

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ: АКРИЛАМИД

*Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова, А.А. Вытовтов*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербурга*

В статье обсуждается вопрос образования акриламида и пути снижения его количества в хлебобулочных изделиях. Приведены результаты исследований зарубежных авторов по содержанию акриламида в хлебобулочных изделиях из ржаной и пшеничной муки различной рецептуры. Образование акриламида в хлебобулочных изделиях зависит от качества используемого сырья и технологии производства, при хранении его количество не меняется. Из хлебобулочных изделий акриламид преобладает в хлебе из ржаной муки и с зерновыми добавками, причем в большем количестве в корке. Сдобная рецептура также значительно увеличивает образование акриламида. Снизить образование акриламида в хлебобулочных изделиях можно, регулируя технологический процесс (продолжительность брожения, температура выпечки, количество пара при выпечке, тип печей), подбором рецептуры (вид и сорт муки, жиры, соль), используя предшественники аспарагина – аминокислоты глицин и цистеин. Самый доступный способ – снижение температуры выпечки и введение пара в пекарную камеру в последние минуты. Использование температуры выпечки 200 °С вместо 240 °С с разницей в продолжительности 5 минут приводит к уменьшению образования акриламида до 45 % в корке и до 25 % в мякише. Снизить образование акриламида до 40 % можно при использовании конвекционных и инфракрасных печей, при этом органолептические показатели готовых изделий не изменяются. Нетрадиционное растительное сырье в рецептурах хлебобулочных изделий может оказать, как положительное, так и отрицательное влияние на образование акриламида в зависимости от состава антиоксидантов и хода протекания окислительных реакций. Рассчитано теоретическое потребление акриламида в России за счет хлебобулочных изделий для взрослого человека. Независимо от региона проживания потребление акриламида за счет хлебобулочных изделий не превышает 15 % нормального потребления с пищей, установленного ФАО/ВОЗ. В категорию риска могут попасть взрослые и дети, потребляющие большое количество сдобных булочных изделий.

**Ключевые слова:** хлебобулочные изделия, корка, мякиш, акриламид, сырье, технология производства, потребление.

### Введение

Одним из основных прав человека является доступность качественных и безопасных пищевых продуктов [1]. В России для защиты жизни и здоровья человека и будущих поколений установлены требования к показателям безопасности пищевых продуктов, которые были регламентированы СанПиН 2.3.2-1078.01, а затем ТР ТС 021-2011 «О безопасности пищевой продукции». К показателям безопасности хлебобулочных изделий относятся токсичные элементы и радионуклиды, а микробиологические показатели только для изделий с начинками.

В процессе выпечки хлебобулочных изделий образуется акриламид, 2-проленамид ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$ ) – опасное канцерогенное вещество, относящееся ко 2-му классу опас-

ности, что доказано многочисленными исследованиями [2–4]. По данным ФАО/ВОЗ среднее употребление акриламида с пищевыми продуктами составляет 1 мкг на 1 кг массы тела в сутки, но при более высоких уровнях потребления более 4 мкг такая категория людей относится к зоне риска. В Канаде акриламид официально внесли в список токсичных веществ, который является неотъемлемой частью закона о защите окружающей среды. В США выпущено официальное руководство для пищевой промышленности по сокращению содержания акриламида в продуктах. В 2009 г. акриламид вошел в Федеральный регистр стран EC Food and Drug Administration как вещество, присутствие которого нежелательно в пищевых продуктах [5, 6].

По опубликованным данным [2], в хлебо-булочных изделиях количество акриламида может достигать 3436 мкг/кг, а в корке ржаного хлеба – до 4640 мкг/кг [6]. В России акриламид не отнесен к показателям безопасности.

### Образование акриламида в хлебобулочных изделиях и его влияние на здоровье человека

Образование акриламида в хлебобулочных изделиях связано с несколькими факторами: сырье, содержащее редуцирующие сахара и аминокислоту аспарагин; температурное воздействие выше 120 °С (при выпечке используют температуру выше 200 °С); уменьшение содержания воды в финальном этапе выпечки. Одним из основных механизмов образования акриламида считается реакция Майяра (рис. 1), но возможны и/или другие механизмы [2, 4].

