1*, *РР* и лецитина. Результаты моделирования геометрической

оптимизации воды с молекулой лецитина при температуре 72°C представлены на рис. 3.

Моделирование тепловой обработки исследуемых БАДов вели до стабилизации энергетического состояния системы (рис. 4).

Полученные результаты (рис. 4) свидетельствуют о том, что в процессе моделирования тепловой обработки стабилизируется потенциальная энергия системы, что свидетельствует о достоверности полученных результатов моделирования.

Исследование молекулярных свойств изучаемых БАДов (витаминов *В1*, *РР* и лецитина) вели методами полуэмпирическим, квантово-химическим и с применением молекулярной динамики (табл. 1).

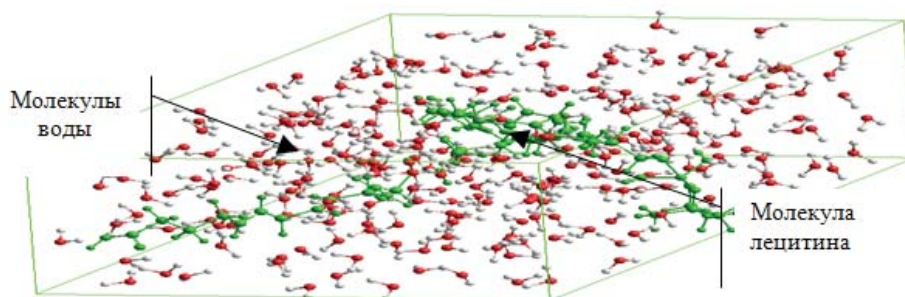


Рис. 3. Моделирование тепловой обработки лецитина

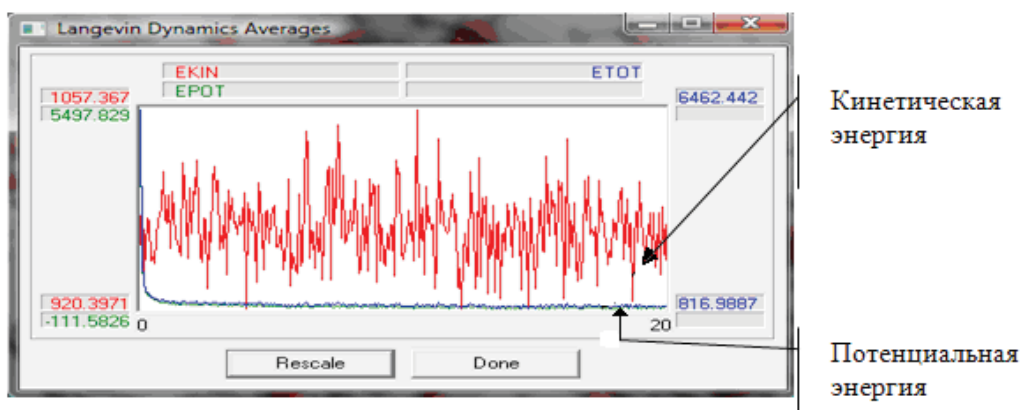


Рис. 4. Энергетическое состояние молекулярной системы

Таблица 1

Оценка энергетического состояния витаминов *В1*, *РР* и лецитина при тепловой обработке

Показатели	Потенциальная энергия, ккал/моль		
	витамин В1	витамин РР	лецитин
Энергия активации	323,9	18,0	432,2
Изменение потенциальной энергии молекул после тепловой обработки	22,1	19,7	425,1

Энергия активации (табл. 1) молекулярной системы, равная разнице между энергией переходного состояния и энергией геометрической оптимизации, для витамина *B1* и лецитина выше, чем величина изменения потенциальной энергии этих молекул (432,2; 323,9 по сравнению 425,1; 22,1 ккал/моль соответственно), для витамина *PP* ниже – 18,0 против 19,7 ккал/моль. Следовательно, молекулы лецитина, витаминов *B1* не переходят в возбужденное состояние, не изменяют своей структуры и не вступают в химическую реакцию при тепловой обработке. Однако полученные результаты свидетельствуют, что использованные режимы могут привести к снижению количественного содержания витамина *PP*.

Компонентный состав пищевых продуктов включает большое количество химических ингредиентов (белки, жиры, углеводы, витамины и др.), которые могут оказывать влияние на энергетическое состояние системы, поэтому выполнены экспериментальные исследования по изучению количественных изменений витаминов *B1*, *PP* и лецитина после термической обработки колбасных изделий. Данные исследований сведены в табл. 2.

Установлено (табл. 2), что изменение содержания в продукте (с учетом потерь массы при тепловой обработке) лецитина, витаминов *B1* и *PP* незначительно (в пределах ошибки опыта), поэтому можно утверждать, что используемые режимы тепловой обработки химической модификации этих компонентов.

Изучение сывороточной активности маркерных ферментов крови лабораторных животных (крыс) показало, что готовая продукция не приводит к повышению цитолиза

и не обладают токсическим действием на организм.

Таблица 2

Исследования количественного содержания витаминов *B1*, *PP* и лецитина в мясопродуктах до и после тепловой обработки

Исследуемые компоненты	Фарш	Готовый продукт
	Количественное содержание	
Лецитин, %	2,52	2,63
<i>B1</i> , мг/%	6,17	6,17
<i>PP</i> , мг/%	3,78	3,76

$q \leq 0,05$

Введение в рацион подопытным животным с искусственно вызванным диабетом мясопродуктов с рекомендуемыми биологически активными добавками способствовало снижению уровня глюкозы на 8,48 ммоль/л.

Выводы

Проведенные аналитические и экспериментальные исследования подтвердили целесообразность использования витаминов *B1*, *PP* и лецитина при производстве мясопродуктов для лиц страдающих сахарным диабетом.

Список литературы

1. Форрест Дж.М., Menser М.А., Харли Дж.Д. Сахарный диабет и врожденной краснухи // Педиатрия. – 1969. – № 44. – С. 445-447.
2. Грей С.К., Габинс К.Е. Теория молекулярных жидкостей. – Оксфорд: Кларендон Пресс, 1984. – № 1. – 626 с.
3. Маргенау Х., Кестнер Н.Р. Межмолекулярные силы. – 2-е изд. – Л.: Пергамон Пресс, 1971.
4. Моргунова А.В. Разработка технологии мясопродуктов с использованием кавитационно-дизинтегрированных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ставрополь, 2012. – 18 с.