

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТОВАРОЗНАВСТВА ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.8.03

Сирохман І. В.,

ORCID ID: 0000-0002-0467-4198, Researcher ID: F-2828-2019,

д.т.н., проф., завідувач кафедри товарознавства, технологій і управління якістю харчових продуктів, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

СУЧАСНА ОЦІНКА БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА ВМІСТОМ АКРИЛАМІДУ

***Анотація.** За результатами проведених досліджень узагальнені нормативні документи за вмістом акриламід, відповідні напрацювання науковців і практиків щодо оцінювання безпечності та якості різних груп продуктів щоденного споживання більшості категорій населення з відповідним амінокислотним і вуглеводним складом, можливостями його регулювання, особливо в оптимізації технологічного процесу. Важливим напрямком сучасних технологій є забезпечення зниження вмісту акриламід передусім у продуктах дитячого харчування і продуктах масового споживання. Це особливо актуально для малих виробничих і підприємств ресторанного господарства щодо регулювання режимів теплового обробітку, контролювання вмісту аспарагину, глюкози тощо. Отримані теоретичні напрацювання підтверджують перспективність дослідження впливу різних чинників на накопичення акриламід в харчових продуктах, що містять аспарагін, глюкозу і фруктозу, характеризуються низьким вмістом вологи і піддаються дії високих температур з метою поступового зниження вмісту акриламід і забезпечення безпечного споживання підготовлених продуктів різними категоріями споживачів.*

***Ключові слова:** акриламід, аспарагін, редукуючі цукри, удосконалення технологій виробництва харчових продуктів, поліпшення якості й підвищення безпечності виробів за рахунок новітніх технологічних рішень.*

Syrokhan I. V.,

ORCID ID: 0000-0002-0467-4198, Researcher ID: F-2828-2019,

Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Commodity Studies, Technologies and Food Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

MODERN ASSESSMENT OF THE FOOD PRODUCTS SAFETY AND QUALITY ACCORDING TO ACRYLAMIDE CONTENT

***Abstract.** According to the results of the researches implemented of the normative documents on the content of acrylamide, corresponding researches of scientists and practitioners on the assessment of safety and quality of different groups of daily consumption products by the majority of the population with the appropriate amino acid and carbohydrate composition, the possibilities of its regulation, especially in optimization of technological process, are generalized. An important area of modern technologies is to ensure the acrylamide content reduction primarily in baby and mass consumption foods. This is especially true for small industrial and restaurant businesses in regulating heat treatment regimes, controlling asparagine, glucose content, etc. The obtained theoretical findings confirm the prospect of studying the effect of various factors on the accumulation of acrylamide in foods containing asparagine, glucose and fructose, characterized by low moisture content and subjected to high temperatures in order to gradually reduce the content of acrylamide and ensure safe consumption of prepared products by different categories of consumers.*

***Key words:** acrylamide, asparagine, reducing sugars, improving food production technologies, improving the quality and safety of products due to the latest technological solutions.*

JEL Classification: L15; L66; I12

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2019-22-04>

Постановка проблеми. Дослідження науковців різних країн у цьому столітті показали, що традиційні уподобання різних категорій населення щодо високих споживних властивостей картоплі фри, картопляних чіпсів, кави і кавових напоїв, хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів дещо суперечливі. Це пояснюється тим, що в процесі випікання або смаження за температури 120 °С і вище наявністю в сировині аспарагину і редуруючих цукрів, зниженням вологості обробленої сировини до 1% інтенсифікується утворення акриламідів. Ця сполука відіграє важливу роль у формуванні органолептичних властивостей ряду крохмаловмісних продуктів, але за останні 10-15 років більшість науковців стверджують про її канцерогенність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі досліджень, проведених у різних країнах, Об'єднаний комітет експертів ФАО/ВООЗ із харчових добавок встановив, що середнє споживання акриламідів з їжею складає 1 мкг на 1 кг маси тіла за добу [1]. Для людей з високим рівнем споживання продуктів, що містять акриламід, цей показник може складати 4 мкг/кг за добу.

Акриламід адсорбується в шлунково-кишковому тракті, передусім у верхньому відділенні. Тривале споживання продуктів, що містять акриламід, сприяє розвитку біохімічних реакцій, характерних для атеросклеротичного процесу. В дослідженнях на тваринах встановлено, що при дії акриламідів найбільше пошкоджується нервова система, а за тривалого експерименту (2 роки) акриламід проявив канцерогенну активність. Встановлено пряму залежність між споживанням акриламідів і раком нирок та ін.

