



НАУЧЕН ОБЗОР

Кои са основните предизвикателства пред безопасността на храните за алтернативни продукти на растителна основа и как да се справим с тях?



Изображение, генерирано с изкуствен интелект (AI)

Резюме

През последните години храните на растителна основа се развиват бързо, благодарение на увеличената загриженост за околната среда, човешкото здраве, религиозните вярвания и етиката, както и на хуманното отношение към животните. Въпреки това е необходимо да се обърне повече внимание на безопасността на тези храни, освен на техния състав и хранителна стойност. Те могат да бъдат замърсени от много рискови фактори от самата растителна суровина до обработката и съхранението на крайните продукти. Тези рискови фактори могат да причинят сериозна вреда на човешкото здраве, след като бъдат погълнати от хората, като по този начин влияят върху безопасната консумация на храни на растителна основа. Поради това е от голямо значение да се разберат потенциалните рискови фактори в храните на растителна основа и да се разработят свързани качествени и количествени методи за откриване с висока чувствителност и точност, което е благоприятно за насочване на оптимизирането на условията на обработка и процесите на храни на растителна основа, защитавайки здравето на потребителите, насърчаване на установяването на подходящи стандарти и осигуряване на здравословно развитие на хранителната промишленост на растителна основа.

СЪДЪРЖАНИЕ:

1. Въведение.....	3
2. Потенциални рискови фактори в храните на растителна основа и методи за тяхното откриване.....	4
2.1 Микотоксини.....	4
2.2 Остатъци от пестициди.....	5
2.3 Тежки метали.....	6
2.4 Алергени.....	7
2.5 Фитоестрогени.....	7
2.6 Кръстосано замърсяване.....	7
2.7 Патогенни микроорганизми.....	7
2.8 Физични опасности.....	8
2.9 Антихранителни фактори.....	8
3. Технологии за откриване на потенциално рисковите фактори.....	9
3.1. Ензимно свързан имуносорбентен анализ (ELISA).....	9
3.2. Бързо откритие на микотоксини.....	9
3.3 Хроматография.....	10
3.4 Полимеразна верижна реакция.....	10
3.5 Изотермично усилване.....	10
3.6 Микрофлуидна технология.....	11
3.7 Сензорни технологии.....	11
4. Видове храни на растителна основа.....	11
4.1. Безопасност и хранителни рискове, свързани с алтернативи на месото на растителна основа.....	13
4.2. Растителни заместители на мляко и млечни продукти.....	16
4.3 Растителни алтернативи на яйцата.....	20
4.4. Безопасност на растителни алтернативи на риба и рибни продукти.....	20
4.5. Микроводорасли.....	21
5. Процеси за обработка на храни, за контролиране на потенциалните рискови фактори.....	22
5.1. Термични методи за обработка на храните във връзка с намаляването на рисковите фактори.....	22
5.1.1 Микровълново лъчение.....	22
5.1.2 Омично нагряване.....	23
5.1.3 Парна експлозия.....	23
5.2. Нетермична обработка на храните.....	23
5.2.1 Обработка чрез високо хидростатично налягане.....	23
5.2.2 Обработка с ултразвук.....	24
5.2.3 Студена плазма.....	24
6. Заключение.....	24

1. Въведение

Храните на растителна основа, които използват суровини от растителен произход като източници на протеини, стават все по-популярни поради своите сходства с храните от животински произход по отношение на текстура, вкус и форма. С нарастващото внимание към екологичните, здравословни и етични въпроси, тези продукти предлагат алтернатива на традиционните животински храни. Растителните храни се възприемат като по-здравословни, по-устойчиви и по-малко вредни за околната среда, като същевременно намаляват етичните проблеми, свързани с отглеждането и клането на животни. Това ги прави привлекателни както за потребителите, така и за хранителната индустрия.

Пазарните дялове на аналозите на растително месо се очаква да достигнат 30,9 милиарда долара до 2026 г. и 85 милиарда долара до 2030 г. Очаква се световният пазар на растителни млечни аналози, който понастоящем се оценява на 12,1 милиарда долара, да достигне 29,5 милиарда долара до 2031 г.

Храните на растителна основа обикновено се класифицират като плодове, зеленчуци, бобови растения, зърнени храни, ядки и семена; техни производни преработени храни като хляб, тестени изделия, зърнени закуски, варени и ферментирани зеленчуци и бобови растения и плодови пюрета, сокове и конфитюри; и техни производни съставки, като масла, захари и някои билки и подправки, получени от маслодайни семена. Това, което ги отличава от животинските храни, е, че фибрите им са съставени от несмилаеми съединения, главно целулоза, хемицелулоза, пектини и/или устойчиво нишесте. Сред зърнените продукти, бобовите, зърнените/псевдозърнените култури и ядките/семената се характеризират съответно с високо съдържание на въглехидрати, протеини и липиди.

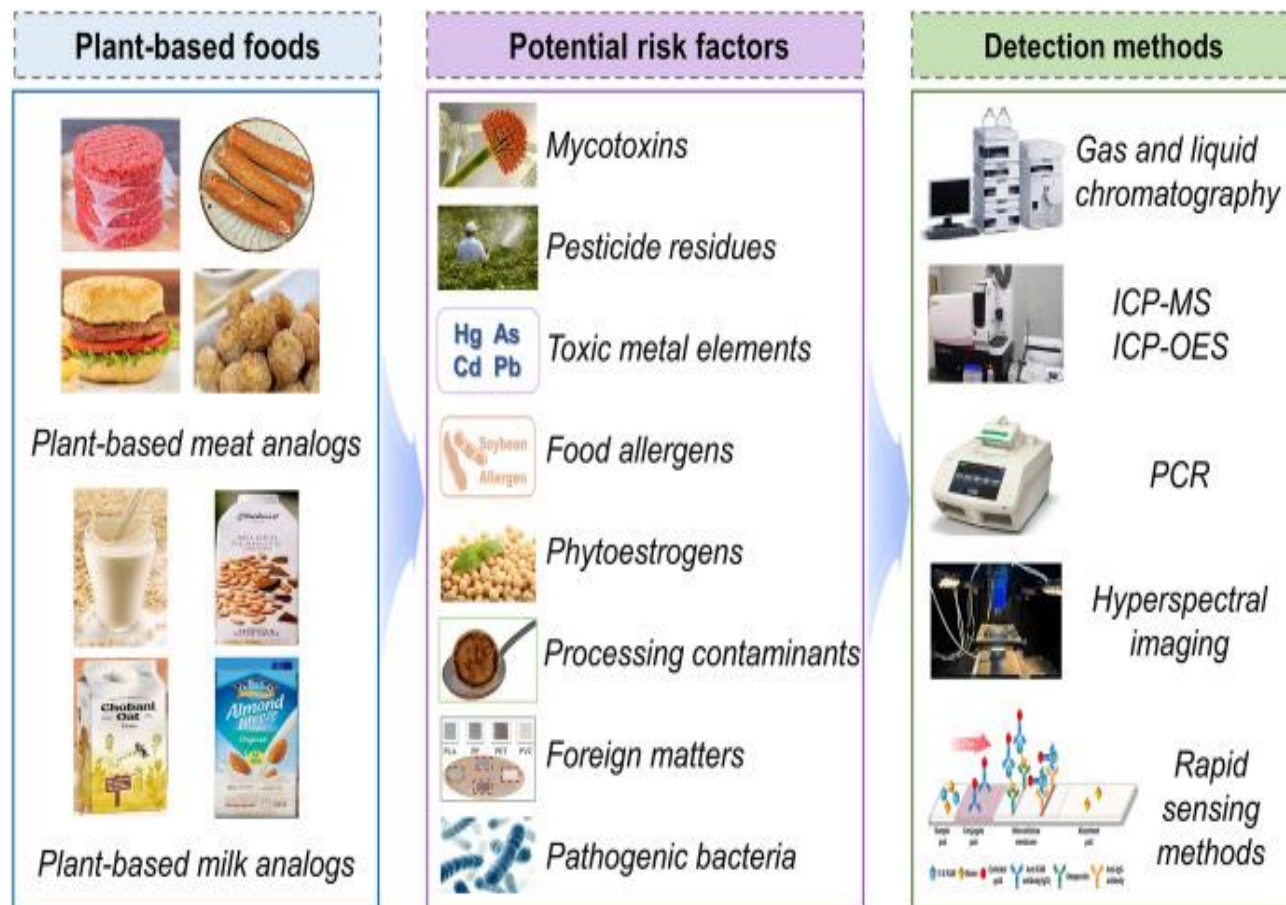
Храните на растителна основа могат да се консумират сурови, но най-често преминават през различни степени на обработка, за да станат по-безопасни, по-вкусни и по-лесни за консумация. Обработката може да бъде минимална, като на кисване на бобови култури, или интензивна, като екструзия на зърнени брашна. Тя често включва и добавяне на мазнини или други съставки и може да повлияе на крайния хранителен състав на продукта.

