

УДК 664

Профессор Л.В. Антипова, доцент А.Н. Рязанов,
доцент С.А. Сторублевцев, Ф.С. Базрова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного
происхождения тел. (473)255-37-51

Исследование процесса сорбции йода на коллагеновом носителе в получении функционального ингредиента для пищевых систем

Изучен процесс сорбции йода на коллагеновом носителе. Определена продолжительность связывания и оптимальное количество йодида калия, сорбционная емкость препарата PROMIL C95 в отношении йонов йода.

Process of sorption of iodine on the collagenic carrier is studied. Duration of binding and optimum amount of iodide of potassium, sorption capacity of the preparation PROMIL C95 respect of I is determined.

Ключевые слова: сорбция, йод, коллагеновый носитель, функциональный ингредиент.

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120), определяющая в качестве стратегической цели формирование в Российской Федерации основ и индустрии здорового питания, обозначает в числе приоритетных задач увеличение производства новых обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов.

Многолетний практический опыт свидетельствует, что потребление продуктов и напитков, содержащих полезные для здоровья вещества, действительно может стать эффективным средством укрепления защитных функций организма человека при условии, что новый функциональный продукт (напиток) включает обоснованный выбор ингредиентов, формирующих его состав и свойства [1,2].

Одной из проблем в питании современного человека является йодная недостаточность. Практически на всей территории центральной части Российской Федерации потребление йода с пищей и водой снижено. Реальное потребление йода составляет всего 40 - 80 мкг в день, т.е. в 2 - 3 раза ниже рекомендованного уровня.

В настоящее время профилактические меры коррекции йодного дефицита основаны на приеме терапевтических медикаментов, которые требуют соблюдения строгих рекомендаций, а также включают противопоказания из-за наличия побочных эффектов и т.д. В то время как основной упор в противодействии йодной недостаточности может и должен быть сделан на профилактику, основанную на употреблении пищевых продуктов, обогащенных данным микроэлементом.

Все известные методы йодирования и получения органической формы йода подразумевают собой образование ковалентной химической связи йода с аминокислотой тирозином. Данная связь образуется в щитовидной железе под действием фермента йодпероксидазы или может быть получена чисто химическим синтезом в опытах *in vitro*. Кроме того, известно, что для органификации йода в щитовидной железе он должен быть в виде йодида I⁻. Следовательно, необходим дополнительный этап перехода I⁺ → I⁻.

Учитывая свойства данного элемента, его высокую химическую активность, то, что он как галоген проявляет свойства катиона или аниона в зависимости от соединения, можно предположить, что йод может взаимодействовать с функциональными группами аминокислот и не обязательно с образо-

ванием ковалентной связи. Следовательно, при определенных условиях, в присутствии ионизированных положительно заряженных групп, например, аминогруппы NH₃⁺, йод может вести себя как анион.

В общем случае первой стадией разработки нового функционального продукта (напитка) является выбор его основы (матрикса), от которой в значительной степени зависит обоснование выбора функциональных ингредиентов, а также других пищевых составляющих и добавок, обеспечивающих потребительские свойства продукта.

В качестве органических носителей йода целесообразно рассматривать пищевые белки. Альтернативным вариантом таких пищевых белков могут являться коллагены.

Нами были проведены исследования по оценке сорбционных свойств коммерческого препарата животного белка PROMIL C95 в отношении йода с целью получения функционального ингредиента, обеспечивающего поступление микроэлемента в органической форме. Пищевой белок PROMIL C95 является высокомолекулярным препаратом натурального белка – коллагена (содержание белка до 95 %). Его можно отнести к природным высокомолекулярным соединениям с высокой сорбционной способностью.

Для йодирования животного пищевого белка PROMIL C95 использовали йодид калия химически чистый. При выборе соединения йода учитывали его безопасность и заряд. Безопасность йодида калия не требует дополнительного подтверждения, он включен в Энциклопедию лекарственных средств и используется для йодирования пищевых продуктов.

Калий йодид имеет ионную кристаллическую решетку, следовательно, при растворении в воде происходит процесс сольватации – ионы отделяются друг от друга и поступают в раствор. В результате калий и йод существуют в растворе в виде ионов K⁺ и I⁻.

Одним из основных параметров проведения реакции связывания йода с белковым носителем является показатель pH среды. Выбор условий реакции pH среды связан со свойствами микроэлемента. Так, в кислой среде йод восстанавливается до молекулярного состояния и улетучивается, в щелочной среде (pH > 8,0) образуется гипойодид. Белок PROMIL C95 в 1 % растворе имеет pH = 6,5. Учитывая данные факторы, в растворе устанавливали pH 7,0 – 7,2.