Акриламід синтезується переважно в крохмаловмісній їжі. Його утворення проходить за температур 120 °С і вище. При цьому амінокислота аспарагін є основним джерелом азоту в формуванні молекули акриламідів. Значна кількість її міститься в пшениці, зернах кави і в картоплі. Більша частина акриламідів формується на заключній стадії випікання і смаження, після зменшення вмісту води в продукті й підвищенні температури на поверхні до вказаних меж [2]. Вміст утвореного акриламідів в продуктах не змінюється протягом всього періоду їх зберігання (за виключенням зерен кави, в яких концентрація через 1 міс. знижується).

За результатами дослідження утворення акриламідів в картопляних чіпах встановлено, що з підвищенням вмісту в картоплі редуруючих цукрів та аспарагінової кислоти збільшується кількість акриламідів в готовому продукті, тому важливо підбирати відповідні ботанічні сорти картоплі [3]. Автори вважають, що одним із напрямів підвищення безпечності картопляних чіпсів є вибір сировини високої якості та зменшення температури обсмажування з 180 °С за класичною технологією до 160 °С.

В оглядовій статті L. Moscicki ставить питання "Акриламід у харчових продуктах – реальна проблема або виклик?!" [4].

Проведено дослідження вмісту акриламідів в понад 100 продуктів промислового і домашнього виробництва методом газової хроматографії мас-спектрометрії після їх дериватизації в 2-бромпропенаміді [5]. Досліджували різні види бісквітів, зернових сніданків, бананових чіпсів та численні продукти домашнього приготування. Акриламід не встановлений у сирих продуктах і стравах, приготовлених шляхом варки. В решті продуктів вміст акриламідів змінювався в діапазоні 65-3640 мкг/кг, залежно від концентрації його попередників – відновлювальних цукрів і аспарагину.

Запропоновано спосіб зниження утворення акриламідів в продуктах харчування, які піддаються термічній обробці, для чого картоплю чистять, нарізають дольками і обсмажують до вмісту води від 1,3 мас.% до 2,0 мас.%. [6]. Виявляють дефектні картопляні частинки шляхом аналізу кожної з дольок на наявність дефектів картоплі, пов'язаних із рівнем акриламідів, що перевищує рівень акриламідів більш ніж у два рази в недефектних картопляних частинках, що піддавалися термічному обробці за тих же умов. Направляють дефектні картопляні частинки в потік відходів. Це найбільш доступний спосіб для підприємств ресторанного господарства з умовою, що необхідно контролювати вологість шматків картоплі на певному етапі термічного обробки.

Встановлено, що найбільша кількість акриламідів утворюється при переробці суміші картопляного борошна і крупки у співвідношенні 70:30 [7]. Екструзію проводили зі швидкістю обертання шнека 120 об./хв., температурі 170 °С і вологості початкової суміші 18%. Методом аналізу поверхні відгуку дослідили вплив вологості початкової суміші (12,6-19,4%), температури екструзії (163-197 °С) і швидкості обертання шнека (106-173 об./хв.) на вміст акриламідів в екструдаті. В експерименті він змінювався в діапазоні 704-1560 мкг/кг. Досліджували також вплив різних добавок (лимонної кислоти, солей кальцію, амінокислот, вітамінів і їх поєднання) на рівень утворення акриламідів. Додавання 50 мкмоль CaCl₂/г борошна дозволяє знизити рівень утворення акриламідів на 65% без погіршення органолептичних властивостей екструдату.

Заслужують на увагу отримані результати досліджень, згідно з якими NaHSO₃ і цистеїн найкраще сприяли сповільненню утворення акриламідів і додавання цих речовин могло би впливати на потемніння продукту. Аскорбінову кислоту вважають ефективним інгібітором утворення акриламідів в обох модельних системах, але потемніння можна попередити за її високої концентрації [8].

Натуральні антиоксиданти можуть бути перспективними для розробки ефективних інгібіторів утворення акриламідів. Аліцин досить відчутно гальмував утворення акриламідів: максимальний ступінь зменшення складав > 50 за концентрації аліцину 0,0375% у модельній системі, яка містила аспарагін і фруктозу. В той же час у системі, з додаванням аспарагину і глюкози, аліцин не

забезпечував бажаних результатів. Найбільш низький вміст акриламідів складав 0,181 мг/мл з додаванням аліцину в систему, що містила аспарагін і фруктозу, а 0,029 мг/мл – з додаванням аскорбінової кислоти в модельну систему, що містила аспарагін і глюкозу.

