

58–68 %. Найнижчий рівень адгезії (43–45 %) на попередньо оброблених розчинами ПАР пластинках сталі та лінолеуму спостерігався для *C. albicans* Д-6.

Кількість прикріплених клітин тест-культур до кахлю, обробленому розчинами ПАР, синтезованих за наявності живих клітин *E. cloacae* С-8, була в середньому на 6–13 % нижчою порівняно із дією препаратів, одержаних у середовищі без індуктора, причому найнижчий рівень адгезії клітин (51 %) спостерігався для *C. albicans* Д-6.

Висновки. Таким чином, отримані експериментальні дані свідчать про можливість регуляції антиадгезивної активності щодо *C. albicans* Д-6 та *C. tropicalis* PE-2 поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 внесенням у середовище культивування продуцента живих клітин конкурентних грамнегативних бактерій *E. cloacae* С-8.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ciofu O., Rojo-Molinero E., Macià M. D., Oliver A. // APMIS. 2017. 125 (4): 304-319.
2. Jung, P., Mischo, C. E., Gunaratnam, G., Spengler, C., Becker, S. L., Hube, B. etc. // Virulence. 2020. 11(1): 1453–1465.
3. Hifnawy S.M., Hassan H.M., Mohammed R., Fouda M.M., Sayed A.M., Hamed A.A., etc. // Marine Drugs. 2020. 18 (5): 243.

ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСГЛУТАМІНАЗИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

О.М. Крупа

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна
доцент кафедри харчової біотехнології і хімії, cmakota@ukr.net

Для поліпшення консистенції і підвищення виходу готової продукції підприємства харчової промисловості доволі часто застосовують структуроутворювальні компоненти полісахаридної природи, а саме альгірати, камеді, карагінани. В останнє десятиліття як альтернативу таким добавкам розглядають ферменти, які здатні брати участь в утворенні додаткових зв'язків у білкових молекулах. Одним із них є трансглютаміназа.

Трансглютаміназа (протеїн-глутамін гамма-глутамілтрансфераза) номер ЄС 2.3.2.13 – це фермент, що часто присутній у складі рослинних та тваринних тканин, а також у мікроорганізмах. Дана речовина каталізує реакції перехресних «зшивань» внутрішньо- і міжмолекулярних білків. Трансглютаміназа здатна утворювати з білкових ланцюгів більші протеїнові сполуки, завдяки формуванню ковалентних зв'язків між амінокислотами L-лізином та L-глутаміном. Завдяки «зшиваючій» дії ферменту білки створюють складну сітчасту структуру (матрицю) з високою молекулярною масою і «клеювими» властивостями. Міцність утвореної білкової структури залежить від активності ферменту, температури системи, рівня рН та часу ферментації. Утворені трансглютаміназою зв'язки важко зруйнувати після закінчення реакції, молекули білка залишаються міцно «зшитими» при подальшому заморожуванні, подрібненні та високотемпературному обробленні. Завдяки таким властивостям та натуральному походженню, ця добавка знайшла достатньо широке застосування для поліпшення споживчих властивостей харчових продуктів, при цьому не впливаючи на смак, колір та запах готового виробу.

Найбільш розповсюджений спосіб отримання трансглютамінази – шляхом мікробної ферментації натуральних мікроорганізмів *Streptovercillium mobaraense*. При цьому процес ферментації схожий на процес виробництва пива чи вина.

На даний час мікробну трансглютаміназу використовують у харчовій промисловості як «біоінструмент», який надає можливість цілеспрямовано модифікувати білкову функціональність, а, отже, й реологію продукту. Його використання має позитивний вплив на багато технологічних аспектів, зокрема, структуру й консистенцію харчового продукту,

міцність зв'язування, вологоутримуючу здатність, стабілізацію жирової фази, підвищення в'язкості і стабільності при високотемпературному обробленню, а також дозволяє збільшити вихід продукції.

Уперше трансглютаміназу було використано у харчовій промисловості в Японії для виробництва аналогових креветок і крабових паличок із сурімі – перемеленої та відтисненої рибної маси. У подальшому застосування цього ферменту поширилося на м'ясу, молочну й хлібопекарську промисловість.

У м'ясній промисловості, зокрема, трансглютаміназу застосовують для зв'язування білків у м'ясних продуктах, при цьому відмічають відсутність будь-яких змін сенсорних характеристик продукту, а також високу стабільність продукту на наступних етапах технологічного оброблення, таких, як нарізання, маринування, теплове оброблення і упакування. У технологічному процесі виробництва шинок і сосисок застосування даного ферменту сприяє покращенню консистенції виробів під час емульгування, вироби набувають більш щільної структури, зменшуються втрати при їх нарізанні. Окрім того скорочується тривалість періоду, необхідного для досягнення ферментованим ковбасними виробами стану, придатного до нарізання.

При виготовленні молочних продуктів трансглютаміназа знижує вартість готових продуктів за рахунок заміни або зменшення кількості доданих білкових компонентів і стабілізаторів. Під час її застосування відзначають підвищення в'язкості та набуття гелеподібної структури йогуртів, як термостатного способу виробництва, так і йогуртів з порушеним згустком (резервуарного способу). При цьому спостерігається зниження процесу синерезису й можливість отримання гладкої поверхні готового продукту. Використання трансглютамінази у виробництві кисломолочного сиру дозволяє отримати готовий продукт з великими щільними сирними зернами, які за консистенцією і зовнішнім виглядом нагадують сир кисломолочний домашнього приготування. Даний ефект досягається за рахунок «склеювання» сироваткових білків до казеїнових трансглютаміназою. Цю ж властивість трансглютамінази застосовують і у виробництві м'яких сирів, в тому числі й з молочної сироватки, що сприяє покращенню консистенції готового продукту та підвищення його виходу, навіть при низькому вмісті жиру.