Акриламид вместе с пищей за счет небольшой молекулярной массы и высокой растворимости в воде легко проникает в организм человека через желудочно-кишечный тракт. Регулярное высокое его потребление с

пищей может оказать: канцерогенное и мутагонное воздействие; негативное влияние на нервную систему вплоть до нейротоксического действия; развитие онкологических заболеваний – повышается риск возникновения рака груди, яичников, легких [2, 3, 7].

### Влияние сырья и процесса производства на образование акриламида в хлебобулочных изделиях

Многочисленные исследования направлены на изучение факторов, снижающих образование акриламида в хлебобулочных изделиях. Установлено, что его количество в готовых изделиях зависит, как от вида и сорта используемой муки, так и степени поврежденности ее крахмальных гранул; количества соли и присутствия жиров в рецептуре [4–10, 15].

В хлебе из пшеничной муки содержание акриламида может составлять от 10 до 30 мкг/кг, а иногда меньше [4, 6, 9]. С понижением сорта муки (повышение выхода муки) количество акриламида в хлебобулочных изделиях возрастает (табл. 1).

Использование смеси ржаной и пшенич-

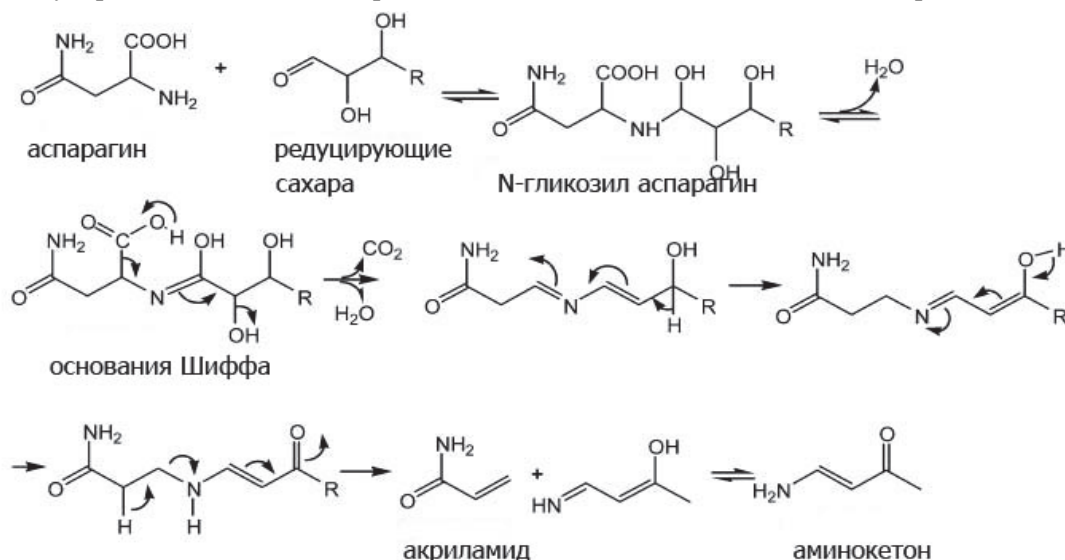


Рис. 1. Образование акриламида в ходе реакции Майяра

Таблица 1

Содержание акриламида в хлебе из пшеничной и ржаной муки в зависимости от условий выпечки [6]

Хлеб		Акриламид, мкг/кг СВ			
		Выпечка 240 °С 30 минут		Выпечка 200 °С 35 минут	
Вид муки	Выход муки, %	корка	мякиш	корка	мякиш
Пшеничный	70	21,19	12,58	11,18	9,68
	100	17,77	9,17	14,14	7,06
Ржаной	70	93,65	67,5	68,36	50,73
	100	88,07	65,16	68,26	58,13