Изследванията върху храните на растителна основа в момента са основно насочени към процесите на обработка и хранителни характеристики, като в частност се изследва как по-добре да се имитират текстурата, вкусът и външният вид на месото от животински произход в растителните аналози. Въпреки напредъка в тези области, безопасността на храните на растителна основа става все по-важен въпрос, особено с нарастващото им потребление през последните години.

Особено важно е да се обърне внимание на веществата, които не трябва да присъстват в храните или които не трябва да надвишават определени безопасни нива, тъй като те са критични за здравето на потребителите. Храните на растителна основа могат да бъдат замърсени от различни рискови фактори, които могат да възникнат по време на отглеждането на растителната суровина, нейното обработване и съхранение. Такива замърсители могат да се окажат опасни за здравето на хората, като водят до сериозни здравословни проблеми, ако бъдат погълнати [1].

2. Потенциални рискови фактори в храните на растителна основа и методи за тяхното откриване

Потенциалните рискови фактори в храните на растителна основа включват главно микотоксини, остатъци от пестициди, токсични метални елементи, алергени, фитоестрогени, замърсители от обработката, физически чужди тела и патогенни бактерии, които са различни от тези в храните на животинска основа и тези рискови фактори са потвърдени в множество литературни източници [1].



Фигура1. Храни на растителна основа, потенциални рискове и методи за тяхното откриване [1]

2.1 Микотоксини

Бобовите растения като соя, нахут и грах могат да бъдат замърсени с естествени токсини, включително микотоксини. **Микотоксините** са вторични метаболити, произвеждани от гъби от родовете *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Alternaria*. Те предизвикват редица токсични ефекти като цитотоксичност, генотоксичност, имуномодулация и дори канцерогенност. Честата им поява в основни култури като царевица, соя и фъстъци ги прави сериозна заплаха за общественото здраве. Според изследвания вегани и вегетарианци са изложени на по-високи дози от някои микотоксини, като охратоксин А и токсини от *Alternaria*, поради по-големия прием на растителни храни. Сред най-често регулираните микотоксини са афлатоксини, охратоксин А, фумонизини, деоксиниваленол и зеараленон. Научните данни показват, че съществуват над 400 идентифицирани микотоксини, като някои от тях са слабо проучени [2].

Други микотоксини, често наричани „нововъзникващи“, са открити в бобови растения и зърнени култури, като ениатини (EN), боверицин (BEA) и монилиформин (MON), както и тези, произвеждани от *Alternaria* spp. Поради нарастващото значение на тези токсини е необходимо повишено внимание при контрола на качеството и безопасността на растителните храни.

Освен микотоксините, **растителните алкалоиди** са друга група природни токсини, синтезирани в растенията като вторични метаболити. Те притежават различни фармакологични действия, които могат да бъдат както полезни, така и токсични при неконтролирано излагане. Токсикологичната значимост на растителните алкалоиди се проявява особено в пирилизидиновите, тропан и β -карболиновите алкалоиди, които могат да бъдат опасни при продължително излагане чрез храната. Някои алкалоиди, като хинолизидиновите алкалоиди в лупините¹, се срещат естествено в бобовите растения, докато други растителни токсини могат да се открият в семената и варивата след кръстосано замърсяване при прибиране на реколтата или по производствената верига [3].

Неотдавнашно проучване разкрива, че замърсяването с микотоксини засяга 60% – 80% от световното производство на култури [4]. Неправилното съхранение, транспортиране и обработка могат да прехвърлят микотоксини от суровините в преработените храни, което води до замърсяване на храните и заболявания, предавани чрез храната.

Регламент (ЕС) 2023/915² определя максимално допустимо количество (g/kg) на растителни токсини в определени храни. В чл. 2 на регламента „Общи правила“ е посочено, че храните, изброени в приложение I, не се пускат на пазара и не се използват като суровина в храни или като съставка в храни, когато съдържат **замърсител** (микотоксини, растителни токсини и тежки метали) в количество, което надвишава максимално допустимото количество, определено в приложението. Друг важен принцип, е че храни, които отговарят на изискванията за максимално допустимите количества, не се смесват с храни, при които тези максимално допустими количества са надвишени.

Анализът на данните, получени от Системата за бързо предупреждение за храни и фуражи (RASFF) относно категорията опасност „Съдържание на микотоксини“ за 2024 г., показва, че 12% от всички постъпили нотификации за опасни храни са свързани със съдържание на микотоксини. В рамките на категорията „храни“, най-много са подадените сигнали за „ядки, продукти от ядки и семена“ – 348 бр.; „плодове и зеленчуци“ – 195 бр. и „зърнени храни и печива“ – 59 бр.;

2.2 Остатъци от пестициди:

Пестицидите са химични съединения или смеси от съединения, които се използват за борба с всякакъв вид селскостопански вредители, както и в общественото здравеопазване – за контрол на инсекти и гризачи. Остатъците от пестициди са всички химични съединения, които остават в или върху хранителния продукт след третирането с пестицид. Тези остатъци могат

¹ Род покритосеменни растения от семейство Бобови.

² Регламент (ЕС) 2023/915 на Комисията от 25 април 2023 година относно максимално допустимите количества на някои замърсители в храните и за отмяна на Регламент (ЕО) № 1881/2006 (ОВ L 119, 05/05/2023, р. 103–157)

да предизвикат **остра токсичност**, когато човек бъде изложен на висока доза пестицид за кратък период от време. **Хроничната токсичност** се развива при дългосрочно излагане на ниски дози пестициди и може да доведе до сериозни здравословни проблеми като рак, увреждания на нервната система, хормонални нарушения и репродуктивни проблеми.

Общият брой получени нотификации от системата RASFF през 2024 г., касаещи пестицидни остатъци в храните, е 1007 броя. Най-многобройни са нотификациите, касаещи замърсяване в категория „плодове и зеленчуци“, следвани от тези за „билки и подправки“, „зърнени храни и печива“, „какао, какаови продукти, кафе и чай“, „ядки, продукти съдържащи ядки и семена“.

Европейското законодателство регламентира максималните допустими нива на остатъчни вещества от пестициди (MRL) в храните с цел защита на здравето на хората. Тези норми гарантират, че съдържанието на пестициди в храните е безопасно за потребителите, като вземат предвид както острата, така и хроничната токсичност. Контролът на остатъците от пестициди е задължителен и се извършва от компетентните органи по цялата хранителна верига – от етапа на отглеждане на растенията до тяхната преработка и дистрибуция на пазара.

2.3 Тежки метали

Тежките метали са химични елементи с високо атомно тегло. Замърсяването на околната среда с тежки метали и техния трансфер в хранителната верига са сериозни рискови фактори за здравето на човека. Консумацията на замърсени храни и напитки е основният начин, чрез който тежките метали попадат и водят до неблагоприятни ефекти в организма. Отравянията с тежки метали както остри, така и хронични, са изключително опасни, тъй като в много случаи възстановяването на нормалните функции на организма е невъзможно.

През последните десетилетия има нарастващо включване на различни следи от метали и металоиди като талий, телур и редкоземни елементи.

- **Редкоземните елементи** включват 17 елемента като лантаниди (Ce, La, Pr, Nd и други), скандий (Sc) и итрий (Y). Излагането на организма на тези елементи може да доведе до оксидативен стрес и увреждания на органите, включително намаляване на телесното тегло, промени в хистопатологията и влияние върху паметта и обучението. Редкоземните елементи вече са открити в годни за консумация храни на растителна основа като пресни гъби, зеленчуци (листни, плодоносни, бобови растения, корени, зеле и луковици) и зърнени култури (царевица, ориз и **пшенично брашно**).