Вміст відновлювальних цукрів і аспарагіну, що беруть участь в утворенні акриламідів визначали на основі 8 сортів картоплі [9]. Мінімальний рівень їх вмісту складав $680,68 \pm 56,50$ і $2074,36 \pm 122,27$ мг/кг відповідно. Найнижчу кількість акриламідів встановлено в чіпсах, приготовлених з картоплі з найменшим вмістом відновлювальних цукрів. Опромінення цієї картоплі дозою 60 Грей для попередження проростання з наступним зберіганням протягом 6 міс. за температури $14,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ привело до зниження вмісту відновлювальних цукрів на 10,7%. Рівень утворення акриламідів в чіпсах із опроміненої картоплі знижувався на 8,41 і 6,95% після зберігання за температури 14 і $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно порівняно з чіпсами, отриманими з неопроміненої картоплі. Колір чіпсів, оцінюваний за кольоровими характеристиками L^* і a^* , також був більш привабливим у продуктах із опроміненої картоплі, що суттєво визначає споживчі уподобання покупців різних категорій і віку.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження впливу складу сировини, інноваційних прийомів у технології виробництва на зниження вмісту акриламідів та інших сполук, які суттєво впливають на безпечність і якість продуктів масового споживання різних категорій населення. Для вирішення цього вивчено основні напрями у підборі сировини, регуляторів біохімічних процесів у технологічному процесі, забезпечення прогнозованого складу і граничного вмісту акриламідів, продуктів реакції Майєра та інших сполук, що суттєво знижують харчову й біологічну цінність і небезпечні для багатьох категорій споживачів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У наукових пошуках важливе місце займають питання з гігієни харчових продуктів і дотримання положень Регламенту ЄС № 852/2004 від 29.04.2004 р. та регулювання встановленого вмісту акриламідів відповідно до Регламенту ЄС 2017/2158 від 20.11.2017 р. щодо встановлення пом'якшувальних заходів і контрольних рівнів для зниження присутності акриламідів в харчових продуктах.

Дуже важливо враховувати результати досліджень вчених щодо зниження акриламідів в їжі за рахунок змін у процесі смаження продуктів швидкого приготування.

Встановлено потенційну можливість зниження вмісту акриламідів на 36% за рахунок обробки продовольчої сировини хлоридом кальцію. Значне зниження акриламідів досягнуто за рахунок обробки сировини аспарагіназою, яка селективно видаляє аспарагін із продуктів харчування. Переведення продукту в рідку або кашоподібну форму також приводить до зниження вмісту акриламідів. Запропоновані й інші способи зниження рівня попередників акриламідів, наприклад зміна методів селекції і вирощування рослин, проведення

контролю в процесі вирощування рослин і зберігання харчової продукції, попереднє бланшування або замочування продукції до смаження і збільшення тривалості ферментації тіста в хлібопеченні. Виробникам харчових продуктів слід модифікувати рецептурний склад продуктів, додаючи в них конкуруючі з аспарагіном амінокислоти або їх компоненти, змінювати процес приготування їжі, знижувати температуру смаження. Для зниження надходження акриламідів в організм людини краще використовувати крупи та інші рослинні продукти, що не містять його попередників. На утворення акриламідів також впливає концентрація гліцину, вологість бульб, вміст антиоксидантів і особливо редуруючих цукрів, значна кількість яких утворюється під час зберігання картоплі за понижених температур, сприяє активізації цієї реакції із залученням у неї таких попередників аспарагіну, як глютамін.

У наукових дослідженнях важливо дотримуватися презентабельності отриманих результатів досліджень. Наприклад, для картопляних чіпсів важливо підбирати випробувані сорти картоплі, дотримуватися оптимальних режимів підготовки та обробітку бульб. Заслужують на увагу результати досліджень, отримані Pedreshi Franco, Mariotti Salomé [et al] [10].

У дослідженнях використані шматки картоплі діаметром 40 мм і товщиною 2 мм, які обсмажували 5 хв. за температури $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ після попередньої обробки різними методами – замочуванням у дистильованій воді, замочуванням у поєднанні з бланшируванням гарячою водою при $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 3,5 хв., замочуванням у поєднанні із завантаженням у розчин аспарагінази ($10\ 000\ \text{ACNU/л}$) при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 20 хв. і замочуванням у поєднанні з бланшируванням і завантаженням у розчин аспарагінази, замочуванням бланшируванням і завантаженням у дистильовану воду. Встановлено, що бланширування з обробкою аспарагіназою дозволяє знизити вміст акриламідів в готовому продукті майже на 90%. Завдяки такій технології можна прогнозувати безпечність картопляних чіпсів і придатність для споживання різними категоріями споживачів.

