

4. Perez Locas C., Yaylayan V.A. Origin and mechanistic pathways of formation of the parent furan a food toxicant/ J. Agric. Food Chem. – 2004. – Vol. 52. – P. 6830–6836.

5. Exploratory data on furan in food: individual food products [Electronic resource] U.S. FDA (Food and Drug Administration). – 2008. – Mode of access: <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm078439.htm>. – Date of access: 24.11.2025.

УДК 664.8.035.76:547.722.1

ФУРАН В КОНСЕРВИРОВАННОЙ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Шимчук А. А.
аспирант

Введение. Качество и безопасность консервированной овощной продукции зависят не только от свойств используемого сырья, но и в значительной степени от технологических приемов изготовления и режимов хранения конечных продуктов. Такие виды термической обработки, как жарка, выпечка, пастеризация и стерилизация [1, 2], применяются во многих процессах приготовления пищи в условиях домашней кухни и в промышленных пищевых производствах, обеспечивая микробиологическую безопасность продуктов при хранении и определенные сенсорные характеристики [3]. В процессе термической обработки происходят разнообразные биохимические превращения, в том числе и реакция Майяра, в ходе которой образуется фуран, его производные и другие химические соединения, опасность которых для человека установлена Международным агентством по изучению рака (МАИР). Например, фуран классифицируется как «возможно канцерогенный для человека» (Группа 2В), поэтому многие современные исследования сосредоточены на изучении механизмов фурана и его производных в пищевых продуктах.

Основная часть. Фуран – это химическое загрязняющее вещество, которое естественным образом образуется при нагревании продуктов питания в процессе консервирования и хранения в герметично закрытой потребительской упаковке. Прекурсорами образования фурана являются натуральные пищевые ингредиенты, такие как углеводы, аминокислоты, аскорбиновая кислота и полиненасыщенные жирные кислоты. Установлено множество путей образования фурана: термическое расщепление или перегруппировка углеводов, как отдельно, так и в присутствии аминокислот; термическое

расщепление некоторых аминокислот; окисление аскорбиновой кислоты при высоких температурах и окисление полиненасыщенных жирных кислот и каротиноидов [4]. Фуран был обнаружен в различных консервированных овощах, таких как:

- консервированный сладкий картофель (детское питание) – до 108 ppb (частей на миллиард);
- консервированная морковь (детское питание) – около 20–50 ppb;
- консервированная зелёная фасоль – около 6 ppb;
- консервированная кукуруза – около 39 ppb для сливочного вида;
- и др.

Присутствие фурана в коммерческих пищевых продуктах вызывает серьёзную обеспокоенность у многих органов здравоохранения, таких как Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) и Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов (EFSA). Многие международные организации, включая Национальную токсикологическую программу (NTP) и Международное агентство по изучению рака (IARC), занимаются исследованиями и выявлением рисков, связанных с фураном. Имеющиеся экспериментальные данные свидетельствуют о том, что:

- фуран неизбежно поглощается кишечником и легкими, он может проходить через биологические мембраны и в конечном итоге достигать различных органов;
- длительное употребление фурана может привести к возможному повреждению печени;
- наивысшие уровни воздействия часто наблюдаются у младенцев и детей младшего возраста, в основном при употреблении консервированного детского питания.

Мониторинг и оценка диетического воздействия фурана проводились различными национальными агентствами, такими как EFSA, FDA, FSA, а также в Корее, Тайване, Китае и Чили. Регулирующие органы, такие как FDA и Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов (EFSA), контролируют уровни фурана в пищевых продуктах.

Ведутся исследования по поиску способов снижения образования фурана, таких как корректировка параметров обработки, использование различных ингредиентов или изменение условий хранения.

Обычная стратегия снижения уровня токсинов в пищевых продуктах включает изменение условий нагревания или снижение уровня прекурсоров [5]. Снижение уровня фурана является сложной задачей по сравнению со снижением уровня других загрязнителей. Во-первых, изменение параметров термической обработки, таких как температура и время, не может быть существенно изменено, так как это требуется для обеспечения микробиологической безопасности пищевых продуктов. Во-вторых, фуран производится из различных предшественников, таких как углеводы, полиненасыщенные жирные кислоты и аскорбиновая кислота. Аскорбиновая кислота является наиболее часто встречающимся латентным предшественником фурана, за ней следуют ненасыщенные жирные кислоты и сахара [6]. Поскольку в образовании фурана задействовано несколько путей, контроль этого процесса становится более сложной задачей. Наконец, высокая летучесть фурана делает разработку стратегии снижения уровня фурана более сложной.