- **Талият (Tl)** е елемент, принадлежащ към същото семейство като алуминий, галий и индий. Използван е като пестицид за гризачи и насекоми. Талият се абсорбира през стомашно-чревния и дихателния тракт и се натрупва в органи като костите, черния дроб, сърцето и бъбреците. Токсичността му се обяснява с неговата способност да замества калия и да нарушава ензимните функции, както и да инхибира митохондриалната функция. Талият е открит в различни храни като зърнени култури, зеленчуци (зеле, маруля, картофи) и бобови растения.

- **Телурът (Te)** е металоид, използван в различни индустрии. Той се натрупва в бъбреците, черния дроб, костите, мозъка и тестисите. Растенията, които абсорбират селен, могат също да

натрупват телур, което увеличава риска от експозиция при консумация на замърсени храни. Телурният хлорид се натрупва в мозъчни клетки, наречени астроцити, причинявайки цитотоксичност. Телурът е открит в citrusови плодове, зърнени култури, зеленчуци, бобови растения и картофи. [5]

В Регламент (ЕС) 2023/915 на Комисията е определено максимално допустимо количество (МДК) в mg/kg в различни категории храни в т.ч. и храни на растителна основа за следните видове тежки метали: олово, кадмий, живак, арсен и калай (неорганичен).

2.4 Алергени

Хранителните алергии, които се предизвикват от алергени като соя, грах, пшеница и фъстъци, са нарастващ здравен проблем. Най-често срещаните алергени включват соевия протеин Gly m 5, който е основен алерген в соята, и различни алергени в пшеницата и фъстъците като Ara h 1, Ara h 2/6 и Ara h 3. Въпреки че повечето алергични реакции са свързани с тези основни алергени, има и крос-реактивни протеини, които увеличават риска от алергии. Спирулина и хлорела, основни съставки в храните на микроводорасли, също могат да предизвикат тежки алергични реакции. Изследванията показват, че процеси като ферментация или пастьоризация могат да намалят нивото на алергените, но не ги премахват напълно [4].

2.5 Фитоестрогени

Фитоестрогените се дефинират като нестероидни съединения с растителен произход, структурно подобни на ендогенния 17 β естрадиол. Това сходство в структурата, особено присъствието на фенолен пръстен, позволява на фитоестрогените да се свързват с естрогеновите рецептори в клетките на човешкото тяло. В зависимост от конкретния тип клетки и състоянието на организма, фитоестрогените могат да проявяват естрогеноподобно или антиестрогенно действие. Тези съединения се срещат в някои растения, като соя и лен, и могат да влияят на хормоналния баланс, особено при хора със специфични здравословни състояния или предразположеност [4].

2.6 Кръстосано замърсяване

По време на производствения процес различни химични вещества, като различни разтворители, добавки или дори замърсители от технологично оборудване, могат да попаднат в храните на растителна основа. Те могат да бъдат токсични и да нарушат качеството и безопасността на крайния продукт.

2.7 Патогенни микроорганизми

Инцидентите с хранително отравяне често се дължат на патогенни бактерии като *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* и *Norovirus*. Въпреки че храните на растителна основа преминават през стерилизация за осигуряване на микробиологична безопасност, възможността за кръстосано замърсяване след обработка и оцеляване на спори от микроорганизми остава. Изследванията показват, че патогенни бактерии могат да оцелеят и дори

да се размножават в растителни аналози на месо. Например, при съхранение на грахови аналози на месо при 4°C за 7 дни, популацията на *Listeria monocytogenes* се увеличава. В друго проучване на растителни аналози на мляко от кокос, бадеми и кашу се установява, че *Listeria monocytogenes* се размножава по-бързо при температури от 8°C и 20°C, докато *Salmonella* расте по-бързо при 20°C, отколкото в кравето мляко. Приложени различни температури за съхранение на растителни бургери показват различия в съдържанието на патогенни бактерии. Микроводораслите обаче проявяват висока антимикробна активност срещу патогенни и развалящи се микроорганизми, което ги прави подходящи за предотвратяване на замърсявания в храните. Бактерии, гъбни пагогени и вируси, които могат да се развиват в растителни храни поради неправилно съхранение или обработка, представляват сериозен риск за безопасността на храната. Те могат да причинят хранителни отравяния и други заболявания при хората, ако продуктите не бъдат правилно третирани или съхранявани [4].

С Регламент (ЕО) №2073/2005³ на Комисията са определени микробиологичните критерии в храните, които трябва да спазват производителите и търговците на храни, а компетентните органи на държавите членки проверяват спазването на правилата и критериите с цел защита здравето на потребителите.

2.8 Физични опасности

Физичните опасности в храните включват всякакви чужди вещества или материали, които не са част от състава на храната, но могат да попаднат в нея по време на обработката, съхранението или опаковането. Такива опасности обикновено включват частици от метал, стъкло, пластмаса, дърво или други твърди материали, които могат да причинят механични увреждания на потребителя при консумация. Те представляват сериозен риск за здравето, тъй като могат да доведат до наранявания на устната кухина, зъбите, гърлото или храносмилателната система. Физичните замърсители могат да бъдат трудно откриваеми, което прави тяхното предотвратяване и контрол изключително важни за безопасността на храните. Контролът се осъществява чрез редовни инспекции и използване на сита, филтри и метални детектори, които откриват чужди частици в продуктите. В допълнение, при производствени процеси се прилагат строги стандарти за хигиена и безопасност, които минимизират риска от замърсяване [4].

2.9 Антихранителни фактори

Антихранителни фактори (ANF), които се срещат основно в зърнени храни и бобови растения, могат да затруднят храносмилането и усвояването на растителни протеини, като намаляват биодостъпността на хранителните вещества. Основни ANF включват фитинова киселина (РА), лектини⁴ и инхибитори на протеази. Фитиновата киселина може да се свързва с протеини, нишесте и минерали като цинк, калций и желязо, което влияе на тяхната разтворимост и усвояване. Лектините в активна форма могат да предизвикат отрицателни

³ Регламент (ЕО) № 2073/2005 на Комисията от 15 ноември 2005 година относно микробиологични критерии за храните OJ L 338, 22/12/2005г., стр. 1—26

⁴ Белтъчини, свързващи въглехидратите, които се срещат в бобовите растения, домати, някои млечни продукти и други

реакции като гадене и повръщане, а инхибиторите на протеази възпрепятстват ензимната активност и приемането на аминокиселини [4].

Рисковите фактори в храните на растителна основа могат да възникнат на различни етапи от производствения процес, като започват от обработката на суровините до съхранението и транспортирането на готовия продукт. В резултат на това е необходим ефективен контрол на качеството и мониторинг на целия производствен процес, за да се гарантира, че продуктите на растителна основа не представляват риск за здравето на потребителите.

С цел подпомагане на процеса на вземане на решения относно хранителните навици и осигуряване на общественото здраве, **Европейската агенция за безопасност на храните (EFSA/ЕОБХ) е разработила нов инструмент за оценка на риска и ползата (RBA) [3].** Този инструмент е насочен към създаването на научно обосновани насоки за хранене и нови политики за обществено здраве. RBA предоставя данни, които помагат да се минимизира рискът от неблагоприятни ефекти върху здравето, като същевременно се увеличават ползите от храните, подчертавайки важността на балансирания подход. Освен това инструментът оценява както положителните, така и неблагоприятните ефекти на различни съединения и замърсители върху човешкото здраве.

3. Технологии за откриване на потенциално рисковите фактори

3.1 Ензимно-свързан имуносорбентен анализ (ELISA)

В своя публикация учени от Югоизточен университет, Нанкин, Китай [4] отбелязват, че технологиите за откриване на рискови фактори в новите храни, които могат да окажат неблагоприятно влияние върху човешкото здраве, играят важна роля за гарантиране на безопасността на храните. В момента съществуват различни методи, като тези, базирани на протеини и Дезоксирибонуклеиновата киселина (ДНК), които се използват за откритие на рискови фактори в традиционни храни, но този преглед се концентрира върху иновативните храни. Важно е да се развият надеждни технологии, които да помогнат за установяването на безопасни и ефективни стандарти за тези храни.