Дослідили вплив складу і структури матриці на здатність l-asparaginase інгібувати формування акриламідів в процесі випічки бісквіту [11]. Рецептури розрізнялися за вмістом води (10-20 %) і жиру (0-15%), типом жиру (маргарин, пальмова олія) і розподілом жирових фаз.

Встановлено, що високий вміст вологи прискорює утворення акриламідів і збільшує здатність ферменту інгібувати утворення токсичних молекул у готовому продукті. З іншої сторони, присутність жиру суттєво сповільнює утворення акриламідів і активність ферменту в порівнянні з продуктом, який не містить жир. Дуже важливо вивчати можливий механізм впливу компонентів тіста, щоб регулювати небажані зміни складників використаної сировини і гальмувати цукроамінні реакції, особливо на окремих фазах випікання.

Дослідили вплив випікання парую на утворення акриламідів і кінетику потемніння продукції [12]. Печиво випікали у звичайній печі з природною і форсованою циркуляцією повітря і в гібридній паровій печі за температури 165, 180 і 190 °С з різною тривалістю. У всіх варіантах випічки концентрація акриламідів та рівень потемніння поверхні зростали з підвищенням температури.

Встановлено суттєву кореляцію між рівнем утворення акриламідів та індексом потемніння (ВІ), який розраховується на основі кольорових характеристик L, a і b по Хантеру. Можна вважати, що індекс потемніння є надійним індикатором концентрації акриламідів в печиві. Кінетика утворення акриламідів і потемніння відповідає реакції першого порядку з константою швидкості 0,023-0,077 і 0,019-0,063 хв.⁻¹, відповідно. Вплив температури випікання на колір і рівень утворення акриламідів відповідає рівнянню Арреніуса з енергією активації для реакції утворення акриламідів 6,87-27,84 кДж/моль, а для ІІ – 19,54-35,36 кДж/моль для всіх типів печей. Випікання на пару забезпечує найменший вміст акриламідів в продукті за температури 165 °С і найменший рівень потемніння поверхні при всіх температурах випічки. Тому за рівнем потемніння поверхні печива споживач може судити про його властивості з проблем безпечності.

На основі зростання виробництва сої та продуктів її переробки появляються нові дослідження в напрямі збагачення ними хлібобулочних виробів. Водночас дуже важливо оцінити наслідки використання поширених соєвих продуктів. Прикладом може бути дослідження впливу використаної оари на вміст потенційно небезпечних продуктів реакції Майяра у хлібобулочних виробках [13]. Встановлено, що заміна 15% пшеничного борошна продуктом оари збільшує вміст у готових виробках 5-гідроксиметил-2-фуральдегіда на 100%, акриламідів - на 60% і карбоксиметиллізину - на 400%. Автори пояснюють такі властивості наявністю в оарі приблизно 50% нерозчинних харчових волокон, які знижують активність води в процесі випічки та активізують реакції Майяра. Продукти промислового виробництва, збагачені соєвими продуктами, також містили підвищену кількість акриламідів і карбоксиметиллізину.

Водночас заслуговують на увагу захисні властивості деяких продуктів переробки рослинної сировини. Прикладом можуть бути результати досліджень впливу додавання борошна і білкового ізоляту з насіння амаранту на рівень утворення акриламідів в модельній системі (глюкоза/аспарагін) і реальних харчових продуктах (печиво, смажені і печені чіпси) [14]. Додавання борошна з відносно низьким вмістом білка (16,45%) не впливало на рівень утворення акриламідів не тільки в модельній системі, але і в харчових продуктах. За умови використання білкового ізоляту було досягнуто зниження на 35-40% утворення акриламідів в модельній системі і на 51-89% у реальних продуктах. Це також вплинуло на колір та інші властивості продукту. Отже, додавання білків

амаранту дозволяє знизити вміст акриламідів і підвищити харчову цінність харчових продуктів.

