

АЛТЕРНАТИВНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА КОНЗЕРВИСАЊЕ ПРОИЗВОДА БИЉНОГ ПОРИЈЕКЛА

ALTERNATIVE TECHNOLOGIES FOR PRESERVATION OF PRODUCTS OF VEGETABLE ORIGIN

Радослав ГРУЈИЋ^{1*}, Мирко ДОБРЊАЦ²

¹ ЈУ Висока медицинска школа Приједор, Република Српска, БиХ

² Машински факултет Универзитета у Бањој Луци, Република Српска, БиХ

<https://doi.org/10.24094/ptk.021.34.1.105>

Појам “идеална технологија конзервисања хране“ подразумева поступак који је ефикасан током инактивације патогених микроорганизама и микроорганизама узročника кварења, који помаже очување нутритивних и органолептичких својстава хране, иза којег не остају негативне последице у готовом производу, који је економски конкурентан и осигурава профитабилност прехрамбеној индустрији. За инактивацију микроорганизама који се преносе храном у прехрамбеној индустрији највише у употреби су поступци топлотне обраде. Међутим, загријавање производа узрокује губитак сензорних својстава (текстура, укус, мирис и боја) и нутритивног квалитета производа (смањење садржаја биолошки активних једињења). Због тога је интерес произвођача везан за примјену процеса који истовремено могу смањити микробиолошко оптерећење и задржати квалитет прехрамбених производа. Ови поступци су познати као алтернативне или благе технологије конзервисања хране. У овом поглављу је дат преглед савремених истраживања која се односе на развој и примјену нових технологија конзервисања током прераде сировина биљног поријекла. Поред тога, анализирани су могућности њихове примјене у будућности за комерцијалну употребу у индустријским условима.

Кључне ријечи: Технологија конзервисања, Алтернативне методе, Савремене методе

Concept “ideal technology of food preservation“ represents procedure which is efficient during inactivation of toxic microorganisms and microorganisms that cause bleeding, which helps to preserve nutritive and organoleptic food properties. There are not any negative consequences in the final product, which is economically competitive and ensures profitability for food processing industry.

For inactivation of microorganisms which are transmitted by food in food processing industry, mainly is used thermal treatment. However, heating of products causes the loss of sensory properties (texture, taste, smell and color) and nutrition quality of products (reduction of biology active compound content). As the interest of production companies is closely linked to implementation of process, by which simulatenously can be reduced microbiological ballast and preserve the quality of food products. These procedures are known as alternative or mild technologies for food preservation. In this chapter, there has been given the overview of contemporary studies, which are related to development and application of application of new preservation technologies during processing of vegetable origin raw materials.

Apart from that, there have been analyzed opportunities of their application in future for comercial use in industrial conditions.

Key words: Preservation technologies, Alternative methods, Contemporary methods

* Corresponding author, e-mail: grujic59@gmail.com

1 Увод

Поред захтјева у погледу квалитета производа (свјежина, високи садржај храњивих материја, антиоксиданса и слично) [1], у протеклих двадесет година 21. вијека присутан је нови тренд у потрошњи хране. Он се заснива на сензорној прихватљивости и задовољству током конзумирања хране, утицају хране на здравље, погодности и практичности, поузданости и одрживости, те примјени етичких принципа током производње, дистрибуције хране и конзумирања. Произвођачи прехранбених производа, који желе учешће на свјетском тржишту хране, морају осигурати усклађеност својих производа са наведеним захтјевима [2]. То је довело до озбиљних промијена оновних принципа конзервусања хране.