Една от най-разпространените технологии за откритие е ELISA, която е проста, евтина и с висока чувствителност. Тя открива рисковите фактори в храните чрез взаимодействие между антигени и антитела. Технологията предлага различни формати, които я правят гъвкава за различни изследвания. Комерсиално налични ELISA комплекти са създадени за тестиране на алергени като соя и фъстъци и се търсят нови подобрения, които да откриват повече от един рисков фактор едновременно. Пример за напредък в ELISA е създаденият сандвич ELISA метод, който позволява откритие на множество алергени от соя с висока точност и прецизност. Технологията предлага ефективно откритие на ниски нива на алергени, което е критично за безопасността на храните на растителна основа.

3.2 Бързо откриване на микотоксини

Бързото откриване на микотоксини е от голямо значение за безопасността на храните, тъй като тези вредни вещества могат да имат сериозни здравословни последици. Изследванията

показват напредък в откритията на микотоксини чрез ензимни имуноанализи, като например методите, използвани за определяне на афлатоксин В1 (AFB1) и други микотоксини в растителни млечни алтернативи и фъстъци. Един от новите методи за количествено откритие на AFB1 използва ELISA и предлага висока точност и надеждност, откривайки много малки количества микотоксини. Въпреки ефективността на ELISA, методът има някои ограничения, като дълго време за обработка и възможност за фалшиви положителни резултати. Изследванията работят за интегрирането на нови технологии с ELISA, за да се повиши ефективността и надеждността при откритие на микотоксини, като осигурят по-добра безопасност на храните [4].

3.3 Хроматография

Хроматографските техники, като газова хроматография (GC) и течна хроматография (HPLC), играят ключова роля в откритията и количественото определяне на замърсители в растителни храни, включително пестициди, токсични метали и микотоксини. Газовата хроматография е подходяща за анализ на летливи вещества, докато течната хроматография се използва както за микотоксини и пестициди, така и за алергени. Нов метод за количествено определяне на микотоксини в растителни напитки комбинира течната хроматография с маспектрометрия. Въпреки че технологията е ефективна, тя е скъпа и изисква усъвършенстване за по-широко приложение [4].

3.4 Полимеразна верижна реакция (PCR):

Полимеразната верижна реакция е ефективен метод за откриване на патогенни микроорганизми, алергени и микотоксини в растителни храни. Технологията позволява бързо и точно идентифициране на малки количества патогени чрез усилване на специфични генетични последователности. Пример за приложение е откритието на алергена Ara h 6 във фъстъци и на салмонела в месни аналози. Въпреки това точността на PCR може да бъде повлияна от фактори като избор на ДНК фрагменти и температурни условия, което понякога води до фалшиво отрицателни резултати. Правилният подбор на реактиви и оборудване е важен за увеличаване на точността [4].

3.5 Изотермично усилване

Изотермичното усилване е метод, при който реакцията протича при постоянна температура. Тази технология предлага редица предимства, като висока чувствителност при анализа, бързо откритие и по-голяма устойчивост на инхибитори в сравнение с традиционния PCR. Поради по-ниските изисквания за енергия, по-бързото време за реакция и липсата на необходимост от специализирано и скъпо оборудване, изотермичното усилване е особено подходящо за откритие в реално време и на място. Учени са разработили LAMP метод (Loop-mediated Isothermal Amplification) за откритие на алергени в фъстъци и бадеми, който е ефективен и не дава фалшиви резултати. Други изследвания комбинират LAMP с наноматериали за откриване на алергени в храни като фъстъци и соя, като тези методи са бързи, чувствителни и надеждни [4].

3.6 Микрофлуидна технология

Микрофлуидната технология се отнася до използването на малки канали и структури с много малки размери (микроскопични), които позволяват прецизно управление и манипулиране на течности на ниво микро- или нанолитри. Това позволява провеждането на химични реакции, анализи и експерименти върху много малки количества течности. Основните материали, използвани за микрофлуидни чипове, включват силиций, органични полимери, стъкло и хартия. Хартията, например, е евтина, лесна за обработка и има отлична биосъвместимост. Въз основа на тези качества са създадени микрофлуидни хартиени аналитични устройства (μ -PADs), които позволяват бързо откриване на алергени, токсични химикали и други вредни вещества в храните. Един пример е преносимото μ -PAD устройство, интегрирано с нанокмозити от черен фосфор и златни наночастици, което се използва за откриване на алергена Ara h 1 от фъстъци. Тези устройства показват висока специфичност и стабилност, като осигуряват резултати за по-малко от 20 минути и имат ниски граници на откриване [4].

3.7 Сензорни технологии:

Сензорните технологии, като електронни носове и вкусови сензори (електронен език), представляват иновативни методи за мониторинг на качеството на храните чрез измерване на специфични химични сигнали. Електронните носове използват набор от химични сензори за откриване на летливи органични съединения, които могат да се отделят при процеси на гниене или наличието на патогени в храните. От своя страна, електронните езици имитират човешкия вкус, като идентифицират молекули, които влияят на вкусовите качества на храната, и могат да открият токсини или химични замърсители. Тези технологии осигуряват бързи и точни резултати, които могат да се използват в реално време, което е изключително полезно за бързото реагиране в процеси на производство или транспорт на храни. Сензорните устройства са неинвазивни и не изискват сложни лабораторни условия, което ги прави ефективни за използване в различни етапи от обработката на храни [4].

4. Видове храни на растителна основа, алтернативи на животинските продукти [6]

Продукти	Определение и източници	Предимства	Недостатъци
4.1 Протеинови продукти на растителна основа /земесители на месо и месни продукти/	Богати на протеини продукти от растителни храни: соя (тофу, темпе, текстуриран соев протеин); пшеничен глутен (сейтан); бобови растения (грах, леща, лупина, нахут); семена (рапица, рапица).	Възприемчивост за по-здравословно и устойчиво от месото. По-познато на потребителите от микопроотеина ⁵ и култивираното месо. Най-ниско въздействие върху околната среда сред месните алтернативи.	Консумацията на месо е силно вкоренена в културата; Вкус, текстура и външен вид често са непривлекателни за потребителите на месо. Неудобно за намиране във всички магазини и високи цени

⁵ Терминът „микопротеин“ се отнася до богата на протеини храна, направена от био- маса от нишковидни гъби, която може да се консумира като алтернатива на месото

4.2 Растителни заместители на млякото	Водоразтворими екстракти от суровини от растителен произход: бобови растения (нахут, соя), зърнени храни (овес, ориз), псевдозърнени култури (киноа, теф, амарант), ядки (бадеми, кашу, лешници, орехи, кокос) и семена (сусам, слънчоглед).	Положително усещане за вкус при овкусяване. Ферментацията може да подобри хранителната бионаличност и сензорните свойства. По-устойчиво от кравето мляко (с изключение на бадемовото мляко).	Безвкусно, когато не е ароматизиран продукта. Регулаторни бариери пред използването на защитени термини за млечни продукти. Добавени захари и изкуствени подсладители. Бадемовото мляко има по-голямо въздействие върху околната среда поради напояването.
4.2 Растителни заместители на млечни продукти	Продукти от млечен протеин и мазнина, частично или напълно заменени с растителни протеини и растителни мазнини.	Висококачествен протеин (соя) Намаляване на наситени мазнини. Намаляване на разходите при замяна на сирене с евтини алтернативи. По-дълъг срок на годност.	Някои алтернативи на сиренето не съдържат необходимите хранителни вещества, ако не са добавени. Палмовото масло в алтернативите може да е от неустойчиви източници. Някои продукти съдържат високо ниво на наситени мазнини от кокосово и палмово масло.
4.3 Алтернативи на яйцата	Продукти, съставки или микс от съставки, използвани за заместване на яйца: ксантан, гуар, протеини от соя, слънчоглед, грах, пшеница, бяла лупина и боб; ябълково пюре, ленено семе, зрели банани, нишесте от тапиока и др.	Имитира функционалните свойства на яйчния протеин (разтворимост, емулгиране, разпенване, желиране). Позволява приготвянето на продукти без холестерол (например майонеза).	Соята и грахът като заместители на яйцата могат да придадат неприятен вкус на продукта.
4.4 Рибни алтернативи	Продукти, съставки или микс от съставки, използвани за заместване на риба и морски дарове: соя и пшеница, глутен, водорасли, гъби, зеленчуци.	Не води до свръхулов.	Повечето алтернативи са с хранителен дефицит на протеини и незаменими мастни киселини ЕРА и ДНА ⁶ .
4.5 Микроводорасли	Микроскопични водорасли: <i>Chlorella</i> sp, <i>Arthrospira</i> sp. <i>Schizochytrium</i> sp.	Изисква по-малко земя от животновъдството. Помага за намаляване на CO ₂ . Източник на ЕРА и ДНА.	ГМО микроводорасли могат да предизвикат регулаторни и екологични проблеми. Морският вкус може да ограничи приемането им.