ной муки приводит к увеличению акриламида в хлебе в 3–5 раз, а только ржаной муки – еще больше [5, 6, 11]. В результате его количество может достигнуть в хлебе из ржаной муки 100 % выхода от 100 мкг/кг [6] до 4600 мкг/кг [5]. Разброс экспериментальных данных разных исследователей может быть связан со степенью поврежденности крахмальных гранул в процессе помола муки, с увеличением количества которых содержание акриламида в готовых изделиях возрастает [8, 12]. При использовании натуральных ржаных заквасок образуется меньше акриламида по сравнению с использованием сухих заквасок с лактобактериями и/или дрожжей [8], возможно, это связано с преобладанием L (+) молочной кислоты над D (–) в конце брожения [13]. На образование акриламида также оказывает влияние продолжительность брожения теста. Поэтому количество соли в рецептуре не должно превышать 2 %, так как большее ее количество угнетающе действует на дрожжи [10]. Установлено, что более длительный процесс брожения снижает содержание аспарагина до 40–60 % с одновременным увеличением редуцирующих сахаров, но при этом образование акриламида замедляется. Поэтому становится предпочтительным использование опарного способа производства [8, 10, 14]. Добавление конкурирующих с аспарагином аминокислот, например, глицина и цистеина, позволяет уменьшить образование акриламида и обеспечить формирование характерных потребительских свойств готовой продукции [10, 14]. Количество аспарагина можно снизить при добавлении в тесто фермента L-аспарагиназы, в результате действия которого образование акриламида в корке и мякише хлебобулочных изделий уменьшается на 97 и 73 %, соответственно. Но этот эффект происходит в случае использования высоких концентраций фермента (300 ед.), что удорожает продукцию. Поэтому этот метод не получил широкого распространения в хлебопекарной отрасли [2, 7, 15].

Более высокое содержание акриламида в мелкоштучных изделиях часто связывают с их меньшей массой и большей долей корки, в которой акриламид преобладает [9]. Но большее влияние оказывает рецептура, в частности высокое количество жиров [16].

Основное количество акриламида образуется в корке – более 90 %, в результате воздействия высоких температур выпечки и

обезвоживания корки. Поэтому основным направлением снижения акриламида в хлебобулочных изделиях является поиск альтернативных методов выпечки. Так, введение пара в последние 5 минут выпечки, а также использование современного оборудования – конвекционных и инфракрасных печей может снизить образование акриламида в хлебобулочных изделиях на 40–60 % [6,9,10]. Понижение температуры выпечки на 40 °С с одновременным увеличением ее продолжительности на 5 минут приводит к уменьшению образования акриламида как в мякише, так и в корке [6, 17]. По данным [6], представленным в табл. 1, в пшеничном хлебе количество акриламида снижается в корке до 48 %, а в мякише – до 23 %; в ржаном хлебе – до 27 и 25 %, соответственно, в корке и мякише. Дальнейшая термическая обработка готового хлеба, например, приготовление тостов в течение 4 минут повышает количество акриламида в 7–10 раз в зависимости от исходного его количества в хлебе [17].

### **Влияние нетрадиционного растительного сырья на образование акриламида в хлебобулочных изделиях**

Нетрадиционное растительное сырье, используемое в хлебобулочных изделиях, содержит антиоксиданты, в частности полифенолы, которые могут затормозить образование акриламида [2, 18]. Однако корреляции между количеством вносимой добавки и образующимся акриламидом установлено не было [18–20]. Увеличение количества нетрадиционного растительного сырья может приводить к снижению акриламида, но при достижении минимального значения его количество может возрастать. Так, минимальное количество акриламида в жареных хлебных палочках образуется при добавлении 1 и 0,1 % порошка листьев бамбука и экстракта зеленого чая, соответственно. Причем порошок листьев бамбука в количестве от 0,002 до 1 % оказывал уменьшающий эффект, а от 1 до 4,9 % – увеличивающий. Такая же тенденция наблюдалась и при использовании экстракта зеленого чая, но увеличение акриламида начинало происходить при добавлении его в количестве более 0,1 % [19]. В пшеничных хрустящих хлебцах экстракт зеленого чая начинал снижать образование акриламида при концентрации более 0,02 % [20].