Ефикасност дјеловања сваке од технологија конзервусања зависи од параметара обраде, врсте и својстава хране, те почетног броја микроорганизама у храни која се конзервише [1]. Поступци стерилизације, односно пастеризације топлотом гарантују ефикасно смањење броја микроорганизама, али они узрокују значајан губитак термолабилних једињења и негативно утичу на сензорне, физичко-хемијске и нутритивне особине хране [3]. У циљу очувања функционалних и сензорних својстава хране, пожељно је да се поступци пастеризације и стерилизације код високих температура, замијене са благим поступцима обраде (технологије за обраду хране код које се храна не загријава изнад 40 °С). Последњих деценија у процесима конзервусања и прераде хране све више се истражују могућности примјене нетоплотних (нетермичких) поступака (на примјер, високи хидростатички притисак, пулсирајућа електрична поља, ултразвук, пулсирајућа свјетлост, ултраљубичаста свјетлост и хладна плазма и други) [4]. Проведена истраживања су показала да нетермални поступци ефикасно дјелују на инактивацију микроорганизама и ензима и позитивно дјелују на очување и/или побољшање квалитативних карактеристика прехранбених производа. Иако су прва истраживања у овој области проведена прије 100 година и раније, њихова практична примјена у прехранбеној индустријској је новијег датума.

Прехранбена индустрија има велики економски значај [5]. Производња и понуда хране у развијеним земљама је достигла врхунац и нека тржишта су постала засићена производима. Zouaghi and Sánchez [6] сматрају да способност предузећа за прихватање иновација позитивно дјелује на њихов развој и раст профита. Savino et al. [5] су анализирали велики број истраживања која се односе на мјерење спремности учесника у ланцу хране/исхране да прихвате иновације, на иницијативе за развој иновативне политике, стварање мреже за развој и прихватање иновативних рјешења у традиционалним и новим (алтернативним) системима за производњу хране, што укључује како нове производе, тако и нове технологије прераде и конзервусања хране. Нове технологије и иновативни прехранбени производи доприносе рјешавању питања везаних за недостатак хране у свијету, посебно у неразвијеним земљама, и рјешавање питања безбједности, квалитета, нутритивне вриједности, сензорних својстава и прихватљивости хране. У том смислу, проучавају се нове технологије које ће бити у стању да задовоље савремене трендове у производњи хране. Њихова практична примјена је важна не само за произвођаче хране, већ повољно дјелује и на произвођаче амбалаже, машина и опреме, и креаторе политике и друштво у цјелини [7].

У овом прегледу аутори желе да прикажу различите технологије које се користе током прераде и конзервусања хране, са посебним освртом на будуће правце у развоју и примјени нових поступака, који су ефикасни за инактивацију микроорганизама у храни, а минимално утичу на састав, нутритивни и сензорни квалитет производа. Наравно, топлотни процеси и даље ће остати технологије које ће бити највише кориштене у ову сврху. Неколико примјера комбинованог дјеловања више технологија биће приказано у овом прегледу.

2 Радиофреквентно (РФ) и микроталасно (МВ) загријавање

Радиофреквентно загријавање (РФ) и микроталасно загријавање (МТ) спадају у поступке диелектричног загријавања [8], који омогућавају брзо загријавања хране без директног контакта. Први покушаји примјене РФ током прераде сировина биљног поријекла били су код печења хљеба и сушења поврћа. Међутим, због високих трошкова комерцијална примјена ове

технологије је одложена је више деценија. У последњих двије деценије проведено је више истраживања у области кориштења радиофреквентног (РФ) загријавања током сушења производа биљног поријека (поврће, зачини, производи од кромпира, тјестенине и снек производи итд). РФ загријавање се користи у пекарској индустрији за уклањање воде из тијеста током процеса печења [9]. Третман хране помоћу РФ је показао добре резултате током инактивације микроорганизама: обрада уситњене црвене паприке (утицај на *E. coli O157:H7* и *S. enterica serovar Typhimurium*), обрада сока од јабуке (утицај на *E. Coli*), зеленог чаја (утицај на *E. coli*, *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*). Иако је РФ потенцијално обећавајућа технологија, за њену практичну примјену у преради хране, још увијек постоје озбиљна ограничења. На ефикасност РФ технике утичу састав производа (на примјер, садржај соли, температура, густина, садржај влаге), фреквенција примјењеног наизмјеничног поља и други фактори.