Для выяснения взаимодействия аниона – йодида с белком PROMIL C95 проведен ряд экспериментов.

Белок PROMIL C95 обрабатывали водным раствором йодида калия различной концентрации. По истечению 24 часов определяли содержание микроэлемента. Расчет вводимого количества йодида калия производили по содержанию йода (76,5 % в KI). Раствор калий йодида готовили растворением в дистиллированной воде с таким расчетом, чтобы на 1 г белка приходилось 50, 100, 150, 200, 250 мкг йода. Процесс йодирования проводили при t = 0 - 4 °С в течение 24 ч. Количество связанного йода определяли роданидно-нитритным методом. Сущность роданидно-нитритного метода заключается в определении скорости реакции окисления роданида железа в зависимости от концентрации ионов йода, которые являются катализаторами реакции окисления. Данные по содержанию микроколичеств йода в исследуемых образцах представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Связывание йода пищевым белком PROMIL C95

Номер образца	Количество вносимого йода на 1 г белка, мкг	Связанный йод, на 1 г белка	
		мкг	% к внесенному йоду
1	50	50,0 ± 0,3	100,0
2	100	79,7 ± 0,7	80,0
3	150	79,0 ± 0,6	53,3
4	200	79,0 ± 1,0	40,0
5	250	79,3 ± 0,9	32,0

При внесении 50 мкг йода данный белок связывал практически 100 % элемента (рисунок 1).

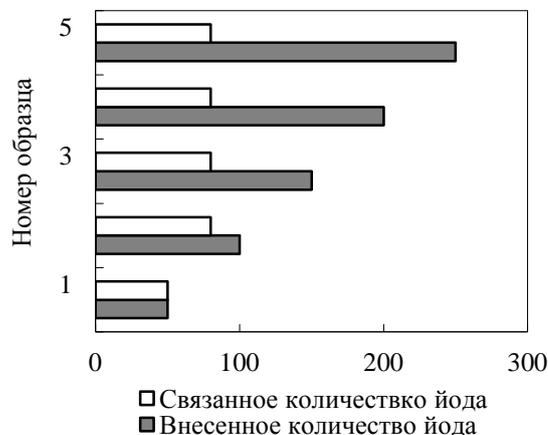


Рисунок 1 - Степень связывания йода пищевым белком

При концентрации 100 мкг йода процент связывания элемента составил около 80 %, при внесении 150 мкг процент связывания составил 53,3 %, а при 200 мкг – 40,0 %, что при пересчете на микроэлемент соответствует 80 мкг йода.

Дальнейшее увеличение концентрации йода до 300 мкг не приводит к повышению степени связывания элемента, значение его содержания оставалось на уровне 80 мкг на г йодированного сухого белка (рисунок 2).

Вероятно, для белка PROMIL C95 пределом связывания йода является $80 \pm 0,4$ мкг.

Поскольку йодид калия в растворе находится в виде ионов, то он собой представляет электролит и, следовательно, его раствор способен проводить электрический ток. Белки также в растворах диссоциируют с образованием биполярных ионов (цвиттер-ионов), что в свою очередь предполагает, что растворы белков также проводят электрический ток. Для определения удельной электропроводимости готовили растворы: йодида калия (концентрация 1 мкг/см³), 1 % раствор белка, раствор йодида калия и белка (в 100 см³ раствора содержалось 100 мкг йодида калия и 1 г белка). Определение удельной электропроводимости раствора йодида калия и белка проводили во времени с интервалом 1 ч. Динамика изменения удельной проводимости раствора йодида калия и белка во времени показана на рисунке 2. Удельную электропроводимость определяли на кондуктометре Н9033 Multi-rang Conductivity meter фирмы Hanna Instruments (Чехия) в соответствии с инструкцией к прибору.