Дискуссии на эту тему продолжаются, но основной причиной этого явления считают

очень сложный состав полифенолов, входящих в добавки из растительного сырья. Они имеют различное строение и функциональные группы, которые могут реагировать с предшественниками акриламида, промежуточными звеньями реакции или самим акриламидом, приводя к уменьшению его содержания или способствуя его образованию. Некоторые из них могут связывать карбонильные группы, препятствуя образованию акриламида, а другие будут препятствовать реакции полимеризации акриламида при выпечке [4, 18]. Содержание акриламида, как конечный результат и положительных и отрицательных реакций, зависит от преобладающей реакции, в которую вступают антиоксиданты, и которая может измениться при изменении концентрации антиоксиданта. Влияние антиоксидантной активности (АОА) растительных компонентов на снижение образования акриламида в хлебобулочных изделиях остается спорным. Например, добавление в имбирные пряники 2 % корицы с АОА 971,94  $\mu\text{mol Trolox/g}$  привело к увеличению образования акриламида на 29 %, а гвоздики с более низкой АОА 47,44  $\mu\text{mol Trolox/g}$  – снизило на 17,3 %. В то же время добавление кориандра с АОА 15,81 повысило содержание акриламида в пряниках на 18,5 % [4]. Было проведено исследование флавонолов и его производных на образование акриламида в модельной системе (картофель, аспарагин и редуцирующие сахара), подвергнутой нагреванию. Флавонолы добавляли в количестве 1–10000  $\mu\text{mol/l}$ , но эффект снижения образования акриламида на 59,9–78,2 % установлен только при концен-

трациях до 100  $\mu\text{mol/l}$  [21]. Но в эксперименте на лабораторных животных (крысах) доказано, что при одновременном потреблении с пищевыми продуктами кверцетина и акриламида токсичное действие последнего снижается [3].

Взаимосвязь антиоксидантов с окислительными процессами и образованием акриламида подтверждают исследования количества акриламида в жирах при нагревании. Чем больше ненасыщенных жирных кислот в жирах и активнее окисление при их нагревании, тем больше образуется акриламида. Так, в соевом масле при нагревании образуется практически в 2 раза больше акриламида, чем в пальмовом олеине, 2447  $\text{ng/g}$  и 1442  $\text{ng/g}$ , соответственно, а в топленом масле всего лишь 211  $\text{ng/g}$  [16]. Нагревание модельной системы из сахара и жиров в зависимости от вида последнего приводило к разному уровню образования акриламида. В системе с подсолнечным маслом с преобладанием линолевой кислоты образование акриламида было выше на 30 %, чем в системе с пальмовым маслом, содержащем из антиоксидантов преимущественно токотриенолы [7].

#### Потребление акриламида с хлебобулочными изделиями

По данным шведских ученых, представленных на официальном сайте [22], содержание акриламида в хлебобулочных изделиях колеблется от 10 до 59  $\text{mg/kg}$  в зависимости от вида изделий (рис. 2), и в несколько раз ниже по сравнению с мучными кондитерскими изделиями (печенье, крекеры, бисквиты). Исследования по содержанию акриламида в