У процесима сушења, стерилизације, пастеризације, темперирања, одмрзавања или печења прехранбених производа извјесно вријеме се користи микроталасно загријавање (МТ). Практична примјена у прехранбеној индустрији је показала одређене предности МТ у односу на класичне технологије: вријеме топлотне обраде, безбједног руковања, равномјерност загријавања, једноставно одржавање и лакоћа руковања [10]. Конзервишуће дјеловање микроталаса огледа се у ефикасном уништењу микроорганизама и инактивацији ензима у различитим намирницама: сок од јабуке, млијeko од кокоса, сок од грожђа, слатки кромпир, вода и друго [11]. Сметњу за широку примјену МТ у преради воћа и поврћа представља њихов утицај на витамине и друге биолошки важне састојке у храни. Picouet et al. [12] су истраживали утицај МТ на различите параметре (садржај витамина С, садржај укупних фенола, боју, титратациону киселост и вискозитет) пиреа јабуке Granny Smith. Резултати су показали да је третман МТ у трајању од 35 секунди на 652 W (током накнадног складиштења 2 седмице/5°C), изазвао губитак витамина С у износу од 50%, док су вискозитет и титрациона киселост током складиштења остали непромијењени.

3 Обрада хране високим притиском

Притисци између 100 МПа и 900 МПа [1], када се примијене током обраде хране, могу дјеловати на физичка и сензорна својства производа. У неким случајевима, високи притисци имају наглашено бактериостатско дјеловање, због чега је дата препорука за кориштење ове технике у прехранбеној индустрији. Храна, која се обрађује, подвргава се дјеловању притиска различито вријеме (5-20 минута). Као медијум за стварање притиска користи се вода. Сва количина хране се обрађује истовремено и једнако, без обзира на њену величину и облик. Производ задржава свој првобитни облик. Примјена високог хидростатског (ХХП) утиче на смањење оштећења због дјеловања топлоте, краће вријеме обраде, задржавање свјежине, текстуре и боје, очување садржаја витамина С итд. Захтјеве потрошача, који се односе на свјежину и природна својства, бољи укус, продужени рока трајања, прехранбена индустрија може испунити примјеном технологије високог притиска (ХПП) [9, 13, 14]. Ова метода конзервисања се успјешно примјењује у цијелом свијету за израду различитих прехранбених производа: воћни сокови, намирнице из мора, месо, производи од воћа и поврћа, готова храна, салате и умаци, храна за кућне љубимце [13]. Осим примјене у прехранбеној индустрији, технологија високог притиска се може користити током прераде биолошких и фармацеутских производа.

У производњи хране користе се притисци у распону од 100 МПа до 900 МПа [1, 15]. Обрада хране траје 5-20 минута. Вода за пиће се користи као медијум за стварање притиска. До инхибиције микроорганизама помоћу ХХП долази због промјена у структури ћелијских мембрана и хемијских реакција које се дешавају на неким важним састојцима који се налазе у опни или цитоплазми.

Проведена су бројна истраживања о утицају високог притиска или комбинованог дјеловања високог притиска и повишене температуре на састојке у храни (на примјер, витамине, пигменте, ензиме). Утврђена је деградација витамина С помоћу екстремно високих притисака. За елиминацију патогених микроорганизама из хране потребно је примјенити екстремни при-

тисак, због чега примјена ове технологије није комерцијално прихватљива. Технолошка ограничења у примјени ХХП односе се на висока инвестициона улагања и трошкове режима рада у индустријским условима.

Обрада хране високим притиском се не може универзално примијенити на све врсте прехранбених производа, мада се на овај начин могу обрађивати и течни и чврсти производи. За обраду помоћу ХХП посебно су погодни прехранбени производи са повећаном киселошћу. Тренутно се технологија високог притиска користи у Европи, САД и Јапану, гдје је на тржишту доступна комерцијална опрема. ХХП се користи током обраде: воћних напитака, воћних сокова и концентрата [9]. Према наводима Misra et al. [16], ХХП се користи за израду производа од воћа и поврћа (сок јабуке, сок од нара, гел од *Aloe Vera*), алкохолних пића (пиво и вино) итд.