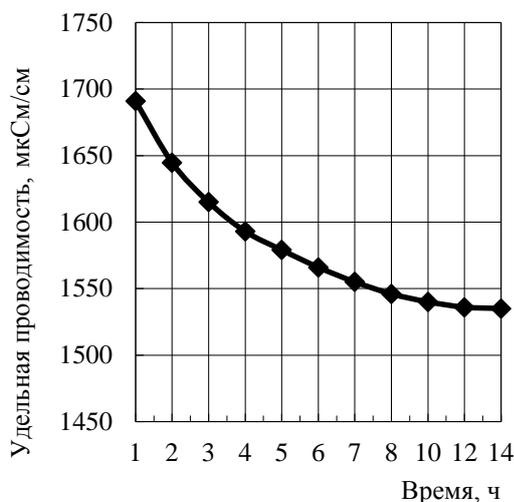


Рисунок 2 - Зависимость удельной проводимости раствора белка Promil C95 и йодида калия во времени

Удельная электропроводимость раствора йодида калия составляет 723 ± 2 мкСм/см, удельная электропроводимость 1 % раствора белка PROMIL C95 равна $1041 \pm 3,5$ мкСм/см.

Данные, полученные в ходе эксперимента, показывают, что удельная электропроводимость раствора йодида калия и белка PROMIL C95 с течением времени падает, т. е. возрастает удельная сопротивляемость раствора. Это, возможно, происходит вследствие связывания йода белком и частичной сорбции йода молекулами белка. Удельная электропроводимость раствора йодида калия и белка достигает минимума к 12 ч., в дальнейшем происходит лишь незначительное изменение удельной электропроводимости раствора в пределах погрешности измерения.

Для определения необходимой продолжительности связывания йода белком производили обработку пищевого животного белка PROMIL C95 водным раствором йодида калия в течении 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 ч при температуре 2-4 °С. Данная температура выбрана во избежание микробной порчи и снижения обсемененности белкового препарата. Концентрация йодида калия в растворе при соотношении белок-раствор 1:10, составила 10 мкг/см³. Для определения связанного йода каждый час отбирали образцы и определяли в них содержание микроколичеств йода роданидно - нитритным методом. По методике проба высушивается в течении 40 мин при 150 °С. При этом происходит практически полное удаление свободного йода из пробы.

Процент связывания йода определяли в динамике (рисунок 3).

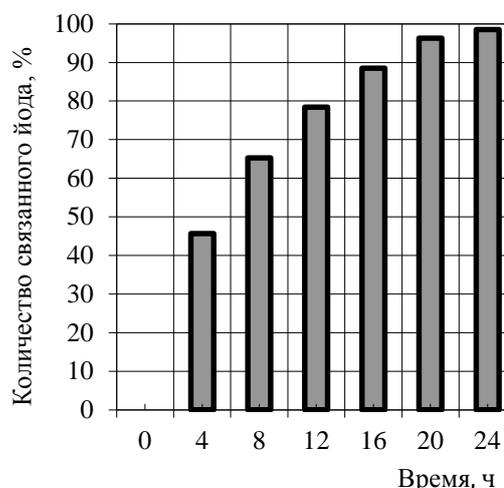


Рисунок 3 - Динамика связывания йода от времени обработки белка PROMIL C95 раствором йодида калия

Полученные результаты свидетельствуют о том, что связывание йода идет не сразу, а постепенно и достигает максимума через 20 часов. При этом оптимальным количеством внесения йода является 80 мкг на 1 г белка, что в пересчете на йодид калия составляет 105 мкг соли.

Полученные данные позволили определить продолжительность связывания и оптимальное количество йодида калия, а также сорбционную емкость препарата PROMIL C95 в отношении ионов йода. Полученные результаты легли в основу лабораторного регламента получения йодированного функционального ингредиента – обогатителя пищевых систем.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 — 2013 годы» по государственному контракту № 14.512.11.0039 от 20.03.2013 г.

ЛИТЕРАТУРА

1 Теплов, В.И. Функциональные продукты питания [Текст]: учебное пособие / В.И. Теплов. — М.: А-Приор, 2008. - 240 с.

2 Евдокимова, О.В. Концепция формирования инновационной деятельности при производстве функциональных продуктов питания [Текст] / О.В. Евдокимова, Е.В. Лаврушина // Пищевая промышленность. – 2009. - №3.

3 ГОСТ Р 54059-2010 Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования [Текст]. – Введ. 30.11.2010. – М.: Стандартиформ, 2011. – 12 с.

REFERENCES

1 Teplov, V.I. Functional foods [Text]: textbook / V.I. Teplov. - M.: A-Prior, 2008. – 240 p.

2 Evdokimova, O.V. The concept of formation of innovation in the production of functional foods [Text] / O.V. Evdokimova, E.V. Lavrushina // Food Industry. - 2009. - № 3.

3 State standard 54059-2010 Food-functional. Functional food ingredients. Classification and general requirements [Text]. - Enacted 30.11.2010. – M.: Standartinform, 2011. – 12 p.