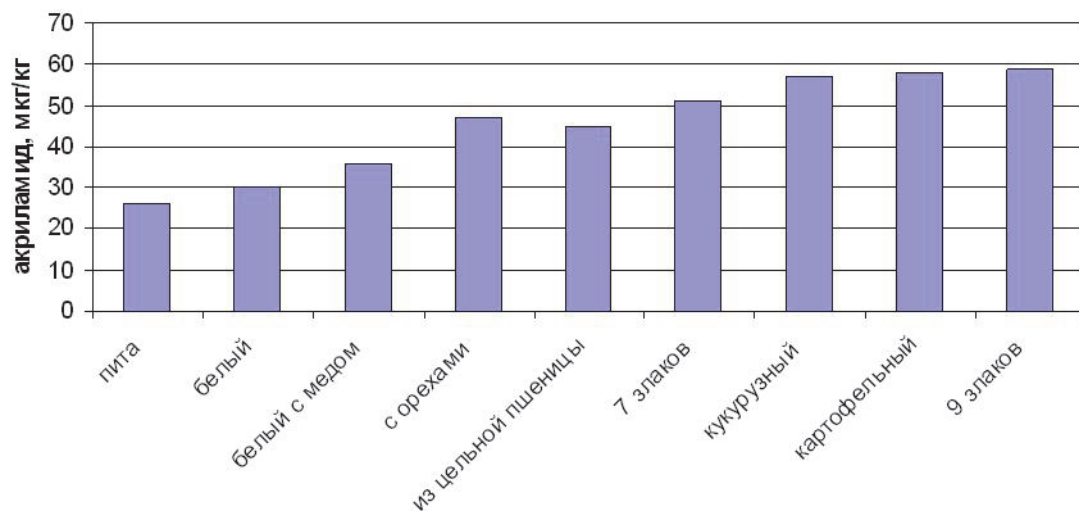


Рис. 2. Содержание акриламида в хлебобулочных изделиях различной рецептуры по данным [23]

## Управление качеством биопродукции

хлебобулочных изделиях в России отсутствуют.

Наиболее высокое содержание акриламида из представленных данных у хлебобулочных изделий с использованием многозерновых смесей (хлеб 7 злаков, 9 злаков, цельнозерновой). Картофельные или кукурузные хлопья в рецептуре изделий повышают количество акриламида в 1,5–2 раза по сравнению с традиционным хлебом. Опубликованы исследования количества акриламида в сладких булочках [23]. При добавлении сахара в булочки в количестве 12 % содержание акриламида составляет в мякише 143 мкг/кг, а в корке – 729 мкг/кг. При хранении хлебобулочных изделий в течение 10 суток изменений в содержании акриламида не установлено, но при хранении хрустящих ржаных хлебцев в течение 20 месяцев [4].

В России на долю хлебобулочных изделий из пшеничной муки приходится 46,5 %, из смеси ржаной и пшеничной муки – 28,3 %, из ржаной – 4,8 %, сдобных – 4,5 %, но может меняться в зависимости от региона. В Москве потребление хлебобулочных изделий меньше, чем по России на 8 %, а в Челябинской области, наоборот, больше – на 6 %. В Санкт-Петербурге потребление хлебобулочных изделий еще меньше, даже по сравнению с Москвой на 20 % [24, 25]. Поэтому количество поступающего акриламида с хлебобулочными изделиями в организм человека зависит от его места проживания. С учетом анализа потребительских предпочтений [24] было рассчитано усредненное количество акриламида, поступающее в организм человека за счет употребления различных хлебобулочных изделий (табл. 2). Из-за отсутствия данных по предпочтениям потребления сдобных изделий в различных регионах, в расчете было использовано среднее значение по России.

Наибольшее потребление акриламида в год на человека за счет хлебобулочных изде-

лий в Челябинске связано с большими объемами их потребления в целом, а в Санкт-Петербурге – с предпочтениями изделий с использованием ржаной муки и зерновыми добавками.

С учетом, что потребление акриламида с пищей в количестве 1 мкг/кг массы тела в сутки не наносит вред человеку и считается допустимым, было проведено сравнение с теоретически рассчитанными [2]. При условном предположении, что средняя масса тела человека составляет 70 кг, то в сутки за счет хлебобулочных изделий потребление акриламида, мкг/кг, составляет: в целом по России – 0,08–0,13; в Москве – 0,07–0,11; Санкт-Петербурге – 0,08–0,12; Челябинске – 0,09–0,15. Даже максимальное количество акриламида из вышеприведенных данных не превышает 15 % от нормального потребления с пищей. Отсюда следует вывод, что хлебобулочные изделия не являются основными поставщиками акриламида в организм человека. Но использование факторов, уменьшающих образование акриламида в процессе производства хлебобулочных изделий, будет способствовать снижению поступления его количества в целом в организм человека.