⁶ Омега-3 мастни киселини, ЕРА (ейкозапентаенова киселина) и ДНА (докозахексаенова киселина)

4.1 Основни рискове, свързани с растителни месни алтернативи [7]

Алтернативите на месото на растителна основа стават все по-популярни на потребителските пазари, благодарение на обещанията за по-устойчиви и здравословни варианти на традиционното месо. Те се предлагат в контекста на необходимостта от създаване на иновационни храни, които са по-добри за здравето на хората, за животните и за околната среда.



Изображение, генерирано с изкуствен интелект (AI)

Последните десетилетия, с напредъка в хранителните технологии, беше разработен текстурираният растителен протеин, който се произвежда чрез екструдирание на обезмаслено соево брашно, соеви протеинови концентрати или пшеничен глутен.

Новото поколение растителни алтернативи на месо имат за цел да симулират вкуса и текстурата на истинско месо, без да съдържат животински съставки. Въпреки растящата им популярност, възникват въпроси относно безопасността и рисковете, свързани с преминаването към растителна диета. Някои от потенциалните рискови фактори включват химични и

микробни замърсители, фалшифициране на храни, високи нива на добавки, използване на генетично модифицирани съставки, неправилно етикетирание, нови алергени, дефицит на витамини и минерали, както и промени в качеството на протеина. Затова е важно тези проблеми да се вземат предвид при разработването на новите продукти, за да се осигури тяхната безопасност и хранителна стойност. Производството на месни алтернативи на растителна основа се състои от четири основни етапа:

1. Извличане и придаване на функционални свойства на протеини: Протеините се извличат от растения и се пречистват за получаване на брашна, концентрати или изолати. В някои случаи те могат да бъдат допълнително обработени (напр. хидролиза, нагряване и др.), за да се подобри тяхната функционалност.

2. Създаване на продукта: включва комбинирането на растителни протеини с различни съставки, като въглехидрати, липиди, соли, аромати и оцветители, с цел създаване на растителен аналог на месо, който притежава същите характеристики като месото – вид, текстура, вкус и възможност за приготвяне. Освен това, за да се осигури сравнима или дори по-висока хранителна стойност от тази на истинското месо, могат да се добавят и допълнителни хранителни вещества.

3. Технологична обработка: Смесените съставки преминават през серия от процеси, които способстват за формирането на структури и свойства, наподобяващи месо. Тези процеси могат да включват смесване, екструдирание, нарязване и оформяне.

4. Съхранение: Продуктът, опаковъчните материали и условията на съхранение трябва да бъдат разработени така, че алтернативата на месото на растителна основа да остане безопасна и с високо качество по време на съхранение, транспортиране и разпространение. Това изисква разглеждане и контрол на микробиологичните, химичните и физичните фактори, които водят до влошаване.

Изолиране и обработка на протеини

Протеините играят ключова роля в технологичните и сензорни характеристики на растителните месни алтернативи, като влияят на структурата, текстурата и хранителните свойства на продуктите. Изборът на подходящ протеин е важен, тъй като растителните протеини имат различни функционални характеристики, като съгъстяване, желиране, емулгиране и задържане на течности. Протеините се извличат от растителни източници като соя, грах или царевича чрез различни методи. Въпреки това тези методи често не са оптимизирани за запазване на функционалността на протеините, което може да доведе до тяхната денатурация или агрегация. Растителните месни продукти, които се използват като алтернативи на традиционните животински меса, преминават през етап на формиране, при който растителните протеини се смесват с различни функционални съставки като ароматизанти, оцветители, емулгатори, модификатори на текстурата и желиращи агенти. Тези добавки са необходими за постигане на желаните вкусови и текстурни характеристики на продукта, но също така предизвикват загриженост сред потребителите, които ги възприемат като ултра преработени храни.

Едно от основните притеснения е високото съдържание на съставки като **наситени мазнини, рафинирани брашна и сол**, които са свързани със здравословни рискове, включително сърдечно-съдови заболявания, хипертония и други хронични заболявания.

Друг аспект на загриженост е използването на **легхемоглобин** (специфичен тип хемопротеин), който придава месен вкус и червен цвят на растителните алтернативи. Този протеин често се извлича от генетично модифицирани соеви растения и някои изследвания свързват повишеното приемане на желязо с увеличен риск от диабет тип 2, макар че доказателствата по тази тема да са ограничени.

Друг елемент на притеснение са **пушилните ароматизанти**, които понякога се използват в безмесни продукти и могат да бъдат канцерогенни при редовна и прекомерна консумация. Допълнително, растителните месни алтернативи може да имат намалено съдържание или липса на някои важни аминокиселини и производни като креатин, таурин и ансерин, които играят роля в мускулната и мозъчната функция.

Различията в съставките и технологиите, използвани за производството на растителни аналози на месо в сравнение с традиционните месни продукти, пораждаат различни предизвикателства по отношение на безопасността и хранителната стойност.

Основни рискове и контролни точки за безопасността на храните при растителни заместители на месните продукти са:

➤ *Микробно замърсяване*

Микробното замърсяване е ключов фактор за безопасността на храните на растителна основа, като растителните месни алтернативи могат да бъдат податливи на микробен растеж и разваляне. Поради почти неутралното рН, както и високото съдържание на протеин и влага, тези продукти създават условия за развитието на патогени и микроорганизми, които могат да водят до хранителни заболявания. Въпреки че растителните месни продукти обикновено не се свързват с опасения за патогенни заболявания, те все пак могат да бъдат замърсени при контакт със замърсени източници като животински тор или замърсена вода. Проучванията показват, че към края на срока на годност на тези продукти може да се наблюдава разпространение на специфични микроби, като *Latilactobacillus sakei*, *Enterococcus faecium*, *Enterobacteriaceae* и дрожди, които се установяват след термичната обработка и съхранение на стайна температура. Това подчертава необходимостта от по-задълбочено изследване на микробното замърсяване в растителните месни алтернативи и мониторинг на видовете присъстващи микроорганизми, за да се осигури тяхната безопасност. За удължаване на срока на годност и осигуряване на безопасност е от съществено значение контролирането на производствени процеси.

➤ *Алергени*

Много растителни протеини, като тези от соя, пшеница и лупина, са известни алергени, което може да доведе до здравословни проблеми. Освен това, притесненията относно генетично модифицираните източници на протеини и използването на органични разтворители като хексан при тяхното извличане също са важни. Потенциално увеличеното потребление на тези протеини може да предизвика алергични реакции, включително кръстосани реакции при хора с алергия към фъстъци или глутен. Затова е важно да се избират протеини с ниска алергенност и внимателно да се обработват и етикетират продуктите.

➤ *Естествени токсини*

Естествените токсини, присъстващи в някои растителни съставки, като лектини, цианогенни гликозиди и гликоалкалоиди, са метаболити, които растенията произвеждат за защита. Важно е тези токсини да бъдат премахнати или неутрализирани по време на обработката. **Карагенанът**, извлечен от морски водорасли и използван в растителни месни алтернативи, също повдига опасения за здравето, като може да стимулира стомашно-чревни възпаления и да натрупва тежки метали, но няма ясен научен консенсус относно рисковете му. Освен това растителните протеини често не съдържат всички основни аминокиселини, необходими за човешкото здраве.