З урахуванням особливостей приготування відповідних груп чіпсів має наукове і практичне спрямування дослідження захисних властивостей сполук червоного перцю. Встановлено, що додавання олеостерину з червоного перцю в модельну систему, що містила аспарагін і глюкозу, не знижує кількість утворюваного акриламідів, але окислення олеостерину протягом 4-8 діб за температури 60 °С суттєво гальмує накопичення акриламідів в модельній системі [15]. Картопляні і кукурудзяні чіпси, обсмажені в соєвій олії з добавкою олеостерину, містили на 26 і 77% відповідно акриламідів менше, ніж чіпси, обсмажені в олії без добавки. Надаючи продуктам специфічний приємний смак, олеостерин перцю є активним інгібітором накопичення в продуктах акриламідів і тим самим суттєво підвищує якість і безпечність продукції.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Отримані теоретичні напрацювання підтверджують перспективність дослідження впливу різних чинників на накопичення акриламідів в харчових продуктах, що містять аспарагін, глюкозу і фруктозу, характеризуються низьким вмістом вологи і піддаються дії високих температур з метою поступового зниження вмісту акриламідів і забезпечення безпечного споживання підготовлених продуктів різними категоріями споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сирохман І. В. Сучасні досягнення харчової науки : навч. посіб. / Сирохман І. В., Гирка О. І., Калимон М.-М. В. – Львів: “Растр-7”, 2018. – 508 с.
2. Багрянцева О. В. Акриламид: образование в пищевых продуктах, пути решения проблемы / Багрянцева О. В., Шатров Г. Н., Хотимченко С. А. // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79, № 1. – С. 4-12.
3. Коваленко О. Дослідження вмісту акриламідів в картопляних чіпсах / Коваленко О., Ковбаса В., Нагорний В. // Продовольча індустрія АПК. – 2016. – № 4. – С. 14-17.
4. Moscicki L. Akrylamid w zywnosci realny problem czy wyzwanie?! // Przem. spoż. – 2011. – 65, № 9. – Р. 40-41.
5. Bent Grace-Anne, Maragh Paul, Dasgupta Tara. Akrylamide in Caribbean foods – Residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. // Food Chem. – 2012. – 133, № 2. – Р. 451-457.
6. Способ снижения образования акриламида в продуктах питания, подвергающихся термической обработке: Пат. 2459432 Россия, МПК А23L 1/216. Фрито-Лей Норт Америка, Кантлеи К.С., Десаи П.М., Мисхел Э. и др.
7. Mulla Mehrapatema Z., Bharadwaj Vikas R., Annapure Uday S., Singhal Rekha S. Effect of formulation and processing parameters on acrylamide formation: A case study on extrusion of potato flour and semolina. // UWT – Food Sci. and Technol. – 2011. – 44, № 7. – Р. 1643-1648.

8. Yuan Yuan, Shu Chang, Zhou Bing. Impact of selected additives on acrylamide formation in asparagines / Sugar Maillard model systems / *Food Res. Int.* – 2011. – 44, № 1. – P. 449-455.

9. Mulla Mehrajfatema Z., Annapure Uday S., Variyar Prasad S. [et al] Acrylamide content in fried chips prepared from and non-irradiated stored potatoes // *Food Chem.* – 2011. – 127, № 4. – P. 1668-1672.

10. Pedreshi Franco, Mariotti Salomé [et al]. Acrylamide reduction in potato chips by using commercial asparaginase in combination with conventional blanching. // *LWT Food Sci. and Technol.* – 2011. – 44, № 6. – P. 1473-1476.

11. Anese Monica, Quarta Barbara, Peloux Lucie [et al]. Effect of formulation on the capacity of l-asparaginase to minimize acrylamide formation in short dough biscuits / *Food Res. Int.* – 2011. – 44, № 9. – P. 2837-2842.

12. Istroglu H., Kemerli T., Sakin-Yilmazer M., Guven G., Ozdestan O. [et al]. Effect of steam baking on acrylamide formation and browning kinetics of coories. – // *Food Sci.* – 2012. – 77, № 10. – P. E257-E263.

13. Palermo M., Fiore A., Fogliano V.J. Okara promoted acrylamide and carboxymethyl-lisine formation in bakery products // *J. Agr. and Food Chem.* – 2012. – 60, № 40. – P. 10141-10146.

14. Salazar Ricardo, Arambula-Villa Geronimo, Vazquez-Landaverde Pedro A., Hidalgo Francisco J., Zamora Rosario Mitigating effect of amaranth (*Anarantus hypo chonandriacus*) protein on acrylamide formation in foods. // *Food Chem.* – 2012. – 135, № 4. – P. 2293-2298.