Большинство стратегий снижения содержания фурана на сегодняшний день были сосредоточены на добавлении пищевых добавок и/или контроле предшественников образования фурана. На сегодняшний день было проведено много исследований по использованию пищевых добавок. В литературе было сообщено о влиянии пищевых добавок на реакцию Майяра с использованием модельной системы пищевых продуктов [6, 7]. Используя модельные системы, включающие глюкозу, аланин и серин, была проанализирована реакция фурана с 0,1 М различных ионов металлов, таких как сульфат железа, сульфат магния, сульфат кальция и сульфат цинка, и с антиоксидантами, такими как бутилгидрокситолуол (ВНТ) и бутилгидроксианизол (ВНА) и сульфит натрия [8]. Уровни фурана в модельной системе глюкоза/аланин увеличились со всеми добавками на 36–419%, за исключением добавления сульфита натрия. Значительное снижение образования фурана было показано в модели глюкозы/аланина при добавлении сульфита натрия, в то время как в образце, к которому был добавлен сульфат цинка, оно увеличилось на 419%. В большинстве случаев уровни фурана снижались, за исключением образцов с добавлением сульфата цинка, в модельной системе, содержащей аланин и серин, или магния и ВНТ в модельной системе, содержащей серин. Снижение образования фурана происходило в следующем порядке: сульфит натрия >

ВНА > сульфат железа > ВНТ > сульфат кальция [8]. Добавление кальция, сульфата магния, ВНТ, ВНА и сульфита натрия значительно снижало образование фурана в следующем порядке: сульфат кальция > сульфат магния > ВНТ > ВНА > сульфит натрия. По сравнению с этими добавками, такие добавки, как сульфат марганца, сульфат цинка и сульфат железа, либо не снижал уровень фурана по сравнению с контролем без добавления пищевых добавок, либо значительно увеличили количество фурана [5].

Добавление антиоксидантов может быть эффективным способом снижения уровня фурана. Антиоксиданты потенциально ингибируют образование фуранов при термическом окислении ПНЖК и каротиноидов, поскольку они являются поглотителями свободных радикалов, образующихся при окислении ПНЖК. В исследовании, опубликованном в 2011 году, сообщалось, что ацетат токоферола и ВНА снижали образование фурана из ПНЖК до 70% [9]. С другой стороны, в другом исследовании сообщалось об увеличении образования фуранов из модельной системы линолевой кислоты, несмотря на добавление ВНТ [7]. Кроме того, присутствие ионов металлов влияет на скорость образования продуктов реакции Майяра; однако механизм, лежащий в основе этого явления, четко не установлен [5].

Также имеются данные об использовании контроля прекурсоров в качестве стратегии снижения. В модельной системе с использованием апельсинового сока образование фурфурола из аскорбиновой кислоты было затруднено присутствием маннита и этанола, которые являются поглотителями свободных радикалов [9].

Заключение. Таким образом, представленный краткий обзор источников литературы фурана и его производных в различных пищевых продуктах свидетельствует об актуальности исследований, направленных на изучение факторов, влияющих на образование и накопление этих химических соединений в овощной продукции в процессе ее консервирования и хранения. Результаты этих исследований могут быть использованы для разработки мероприятий, предотвращающих или снижающих вероятность присутствия фурана и его производных в овощных консервах.

Список использованных источников

1. Becalski A., Seaman S. Furan precursor in food: a model study and development of a simple headspace method for determination of furan / J. AOAC Int. – 2005. – Vol. 88. – P. 102–106.
2. Crews C., Castle L. A review of the occurrence, formation and analysis of furan in heat-processed foods / Trends Food Sci. Technol. – 2007. – Vol. 18. – P. 365–372.

3. Hasnip S., Crews C., Castle L. Some factors affecting the formation of furan in heated foods / Food Addit. Contam. – 2006. – Vol. 23. – P. 219–227.
4. Mariotti M.S., Toledo C., Hevia K., Gomez J.P., Fromberg A., Granby K., Rosowski J., Castillo O., Pedreschi F. Are Chileans exposed to dietary furan? / Food Addit. Contam. Part A. – 2013. – Vol. 30. – P. 1715–1721.
5. Kim M. Y., Her J. Y., Kim M. K., Lee K. G. Formation and reduction of furan in a soy sauce model system / Food Chem. – 2015. – Vol. 189. – P. 114–119.
6. Shinoda Y., Komura H., Homma S., Murata M. Browning of model orange juice solution: factors affecting the formation of decomposition products / Biosci. Biotechnol. Biochem. – 2005. – Vol. 69. – P. 2129–2137.
7. Ramonaitytė D.T., Keršienė M., Adams A., Tehrani A.K., Kimpe D.N. The interaction of metal ions with Maillard reaction products in a lactose-glycine model system / Food Res. Int. – 2009. – Vol. 42. – P. 331–336.
8. Kim J.S., Her J.Y., Lee K.G. Formation and reduction of carcinogenic furan in various model systems containing food additives / Food Chem. – 2015. – Vol. 189. – P. 108–113.
9. Yaylayan V.A. Precursors, formation and determination of furan in food / J. Consum. Prot. Food Saf. – 2006. – Vol. 1. – P. 5–9.

УДК 630:004.8

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Шульга Е. А.

аспирант кафедры лесоустройства,

Белорусский государственный технологический университет

Шумчenea К. Д.

студент лесохозяйственного факультета,

Белорусский государственный технологический университет

Толкач И. В.

доцент кафедры лесоустройства, канд. с.-х. наук,

Белорусский государственный технологический университет

Введение. В настоящее время данным дистанционного зондирования (ДЗ) лесов уделяется все больше внимания. Дистанционное зондирование представляет собой технологию получения информации о земной поверхности с использованием наземных, авиационных и космических средств, оснащённых аппаратурой для съёмки в видимом диапазоне, радиолокационной съёмки.

Материалы ДЗ активно применяются для дешифрирования при выполнении широкого спектра лесохозяйственных задач, таких как лесопожарный и лесопатологический мониторинг, лесоинвентаризационные работы и др.