Увеличената консумация на алтернативи на месото трябва да бъде придружена от преразгледани сценарии на експозиция и актуализирани оценки на риска, които да отразяват настоящите хранителни навици и начин на живот на потребителите. Следователно е

необходимо да се разработят нови методи за идентифициране и количествено определяне на микотоксини в алтернативи на месото на растителна основа, заедно с оценката на хранителната експозиция на микотоксини, открити в тези храни [8].

➤ **Замърсители:** Тежки метали, пестициди и остатъци от хексан могат да присъстват в съставки като соеви изолати и други растителни протеини. Тези замърсители трябва да бъдат внимателно мониторирани и контролирани, за да се осигури безопасността на хранителните продукти. Регулярното тестване на суровините и крайния продукт е критично за предотвратяване на потенциални здравни рискове за потребителите.

➤ **Кръстосано замърсяване с животински съставки:** Веган продуктите трябва да бъдат внимателно наблюдавани, за да се предотврати замърсяване с животински съставки, като мляко, яйца и др.

➤ **Неприятни вкусове:** Някои растителни съставки могат да придават неприятни вкусове, като тревисти или горчиви аромати, характерни за соята или сапонините в бобовите растения. За постигане на желаните органолептични характеристики е необходимо адаптиране на състава на продукта с цел маскиране или намаляване на тези вкусове. Това може да включва добавяне на натурални ароматизанти или промяна в производствените процеси.

➤ **Срок на годност:** Растителните протеинови продукти изискват подробно изследване на срока на годност и валидиране на производствените процеси, за да се гарантира тяхната безопасност и годност за консумация през целия им жизнен цикъл. Освен това, е важно да се предприемат мерки за оптимизиране на условията на съхранение, което ще спомогне за минимизиране на микробната активност и удължаване на срока на употреба [7].

Въпреки тези предизвикателства и опасения, някои изследвания показват, че промишлената обработка на растителни съставки може да има положителен ефект върху човешкия чревен микробиом, в зависимост от състава на конкретния продукт.

4.2. Хранителен риск, свързан с алтернативи на мляко и млечни продукти на растителна основа [8]



Изображение, генерирано с AI

Основните предизвикателства пред млечните алтернативи са да осигурят желано и приемливо усещане за потребителите и да съответстват на хранителната стойност на млякото. За да се компенсират възможните хранителни дефицити, тези продукти се обогатяват с витамини и аминокиселини. Освен това, ферментацията на млечни алтернативи подобрява сетивното възприятие, тъй като намалява вкуса на бобови растения на растителните материали и осигурява желаните летливи вкусове.

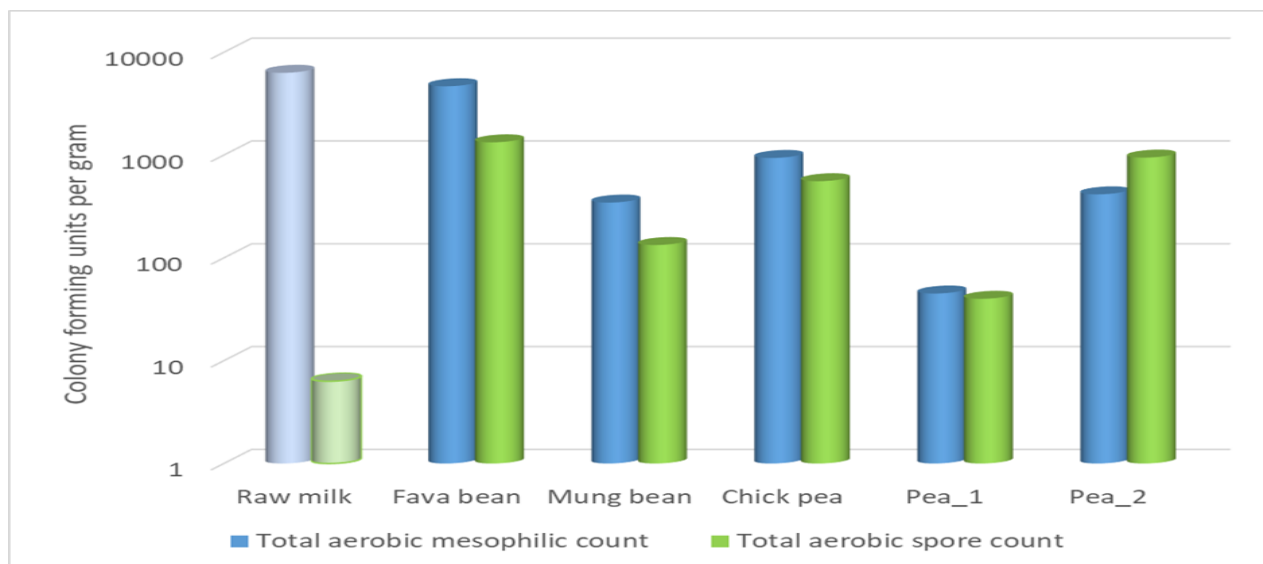
Ферментацията с помощта на два или повече микроорганизма може значително да подобри качествата на растителните протеини, като тяхната разтворимост, аминокиселинен състав и наличност. При ферментацията на соеви напитки с *Bifidobacterium* се наблюдава значително увеличаване на съдържанието на протеин, докато ферментацията на соеви зърна с *Lactobacillus plantarum* води до увеличаване на нивото на незаменимите аминокиселини, като лизин. Подобни ефекти се наблюдават и при ферментацията на фъстъци с *Lactobacillus acidophilus* и *Lactobacillus plantarum*, като се постига значително увеличаване на съдържанието на лизин, метионин и триптофан в сравнение с използването на един микробен щам. Спонтанната коферментация на различни щамове, като тези от грах и нахут, подобрява нивата на метионин. Въпреки това, в някои случаи, комбинирането на различни микроорганизми може да даде по-слаб резултат в сравнение с използването на един микробен щам.

Развитието на рецепти и технологии за производство на веган сирена през последните години значително подобри своите сензорни характеристики – вкус, аромат и текстура, доближавайки се все повече до тези на млечните сирена. Основните съставки в тези продукти са растителни източници като соя, ядки (особено кашу), кокосови орехи, тапиока, картофи, арарут и маниока. Тези компоненти се използват не само заради вкусовите си качества, но и заради способността им да придават структура, топене и еластичност – характеристики, които трудно се постигат без казеин, основен млечен протеин. Пример за веган алтернатива е веган пармезан, който се приготвя чрез смилане на ядки в комбинация с хранителна мая, придаваща характерен умами вкус. За веган моцарела често се използва каша, на кисната във ферментирала зърнена напитка (rejuvelac), която подпомага процеса на ферментация с пробиотични бактерии. Този процес не само развива вкус, наподобяващ млечния, но и създава кремообразна и еластична текстура, наподобяваща традиционната моцарела.

Често се твърди, че микробното замърсяване на храните от растителен произход не е толкова добре изследвано. Вярно ли е това?