4 Пулсирајуће електрично поље

Технологија пулсирајућих електричних поља (ПЕФ) заснива се на дјеловању високонапонских импулса (15–80 kV/cm) у кратком времену (μs -ms) на прехранбене производе, који се крећу између двије електроде [17]. ПЕФ је не-термичка техника која се, захваљујући способности да инактивира микроорганизме, користи за продужење одрживости прехранбених производа. Технологија пулсирајућих електричних поља не утиче на промјену биолошког материјала што се може догодити током обраде хране помоћу топлоте, употребе хемијских конзерванаса и ензима. Различити облици хране се могу обрађивати кратким пулсевима (трајање од микро до милисекинде) електричног поља интензитета 20-40 kV/cm [15]. Santhirasegaram et al. [17] под ПЕФ подразумевају дјеловање високонапонских импулса (15–80 kV/cm) у кратком времену (изражено у μs -ms) на храну, која пролази између двије електроде.

Под дјеловањем пулсирајућег електричног поља долази до инактивације микроорганизама због формирање пукотина у ћелијским мембранама, настанак слободних радикала, који индукују оксидацију и промјене у ћелијској структури, нарушавања метаболизма, формирања топлотне енергије и загријавања током трансформације индуковане струје итд. Khan et al. [9] наводе низ испитивања о утицају ПЕФ на састав и сензорна својства вина. ПЕФ повољно дјелује на садржај фенолних једињења и антоцијана. Међутим, сензорна својства третираног вина зависе од улазних параметара ПЕФ-а.

У скорој будућности ће технологија пулсирајућих електричних поља постати једна од метода не-термичке обраде и конзервације хране, јер врло ефикасно дјелује на микроорганизме и ензиме, повољно утиче на продужење одрживости производа уз минималну промјену физичких и хемијских особина хране. Поред конзервације постоје и друге могућности примјене технологије пулсирајућих електричних поља високог интензитета (на примјер, повећање приноса воћних сокова због кидања ћелијских ткива и мембрана, третман воде, превенција биоонечишћења у води итд).

5 Зрачење хране

Јонизујуће зрачење се више деценија користи у процесима производње хране. Оно ефикасно дјелује на уклањање патогених микроорганизама са материјала и површина у контакту са храном.

Зрачење хране подразумева употребу радиоактивних изотопа или убрзаних електрона. Линеарни акцелератори производе убрзане електроне, који достижу брзину свјетлости. Као извори јонизујућег зрачења користе се рендгенски, γ - и β - таласи. Енергија јонизирајућег зрачења је довољна да атоме преводе у јонско стање. Настали јони реагују са другим молекулама и на тај начин утичу на формирање радикала кисеоника, радикала водоника, хидроксилних радикали и водоник пероксид. Настали радикали реагују са другим молекулама (на примјер, нуклеинским киселинама и осјетљивим састојцима у ћелији и доводе до поремећаја у њиховом функционисању [9]. Јонизујуће зрачење узрокује одређене промјене на молекулама ДНК и/или РНК, због чега долази до нарушавања уобичајених активности у ћелији. Убрзани електрони,

настали током јонизујућег зрачења хране, уништавају генетски материјал патогених микроорганизама и тако у ћелијама спречавају одвијање за микроорганизме животно важних реакција.

Конзервисање прехранбених производа помоћу јонизујућег зрачења одобрено је у више од 50 земаља у свету. Доза зрачења која се примјењује у конкретном случају зависи од врсте производа и извора зрачења. Прописи у појединим државама се значајно разликују. Свака држава има свој приступ за увођење, одобравање и начин регулисања употребе ове технологије у производњи хране. Иако се стручњаци међународних тијела слажу да је храна безбједна и здрава за потрошњу након зрачења дозама испод 10 kGy, толика доза зрачења хране није дозвољена за употребу ни у једној држави.

6 Хладна атмосферска плазма

Међу технологијама у настајању, технологија хладне плазме заузима значајно мјесто [4, 16]. Плазма је позната као четврто стање материје. Хладна плазма настаје током електричног пражњења у гасовима при атмосферском притиску (или у вакууму). Производња плазме се заснива на дјеловању електромагнетног поља на гас (обично O_2 или N_2), при чему настаје смјеса електрона, јона, неких атомских врста, ултравиолетних фотона и набијених честица, које реагују са супстратом хране, а ослобођену енергију преносе на циљане микроорганизме. Хладна плазма се налази на температури околине, због чега је позната и као не-термичка плазма. Захваљујући науци о плазми и брзом напретку инжењерства, развијене су технологије за формирање просторно униформне и добро контролисане хладне плазме код атмосферског притиска. То је омогућило контролирану примјену хладне плазме у прехранбеној индустрији. Могућност за генерисање плазме у ваздуху или модификованим гасовима додатно повећава атрактивност примјене технологије хладне плазме у прехранбеној индустрији.