### Заключение

Образование акриламида в хлебобулочных изделиях зависит от вида и качества основного сырья, технологии производства (брожения теста, условий выпечки). Хлебобулочные изделия из ржаной муки 100 % выхода и сдобные булочные изделия характеризуются наиболее высоким содержанием акриламида с преобладанием в корке. Снизить образование акриламида могут меньшая степень поврежденности крахмальных гранул, замена аспарагина глицином или цистеином, количество соли в рецептуре.

Регулирование режимов выпечки (увлажнение пекарной камеры в последние 5 минут

Таблица 2  
Предполагаемое потребление акриламида, мг/кг, жителем России в год за счет хлебобулочных изделий

Место проживания	Хлебобулочные изделия				
	с использованием ржаной муки	пшеничные	зерновые	сдоба	всего
Россия	1,25–1,75	0,29–0,88	0,13–0,19	0,48	2,15–3,30
Москва	0,82–1,12	0,33–1,00	0,11–0,17	0,45	1,71–2,74
Санкт-Петербург	1,40–1,95	0,15–0,47	0,18–0,28	0,36	2,09–3,06
Челябинск	1,19–1,67	0,46–1,38	0,15–0,23	0,60	2,40–3,88

выпечки; снижение температуры выпечки) и использование конвекционных и инфракрасных печей может приводить к снижению акриламида в хлебобулочных изделиях на 40–60 %.

Использование нетрадиционного растительного сырья в производстве хлебобулочных изделий может приводить как к увеличению, так и снижению образования акрила-

мида, что связано с количественным и качественным составом антиоксидантов.

Потребление акриламида жителями России за счет хлебобулочных изделий зависит от потребительских предпочтений и варьирует от региона проживания, но его вклад не превышает 15 % от нормального потребления с пищей, установленного ФАО/ВОЗ.

### Литература/References

1. Потороко И.Ю., Попова Н.В. Государственная политика России в области продовольственной безопасности и безопасности пищевых продуктов. Современное состояние вопроса // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2009. № 21(154). С. 92–98. [Potoroko I.Yu., Popova N.V. Russia state policy in the field of food security and safety of foodstuff. Current state of a question. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and management*, 2009, no. 21(154), pp. 92–98.]
2. Багрянцева О.В., Шатров Г.Н., Хотимченко С.А. Акриламид: образование в пищевых продуктах, пути решения проблем // Вопросы питания. 2010. Т. 79, № 1. С.4–12. [Acrylamide. Its synthesis in processed food and ways of problem solution. *Problems of Nutrition*, 2010, vol. 79, no. 1, pp. 4–12.]
3. Uthra C., Shrivastava S., Jaswal A., Sinha N., Reshi M.S., Shukla S. Therapeutic potential of quercetin against acrylamide induced toxicity in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2017, vol. 86, pp. 705–714.
4. Gökmen V. *Acrylamide in Food. Analysis, Content and Potential Health Effects*. Academic Press, 2016. 623 p. DOI: 10.1016/B978-0-12-802832-2.05001-4
5. Horszwald A., Morales F.J., Castillo M.D., Zielinski H. Evaluation of antioxidant capacity and formation of processing contaminants during rye bread making. *J. of Food and Nutrition Research*, 2010, no. 49 (3), pp. 149–159.
6. Przygodzka M., Piskula M.K., Kukurov K., Ciesarov Z., Bednarikova A., Zielinski H. Factors influencing acrylamide formation in rye, wheat and spelt breads. *Journal of Cereal Science*, 2015, no. 65, pp. 96–102. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.06.011
7. Keramat J., LeBail A., Prost C., Jafari M. Acrylamide in Baking Products: A Review Article. *Food Bioprocess Technol*, 2011, no. 4, pp. 530–543. DOI: 10.1007/s11947-010-0495-1
8. Wang S., Yu J., Xin Q., Wang S., Copeland L. Effects of starch damage and yeast fermentation on acrylamide formation in bread. *Food Control*, 2017, vol. 73, pp. 230–236. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.08.002
9. Forstova V., Belkova B., Riddelova K., Vaclavik L., Prihoda J., Hajslova J. Acrylamide formation in traditional Czech leavened wheat-rye breads and wheat rolls. *Food Control*, 2014, vol. 38, pp. 221–226. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.10.022
10. Claus A., Mongili M., Weisz G., Schieber A., Carle R. Impact of formulation and technological factors on the acrylamide content of wheat bread and bread rolls. *Journal of Cereal Science*, 2008, vol. 47, no. 3, pp. 546–554. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.011
11. Zieliński H., Ciesarova Z., Troszyńska A., Ceglińska A., Zielińska D., Amarowicz R., Przygodzka M., Kukurova K. Antioxidant Properties, Acrylamide Content and Sensory Quality of Ginger Cakes with Different Formulations. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2012, vol. 62, pp. 41–50.
12. Ma S., Li L., Wang X., Zheng X., Bian K., Bao Q. Effect of mechanically damaged starch from wheat flour on the quality of frozen dough and steamed bread. *Food Chemistry*, 2016, vol. 202, no. 1, pp. 120–124. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.075
13. Bartkiene E., Jakobsone I., Juodeikiene G., Vidmantiene D., Pugajeva I., Bartkevics V. Effect of fermented *Helianthus tuberosus* L. tubers on acrylamide formation and quality properties of wheat bread. *LWT – Food Science and Technology*, 2013, vol. 54, no. 2, pp. 414–420. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.015
14. Mustafa A., Fink M., Kamal-Eldin A., Rosén J., Andersson R., Åman P. Interaction effects of fermentation time and added asparagine and glycine on acrylamide content in yeast-leavened bread. *Food Chemistry*, 2009, vol. 112, no. 4, pp. 767–774. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.05.099