Млечната индустрия има дългогодишен опит в изследванията на микробното замърсяване и условията в производството на мляко, които са добре установени и последователни. Въпреки това, изследванията върху микробното замърсяване на растителни съставки, използвани за млечни алтернативи, са все още в начален етап, но напредъкът е видим, като например проведени изследванията в NIZO (изследователска институция) [8], които показват, че нивото на микробно замърсяване и разнообразието от микроорганизми в растителни съставки като кокосови орехи, овес, бадеми, грах и други бобови растения е по-високо в сравнение със суровото мляко. Сред откритите микроорганизми са бактерии, познати от млечната индустрия, като *Bacillus cereus* и различни видове *Bacillus* и *Clostridia*, както и нови щамове, които все още не са добре проучени. Повечето от микробното замърсяване се състои от спори на бактерии като *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis* и *B. amyloliquefaciens*, както и спори на *Bacillus cereus* и *Geobacillus stearothermophilus*. Тези спори могат да се намират в растителните съставки в количества до 1000 спори на грам. Тъй като спори от тези бактерии могат да оцелеят дори при високи температури, използвани по време на обработката на продуктите, те могат да произвеждат токсини, които са устойчиви на топлина и могат да представляват опасност за здравето. Това е сериозен риск, тъй като тези токсини могат да останат в хранителния продукт и да доведат до здравословни

проблеми. Това контрастира с броя на спорите в суровото мляко, където той е значително по-нисък (около 1-10 на ml), тъй като бактериите са инактивирани чрез пастеризация. (Фиг.2)



Фигура 2: Броење на анаеробни микроорганизми и спори в проби от сурово мляко и растителни протеинови изолати [8]

Проведено изследване [9] сравнява растежа на хранителни патогени като *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Bacillus subtilis* и *Paenibacillus* в различни растителни напитки (кокосови, бадемови, кашу) и краве мляко, обработени при ултрависока температура (UHT), съхранявани при температури 4° C, 8° C и 20° C. Резултатите показват, че бактериите се развиват по-бързо в растителни напитки при температури от 8° C и 20° C в сравнение с кравето мляко. За *Listeria* и *Salmonella* това важи за пробите, съхранявани при 20° C, както и за *Bacillus subtilis* и *Paenibacillus* – също при тази температура. Въпреки това, *Bacillus subtilis* расте със същата скорост както в кравето мляко, така и в бадемова напитка при 20° C. При температури от 4° C и 8° C не се наблюдават съществени разлики в растежа на патогените между различните напитки.

Тези данни подчертават сериозния риск от разпространение на листериоза и салмонелоза чрез растителни напитки особено, ако условията за съхранение след отваряне не се спазват. Освен това, патогени като *Listeria* и *Salmonella* могат да бъдат открити върху ядките, които често се замърсяват по време на растежа, прибиране на реколтата или обработката. Изследванията показват, че замърсяването със *Salmonella* върху ядките продължава да е сериозен проблем за хранителната индустрия. Например, от 3656 тествани проби, 32 са били замърсени със салмонела, като най-високото ниво на замърсяване е при ядките от макадамия (4,2%), последвани от кашу и други ядки с нива на замърсяване от 0,35% до 1,22%. [9]

Резултатите потвърждават, че микробното замърсяване в растителни съставки е сериозен проблем за безопасността на храните, което означава, че растителните напитки също могат да бъдат уязвими на разпространение на патогени и развалящи бактерии, особено при неправилно съхранение. (Фиг.3)



Фигура 3: Овесена напитка, в процес на развала причинена от *B. subtilis* (вляво) и бадемова напитка, в процес на развала причинена от *B. licheniformis* (вдясно) [8]

Напитките на растителна основа често се приготвят в домашни условия поради своята относително проста технология, но това създава предпоставки за микробиологични рискове. Потенциалното замърсяване може да произхожда както от първично контаминирани суровини, така и в резултат на кръстосано замърсяване по време на приготвянето. В допълнение, в домашна среда обикновено липсва прилагането на адекватна термична обработка, необходима за ефективно редуциране или елиминиране на патогенни микроорганизми, което повишава риска от микробиологична контаминация и последващо развитие на нежелана микрофлора при съхранение. Продължителното съхранение на готовите напитки, особено при температури извън оптималния температурен режим, може да създаде благоприятни условия за размножаване на патогени, което значително увеличава риска за здравето на консуматора.

Как да се определи правилният подход за осигуряване на безопасността на продукта?

Безопасността на храните е комплексен процес, който трябва да се разглежда на всяка стъпка от веригата на доставки особено когато става въпрос за продукти на растителна основа. Тъй като микробиологичната ситуация е сложна и различните микроби имат различен потенциал за растеж, трябва да се обмисли цялата верига: от отглеждането на растенията, през извличането на протеини, транспортирането, обработката в производството, до съхранението и употребата на продуктите от потребителите. Всяка стъпка може да доведе до замърсяване или растеж на патогени, но също така може да предостави решения за предотвратяване на такива проблеми.

Прогнозното моделиране играе важна роля за оценка на микробния риск. То позволява да се предсказват рисковете чрез компютърни симулации, като се вземат предвид условията на обработка, характеристиките на продукта и очакваните условия за съхранение и употреба.

Такива прогнози могат да помогнат за идентифициране на опасните микроби и за вземане на информирано решение относно превантивни мерки. [8]

4.3. Безопасност на растителни алтернативи на яйцата

Алтернативите на яйцата са предназначени за потребители, които следват веганска диета или имат алергия към яйца. Те не само че заменят яйцата в рецептите, но и трябва да имитират функционалните им свойства, като разтворимост, емулгиране, разпенване и желиране, особено в приложения като готвене и приготвяне на различни хранителни продукти. Най-изследваната алтернатива е веган майонезата, която показва ефективността на растителните съставки да заместят яйцата. Използването на растителни алтернативи за яйца осигурява и по-голяма безопасност в сравнение с употребата на сурови яйца, като намалява риска от инфекции, например салмонела.

Соевият и граховият протеин са две основни растителни алтернативи на яйчния протеин, като и двата имат функционални свойства, сходни на тези на яйцата. Въпреки това граховият протеин има по-слаби желиращи способности и се счита за непълен източник на протеин, което може да бъде коригирано чрез комбиниране с други растителни протеини, за да се постигне пълноценен аминокиселинен състав. Друг проблем е, че тези протеини могат да имат различен вкус, който често се описва като "зелен" и може да не бъде привлекателен за потребителите.

Някои веган майонези, създадени с помощта на соево мляко и различни стабилизатори като ксантанова гума и гума гуар, получават сравнително нисък рейтинг за приемане, но този рейтинг може да се подобри с добавянето на аромати.

За приготвяне на храни без яйца се използват разнообразни съставки като ябълков сос, аквафаба, ленено семе, тофу, зрели банани и тапиока, които могат да имитират яйцата в рецепти за печене и готвене. Въпреки това важно е да се вземе под внимание хранителната стойност на тези съставки. Някои от тях осигуряват значително количество протеин, като например бобовите растения, докато други съдържат минимално количество протеин и може да не осигурят необходимото за балансирана диета. Ако редовно се използват алтернативи на яйца с ниско съдържание на протеин, това може да доведе до хранителни дефицити, затова е важно да се комбинират с други източници на протеин [6].

4.4. Безопасност на растителни алтернативи на риба и рибни продукти

Обичайните алтернативи на рибата обикновено се правят с тофу или сейтан (пшеничен глутен), като към тях се добавят съставки като соев сос, мисо паста или водорасли, за да се постигне морският вкус. Някои микроводорасли също могат да бъдат устойчив източник на протеин, докато други са източници на омега-3 мастни киселини и могат да допринесат за хранителния прием на ЕРА и ДНА. Проблемът с някои от съществуващите алтернативи на рибата е, че те не предоставят същите хранителни ползи като консумацията на риба и морски дарове. Например, нито тофу, нито сейтан съдържат омега-3 мастни киселини (ЕРА и ДНА), а някои растителни алтернативи на рибата не осигуряват нито протеин, нито омега-3 мастни киселини. Веганските и вегетарианските рецепти често използват гъби като заместители на морските дарове, а белени и мариновани домати или моркови понякога се използват като

имитация на риба тон или съомга. Въпреки че тези заместители могат да имитират сензорните свойства на рибата, те все още се нуждаят от допълнителни подобрения, за да постигнат адекватен хранителен профил. Що се отнася до биологичните рискове, използването на растителни алтернативи на рибата може да намали риска от замърсявания, които често се срещат в рибите и морските дарове, като тежки метали (например живак) и токсини. Тези замърсители са сериозен проблем при консумацията на риба от океански източници. Растителните заместители елиминират тези рискове, но трябва да осигурят същите хранителни ползи, като омега-3 мастни киселини, които в момента липсват в много от тези продукти [6].