Хемијски облици који се налазе у хладној плазми способни су да брзо и ефикасно инактивишу микроорганизме у њиховом природном окружењу. На тај начин хладна плазма је постала интересантна као нови поступак дезинфекције у прехранбеној индустрији. Последњих година хладна плазма је примијењена у медицини, пољопривреди и конзервисању и преради хране. Хладна плазма је погодна за третирање осјетљивих биолошких материјала, што укључује и храну. Ова метода је показала високу ефикасност у инактивацији патогених бактерија, бактерија изазивача кварења хране, спора патогених бактерија, квасца, плијесне, вируса и проне у прехранбеним производима. Врло ефикасно дјелује током инактивације различитих микроорганизама у боровницама, парадајзу, цвекли и соку од мркве [4, 18-20].

Увид у најновија истраживања [21] је показао различите могућности примјене хладне плазме у производњи хране: инактивација микроорганизама у прехранбеним производима и материјалима за паковање, модификовање материјала за паковање хране, измјена хидрофобности површине и структуралних карактеристика хране, инактивација ензима у храни, разградња остатака пестицида присутних на свјежим производима и убрзање клијавости зрна. Утицај хладне плазме на храну и амбалажу у којој се храна пакује, може се објаснити дјеловањем реактивних облика кисеоника и азота, који настају у плазми.

Технички услови обраде хране хладном плазмом односе се на параметре електричног поља, довода гаса (притисак, тип, проток, фреквенција), вријеме експозиције и околни медијум. У последње вријеме истражује се комбиновано дјеловање хладне плазме и биљних екстраката или етеричних уља са антимикуробним дјеловањем. Постоји неколико случајева који указују на могућност индуковања хладне плазме унутар затворених пластичних паковања различитих прехранбених производа (спанаћ, јагоде, чери парадајз).

Примјена не-термичког поступка какав је хладна плазма, пружа могућност за осигурање безбједности чврсте и течне хране код собне температуре. Имајући у виду да се процеси засновани на хладној плазми одвијају у гасној фази, примјеном овог поступка добијено је додатно повећање одрживости хране због смањеног садржаја воде. Коначно, трошкови процеса третирања са плазмом зависе од многих фактора, а највише од цијене радног гаса. Ако се користе ваздух или модификовани атмосферски гасови (МАП), процес је јефтини у односу на примјену плазме племенитих гасова као што су хелијум или аргон [16].

7 Закључак

Као одговор на све чешће захтјеве потрошача везаних за свјежину и природни састав хране, истраживачи, прехранбена и пратеће индустрије су ујединили снаге у правцу унапређења класичних (конвенционалних) технологија и развоју и примјени нових технологија (тзв. алтернативних или благих технологија). Концепт “нових технологија” односи се на технологије које се већ налазе у употреби, и на могућност развоја потпуно нових или комбинованих апликација тих технологија. На примјер, ултразвук, електрични импулси или високи притисци су познати од раније и на различите начине се користе у прехранбеној индустрији, међутим постоји могућност да се њихова примјена прошири кроз развој нових апликација (на примјер, контролисање ензимских и биохемијских реакција биљака и микроорганизама, стимулисање ферментационих процеса, развој нових производа и паковања, смањење загађења, итд). Нове технологије конзервисања и обраде хране у прехранбеној индустрији обећавају производњу хране која је безбједна и има висок квалитет.