15. Salazar Ricardo, Arambula-Villa Geronimo, Hidalgo Francisco J., Zamora Rosario. Mitigating effect of piquin pepper (*Capsicum annum L., var. Aviculare*) oleoresin on acrylamide formation in potato and tortilla chips. // *LWT – Food Sci and Technol.* – 2012. – 48, № 2. – P. 261-267.

REFERENCES

1. Syrokhman, I. V. Hyrka, O. I. and Kalymon, M.-M. V. (2018), Suchasni dosiahnennia kharchovoi nauky : navch. posib., “Rastr-7”, L'viv, 508 s.

2. Bahriantseva, O. V. Shatrov, H. N. and Khotymchenko, S. A. (2010), Akrylamid: obrazovanye v pyschovykh produktakh, puty resheniya problemy, *Voprosy pytanyaia*, T. 79, № 1, s. 4-12.

3. Kovalenko O., Kovbasa V. and Nahornyj V. (2016), Doslidzhennia vmistu akrylamidu v kartoplianykh chipsakh, *Prodovol'cha industriia APK*, № 4, s. 14-17.

4. Moscicki L. (2011), Akrylamid w zywnosci realny problem czy wyzwanie?!, *Przem. spoż.*, 65, № 9, r. 40-41.

5. Bent Grace-Anne, Maragh Paul, Dasgupta Tara. (2012), Akrylamide in Caribbean foods – Residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content., *Food Chem*, 133, № 2, r. 451-457.

6. Sposob snyzheniya obrazovaniya akrylamyda v produktakh pytanyaia, podverhaiuschykhsia termicheskoj obrabotke: Pat. 2459432 Rossyia, MPK A23L 1/216. Fryto-Lej Nort Ameryka, Kantley K.S., Desay P.M., Myskhel E. y dr.

7. Mulla Mehrajfatema Z., Bharadwaj Vikas R., Annapure Uday S., Singhal Rekha S. (2011), Effect of formulation and processing parameters on acrylamide formation: A case study on extrusion of potato flour and semolina., *UWT – Food Sci. and Technol.*, 44, № 7, r. 1643-1648.

8. Yuan Yuan, Shu Chang, Zhou Bing. (2011), Impact of selected additives on acrylamide formation in asparagines / Sugar Maillard model systems / *Food Res. Int.*, 44, № 1, r. 449-455.

9. Mulla Mehrajfatema Z., Annapure Uday S., Variyar Prasad S. [et al] (2011), Acrylamide content in fried chips prepared from and non-irradiated stored potatoes, *Food Chem.*, 127, № 4, r. 1668-1672.

10. Pedreshi Franco, Mariotti Salomé [et al]. (2011), Acrylamide reduction in potato chips by using commercial asparaginase in combination with conventional blanching., *LWT Food Sci. and Technol.*, 44, № 6, r. 1473-1476.

11. Anese Monica, Quarta Barbara, Peloux Lucie [et al]. (2011), Effect of formulation on the capacity of l-asparaginase to minimize acrylamide formation in short dough biscuits, *Food Res. Int.*, 44, № 9, r. 2837-2842.

12. Istroglu H., Kemerli T., Sakin-Yilmazer M., Guven G., Ozdestan O. [et al]. (2012), Effect of steam baking on acrylamide formation and browning kinetics of coories., *Food Sci.*, 77, № 10, r. E257-E263.

13. Palermo M., Fiore A., Fogliano V. J. (2012), Okara promoted acrylamide and carboxymethyl-lisine formation in bakery products, *J. Agr. and Food Chem*, 60, № 40, r. 10141-10146.

14. Salazar Ricardo, Arambula-Villa Geronimo, Vazquez-Landaverde Pedro A., Hidalgo Francisco J., Zamora Rosario (2012), Mitigating effect of amaranth (*Anarantus hypo chonandriacus*) protein on acrylamide formation in foods, *Food Chem*, 135, № 4, r. 2293-2298.

15. Salazar Ricardo, Arambula-Villa Geronimo, Hidalgo Francisco J., Zamora Rosario. (2012), Mitigating effect of piquin pepper (*Capsicum annum L., var. Aviculare*) oleoresin on acrylamide formation in potato and tortilla chips., *LWT – Food Sci and Technol.*, 48, № 2, r. 261-267.

Стаття надійшла до редакції 10 лютого 2019 р.