15. Kumar M.N.S., Shimray C.A., Indrani D., Manonmani H.K. Reduction of Acrylamide Formation in Sweet Bread with L-Asparaginase Treatment. *Food Bioprocess Technol.*, 2014, no. 7 (3), pp. 741–748. DOI: 10.1007/s11947-013-1108-6
16. Daniali G., Jinap S., Hajeb P., Sanny M., Tan C.P. Acrylamide formation in vegetable oils and animal fats during heat treatment. *Food Chemistry*, 2016, vol. 212, no. 1, pp. 244–249. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.174
17. Ahrné L., Andersson C.G., Floberg P., Rosén J., Lingnert H. Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Steam and falling temperature baking. *LWT – Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, no. 10, pp. 1708–1715. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.01.010
18. Liu Y., Wang P., Chen F., Yuan Y., Zhu Y., Yan H., Hu X. Role of plant polyphenols in acrylamide formation and elimination. *Food Chemistry*, 2015, vol. 186, no. 1, pp. 46–53. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.122
19. Zhang Y., Zhang Y. Study on reduction of acrylamide in fried bread sticks by addition of antioxidant of bamboo leaves and extract of green tea. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, 2007, no. 16, pp. 131–136.
20. Capuano E., Ferrigno A., Acampa I., Serpen A., Acar O.C., Gokmen V., Fogliano V. Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during toasting of bread crisp model systems and mitigation strategies. *Food Research International*, 2009, no. 42, pp. 1295–1302. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.03.018
21. Huang M., Wang Q., Chen X., Zhang Y. Unravelling effects of flavanols and their derivatives on acrylamide formation via support vector machine model. *Food Chemistry*, 2017, vol. 221, no. 15, pp. 178–186. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.10.060
22. *Survey Data on Acrylamide in Food: Individual Food Products*. Available at: <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm053549.htm#u1004> (accessed 15.12.2016).
23. Kumar M.N.S., Shimray C.A., Indrani D., Manonmani H.K. Reduction of Acrylamide Formation in Sweet Bread with L-Asparaginase Treatment. *Food Bioprocess Technol.*, 2014, no. 7 (3), pp. 741–748. DOI: 10.1007/s11947-013-1108-6
24. Нилова Л.П., Науменко Н.В., Калинина И.В., Маркова К.Ю. Оптимизация ассортимента хлебобулочных изделий на основе анализа структуры потребительского рынка в г. Санкт-Петербурге и Челябинске // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2011. № 8(225). С. 183–189. [Nilova L.P., Naumenko N.V., Kalinina I.V., Markova K.Yu. Optimization of the assortment of bakery products based on the analysis of consumer markets in St. Petersburg and Chelyabinsk. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2011, no. 8(225), pp. 183–189. (in Russ.)]
25. Краус С.В. Современное состояние хлебопекарной отрасли России // Хлебопродукты. 2016. № 1. С. 12–13. [Current state of baking branch of Russia. *Khleboproducty* [Bakery], 2016, no. 1, pp. 12–13. (in Russ.)]