Трансглютаміназа в борошняних виробках використовується для поліпшення аромату і підвищення виходу продукції, підвищення тягучості й еластичності тіста, сприяє прозорості оболонки у процесі випікати продуктів, а також збільшення терміну їх придатності. У процесі виробництва безглютенових хлібобулочних виробів ферментний препарат трансглютаміназа виконує такі важливі функції, як збільшення об'єму, поліпшення консистенції та збільшення терміну зберігання хліба. У макаронному виробництві цей фермент впливає на вологопоглинальну здатність тіста, призводить до «зшивання» білків і утворення сітчастої структури, яка, у свою чергу, змінює в'язко-пружні властивості тіста.

Проте, не зважаючи на таку широку застосовуваність трансглютамінази у харчових продуктах, на сьогоднішній час, до кінця залишається не вивченим вплив даного ферменту на організм споживача. Існують дані щодо можливого «зшивання» білків крові у організмі людини трансглютаміназою, яка не була дезактивована високотемпературним обробленням у технологічному процесі виготовлення харчових продуктів. Зважаючи на це, застосування цього ферментного препарату є дещо обмежене під час виробництва харчових продуктів у країнах Європейського Союзу та США. Згідно харчового законодавства США, виробник зобов'язаний на упаковці зазначити інформацію про використання трансглютамінази у складі продукту, якщо таке відбулося.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yokoyama K. // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2004. 64 (4): 447–54.
2. D'Alessandro A.G. // *Journal of Dairy Research*. 2021. 88(3): 351–356.

3. Ceren Akal H. // Mljekarstvo: journal for dairy production and processing improvement. 2023. 73(4).
4. Marhons S. // International Dairy Journal. 2023. 144: 105701.
5. Vasić K. // International Journal of Molecular Sciences. 2023. 24(15): 12402.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОЧАСТИНОК МІДІ В СУЧАСНІЙ ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Є.Р. Франчук

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна
здобувач вищої освіти, franchukye@gmail.com

Сьогодні нанотехнології стрімко розвиваються та знаходять своє застосування в фармації та медицині. Нанорозміри надають металам ряд переваг: зниження токсичності, полегшення проникнення в організм людини, збільшення активної площі поверхні, наявність нових властивостей.

Мідь – перехідний метал, який являється важливим мікроелементом, що стимулює ангиогенез та бере участь в обміні глюкози та ліпідів.

Наночастинки міді (НМ) потрапляють до клітини двома способами: через пори біомембран завдяки своїм розмірам або через іонні канали шляхом ендоцитозу завдяки властивості перехідних металів змінювати заряд.

Наночастинки міді – потенційний активний фармацевтичний інгредієнт (АФІ) для розробки антимікробних препаратів. Вони здатні викликати окисний стрес, проявляти прозапальні властивості, призводять до синтезу активних форм кисню (АФК), перехресного окиснення ліпідів, що входять до складу цитоплазматичної мембрани. НМ негативно впливають на білоксинтезуючу систему, викликають дисфункцію мітохондрій, пошкоджують ДНК бактерій (*S. aureus*, *B. subtilis*, *M. luteus*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* і *E. coli*). Ці частинки проявляють антивірусні властивості шляхом активації універсального транскрипційного фактору NF-κB (наприклад, ефективні проти грипу А свинячого походження). Деякі дослідники стверджують, що НМ більш ефективні, ніж наночастинки срібла та більш економічно виправдані.

Наночастинки міді проявляють антипаразитарні властивості проти гематофагічних личинок малярійного (*Anopheles subpictus Grassi*) та філяріозного вектора (*Culex quinquefasciatus*). Вони викликають цитотоксичний ефект до клітин U937, гістіоцитарної лімфоми, та HeLa, шийки матки, спричинюючи в більшості випадків апоптоз пухлинних клітин, чому передують руйнування ДНК, завдяки вивільненню синглетного кисню. Стимулюють експресію молекул, які компартменталізуються в екстрацелюлярному матриксі: металопротеїнази (наприклад, цинк-залежних ендопептидаз) матриксу у фібробластах, фібриногену, TGF, VEGF.

Наночастинки міді є антиоксидантами при нейтральних і лужних рН, наприклад, при гострій нирковій та печінковій нестачі, діабетичних виразках, нейродегенеративних захворюваннях; і навпаки, при низьких рН клітин пухлин мідь розмірами менше 5,5 нм здатна до прооксидантної активності.

Наночастинки діоксиду міді мають фунгіцидну дію проти *Candida albicans*, *Penicillium citrinum*, *Aspergillus flavus* та *Aspergillus niger*.

Наночастинки міді добре зарекомендували себе як drug delivery system, що особливо перспективно для фотонної наномедицини (з використанням ближнього інфрачервоного світла), каталітичної нанотерапії та тераностики.

В організмі людини є ефективна система виведення міді, але надмірні дози можуть викликати біоцидні наслідки. Na I. та Kennedy D.C., досліджуючи залежний від розмірів