8 Литература

- [1] **Morales-de la Pena M, Welti-Chanes J and Martin-Belloso O** (2019) Novel technologies to improve food safety and quality. *Current Opinion in Food Science* 30: 1–7
- [2] **Radovanović R i Grujić R** (2016) Bezbednost hrane - novi zahtevi regulative, novi izazovi za proizvođače. *Kvalitet i izvrsnost V* (9-10): 35-39
- [3] **Roobab U, Aadil RM, Madni GM, Bekhit AE** (2018) The impact of nonthermal technologies on the microbiological quality of juices: a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 17: 437-457
- [4] **Barba FJ, Sant Ana AS, Orlie V, Koumba M** (Eds) (2018) *Innovative Technologies for Food Preservation*. Academic Press
- [5] **Savinoa T, Testa S, Petruzzellia AM** (2018) Researcher understanding of food innovations in Nordic and Southern European countries: A systematic literature review. *Trends in Food Science and Technology* 77: 54–63
- [6] **Zouaghi F and Sánchez M** (2016) Has the global financial crisis had different effects on innovation performance in the agri-food sector by comparison to the rest of the economy? *Trends in Food Science and Technology* 50: 230–242
- [7] **Pilone V, De Lucia C, Del Nobile MA and Contò F** (2015) Policy developments of consumer's acceptance of traditional products innovation: The case of environmental sustainability and shelf life extension of a PGI Italian cheese. *Trends in Food Science and Technology* 41(1): 83–94
- [8] **Piyasena P, Dussault C, Koutchma T, Ramaswamy H and Awuah G** (2003) Radio frequency heating of foods: Principles, applications and related propertiesda review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 43(6): 587-606
- [9] **Khan I, Tango CN, Miskeen S, Lee BH, Oh D-H** (2017) Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety - A review. *Food Control* 73: 1426-1444
- [10] **Chandrasekaran S, Ramanathan S and Basak T** (2013) Microwave food processingda review. *Food Research International* 52(1): 243-261
- [11] **Salazar-Gonzalez C, San Martín-Gonzalez MF, Lopez-Malo A and Sosa-Morales ME** (2012) Recent studies related to microwave processing of fluid foods. *Food and Bioprocess Technology* 5(1): 31-46
- [12] **Picouet PA, Landl A, Abadias M, Castellari M and Vinas I** (2009) Minimal processing of a Granny Smith apple puree by microwave heating. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10(4): 545-550
- [13] **Alpas H** (2016) Industrial use of high hydrostatic pressure in food industry: realities for food safety. 3rd European Food Safety & Standards Conference, Valensiya, Espanya, 25 - 26 October 2016
- [14] **Grujić R** (2003) Savremene tehnologije i bezbjednost namirnica. *Hemijska Industrija* 57(10): 449-455
- [15] **Fons-Sole E, Grujić R, Vučić G, Škipina B, Mirjanić D** (2004) Savremene tehnologije i bezbjednost namirnica, Tehnološki fakultet Banja Luka, Universitat de Lleida

- [16] **Misra NN, Koubaa M, Roohinejad S, Juliano P, Alpas H, Inácio RS, Saraiva JA, Barbah FJ** (2017) Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International* 97: 318–339
- [17] **Santhirasegaram V, Razali Z, Somasundram C** (2016) Safety improvement of fruit juices by novel thermal and nonthermal processing. In: *Food Hygiene and Toxicology in Ready-to-Eat Foods* (Editor Kotzekidou P). Academic Press: 209-223
- [18] **Vujadinović D, Odžaković B, Grujić R, Perić M and Pavlović M** (2014) Influence of heat treatment process on the acceptability of pasteurized beetroot. *Quality of life* 5 (1-2): 39-45
- [19] **Vukić M, Vujadinović D, Gojković V and Grujić R** (2016) Influence of Cold Plasma Treatment on Textural and Color Characteristics of Two Tomato Varieties, *Quality of Life* 13(1-2): 12-16
- [20] **Vukić M, Vujadinović D, Ivanović M, Gojković V and Grujić R** (2017) Color change of orange and carrot juice blend treated by non-thermal atmospheric plasma. *Journal of Food Processing and Preservation* e13525; doi.org/10.1111/jfpp.13525
- [21] **Misra NN, Schlüter OK and Cullen PJ** (2016) *Cold plasma in food and agriculture: Fundamentals and applications*. Elsevier Science, San Diego