**Нилова Людмила Павловна.** Кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы товароведения и сервиса Института промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), nilova\_l\_p@mail.ru.

**Малютенкова Светлана Михайловна.** Кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы товароведения и сервиса Института промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), malutesha66@mail.ru

**Вытовтов Анатолий Андреевич.** Кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы товароведения и сервиса Института промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), avytovtov@yandex.ru

*Поступила в редакцию 12 декабря 2016 г.*

## THE SAFETY OF BAKERY PRODUCTS: ACRYLAMIDE

L.P. Nilova, S.M. Malyutenkova, A.A. Vytovtov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

The paper deals with the acrylamide formation and ways of reducing its amount in bakery products. The article presents the research results of foreign scholars on the acrylamide content in bakery products made from rye and wheat flour with different formula. The acrylamide formation in bakery products depends on the quality of used raw materials and production techniques, while storing its amount doesn't change. Among all bakery products acrylamide prevails in bread made from rye flour and with grain additives. Moreover, it's found in large quantities in a crust. The pastry formula also significantly increases the acrylamide formation. One can reduce the formation of acrylamide in bakery products by regulating the technological process (dough time, baking time, steam quantity during the baking, an oven type), choosing a recipe (type and grade of flour, fats, salt), using the predecessors of asparagine, i.e. glycine and cysteine. The most available approach is reduction of baking temperature and steam introduction at the last minute. The baking temperature of 200°C instead of 240°C with the difference in 5 minutes leads to decrease of the acrylamide formation by 45% in the crust and 25% in the crumb. It's possible to decrease the acrylamide formation by 40% when using convection and infrared ovens. Meanwhile, the organoleptic indicators of finished goods don't change. The non-conventional vegetable raw materials in recipes of bakery products can have both positive and negative influence on the acrylamide formation depending on the composition of antioxidants and the behavior of oxidation reactions. The authors have calculated theoretical consumption of acrylamide in Russia based on bakery products for an adult. Regardless of the region the acrylamide consumption owing to bakery products doesn't exceed 15% of normal consumption with food determined by FAO/WHO. In the risk category may be adults and children who eat a lot of pastries.

**Keywords:** bakery products, crust, crumb, acrylamide, raw materials, production technology, consumption.

**Liudmila P. Nilova.** Candidate of Sciences (Engineering), associate professor at the Higher School of Merchandizing and Service, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, nilova\_l\_p@mail.ru

**Svetlana M. Malyutenkova.** Candidate of Sciences (Engineering), associate professor at the Higher School of Merchandizing and Service, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, malutesha66@mail.ru

**Anatolii A. Vytovtov.** Candidate of Sciences (Engineering), associate professor at the Higher School of Merchandizing and Service, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, avytovtov@yandex.ru

Received 12 December 2016

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Нилова, Л.П. Проблемы безопасности хлебобулочных изделий: акриламид / Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова, А.А. Вытовтов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 74–81. DOI: 10.14529/food170110

### FOR CITATION

Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Vytovtov A.A. The Safety of Bakery Products: Acrylamide. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 74–81. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170110