4.5. Микроводорасли

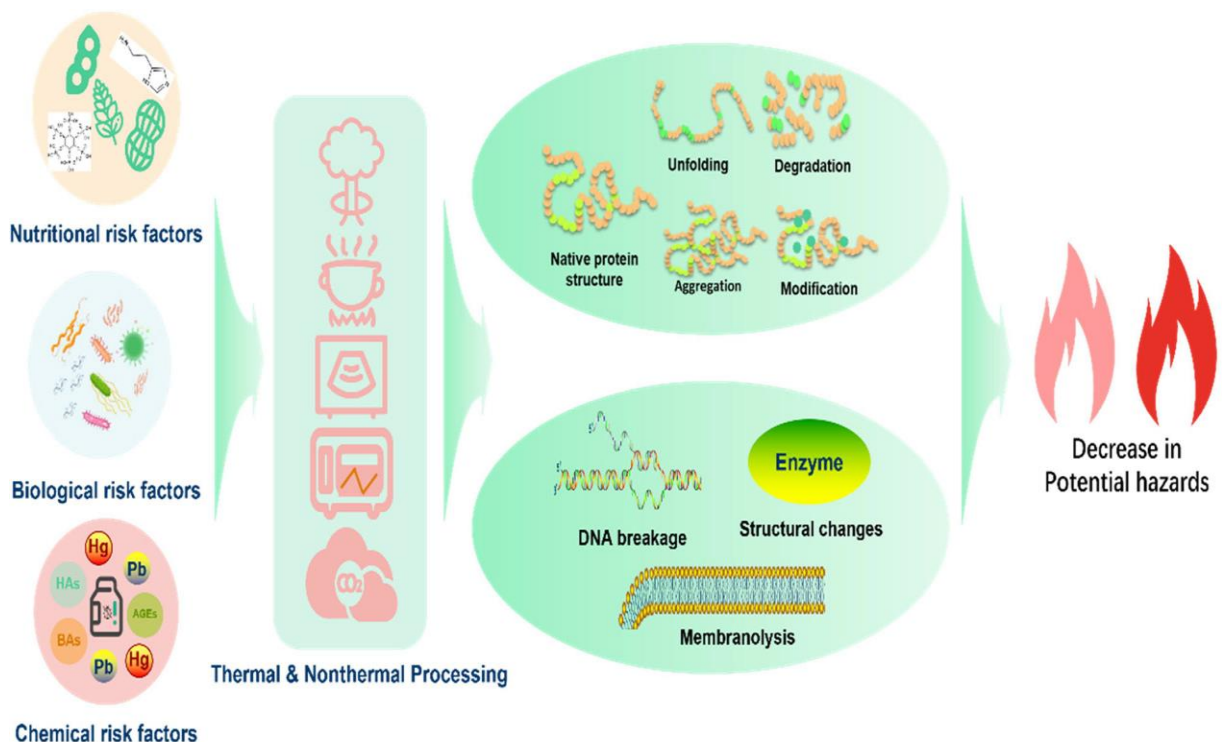
Микроводораслите са били използвани от различни общности по света, особено в региони с ограничен достъп до други източници на храна по време на периоди на хранителен недостиг, тъй като в зависимост от вида може да съдържа до 70% протеин или 40% омега-3 мастни киселини (например EPA и DHA). Протеините в микроводораслите съдържат всички незаменими аминокиселини и някои видове имат аминокиселинни профили, сравними с тези на соята и яйцата. Въпреки това смилаемостта и бионаличността на тези протеини са предизвикателство, тъй като структурата на водораслите затруднява усвояването на хранителни вещества и е необходима предварителна обработка, която може да разруши клетъчната стена.[6]

Микроводораслите, като *Schizochytrium* sp., са добър източник на омега-3 мастната киселина DHA, а маслото, извлечено от тях по механичен начин, е признато като нова храна от Европейския орган за безопасност на храните (EFSA)⁷. Това масло може да бъде включено в различни продукти, като храни за кърмачета и преходни храни.

5. Процеси за обработка на храни, за контролиране на потенциалните рискови фактори [4]

Различни методи за обработка на храни (термични и нетермични) могат да намалят или премахнат рисковите фактори в новите синтетични храни. За алергените, обработката може да промени структурата на протеините, като намалява тяхната способност да предизвикват алергични реакции. Що се отнася до микотоксините и патогенните бактерии, обработката може да разруши тяхната ДНК или да промени ензимите им, като по този начин намалява вредата от тях (Фиг.4).

⁷ Safety of *Schizochytrium* sp. oil as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283^(a). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6242>



Фигура 4. Методи за обработка на храни за намаляване на потенциалните опасности [4]

5.1 Термични методи за обработка на храните във връзка с намаляване на рисковите фактори

Термичната обработка е широко използвана в преработката на храни и включва обичайни методи като варене, пържене и печене. Тези методи могат да променят структурата и активността на протеините в храните, което може да намали рисковете или да ги стерилизира.

Въпреки това традиционната термична обработка има някои проблеми, като неравномерно разпределение на температурата и непълно стерилизиране, което може да доведе до загуба на хранителни вещества. Тези ограничения забавят напредъка в развитието на тези методи за по-екологични и устойчиви храни. Новите термични технологии, като обработка с микровълни, омично нагряване и парна експлозия, постепенно решават тези проблеми и предоставят нови възможности за по-ефективна обработка на храните.

5.1.1 Микровълново лъчение

Микровълновото лечение използва електромагнитни вълни за бързо и едновременно загряване на храните, като индуцира движение на полярни молекули и генерира топлина. Това може да промени структурата на протеините и да разруши алергични епитопи⁸, като намали стабилността и отслаби имунните реакции. Въпреки това някои изследвания показват, че микровълновото лечение може да увеличи имунната реактивност на определени алергени, като например фъстъците, където не води до значителни промени в състава, но повишава IgE-обвързаността. Микровълновото лечение може да бъде полезно за

⁸ **Епитопът**, известен също като антигенна детерминанта, е част от антигена, която се разпознава от имунната система, по-специално с антитела, В-клетки или Т-клетки.

контролиране на антихранителни фактори (АНФ), като например в соевото мляко, където увеличава усвояемостта на протеините и намалява активността на инхибиторите. Въпреки своите предимства, методът има ограничение при постигането на равномерно разпределение на температурата, което води до необходимост от нови термични технологии за по-добро приложение в хранителната индустрия.

5.1.2 Омично нагряване

Омичното нагряване (ОН) е съвременен процес на термична обработка, при който материалът се загрева чрез електрическо съпротивление. Когато електрически ток преминава през материал с определено съпротивление, част от енергията се преобразува в топлина, което води до неговото нагряване и осигурява равномерно нагряване на храната. В сравнение с микровълновото нагряване, то е с по-добра енергийна ефективност и има по-малко въздействие върху вкусовите и хранителните свойства на храните.

Омичното нагряване е доказало ефективност в елиминирането на редица микроорганизми, особено бактерии. Например, този метод показва по-добри резултати от традиционната пастьоризация при инактивирането на *Bacillus cereus*, като същевременно причинява по-силно увреждане на клетъчната мембрана и значително намаляване на клетъчния потенциал и активността на ензимите. Методът също така се използва за контролиране на вредни микроорганизми като *Escherichia coli* O157:H7.

Предимствата на ОН включват бързо нагряване, ниска енергийна консумация и минимални отрицателни ефекти върху храната, което го прави обещаваща технология за термична обработка. Въпреки това тя не е подходяща за храни с ниско съдържание на влага или такива, които са с много ниска проводимост, поради нестабилни фактори като бързината на нагряване и проводимостта.

5.1.3 Чрез генериране на пара под високо налягане

Това е технология за предварителна обработка, при която наситена пара прониква в клетъчната тъкан под високо налягане и температура, последвана от рязко освобождаване на налягането. Това води до механично разпадане и разкъсване на клетъчните структури. В хранителната индустрия този метод има потенциал за намаляване на съдържанието на β -конглицин в соевото брашно, който е един от основните алергени в соята и може да предизвика имунни реакции при чувствителни индивиди.

5.2 Нетермична обработка на храните

Нетермичните технологии за обработка се разработват като алтернатива на традиционните термични методи, които често оказват неблагоприятно влияние върху качеството на храните – включително промени в цвета, вкуса, текстурата и загуба на хранителни вещества. Те не само осигуряват стерилизация, дезинфекция и намаляване на чувствителността, но и запазват естествените свойства на храната. Това ги прави популярен избор в хранителната индустрия, включително технологии като високо хидростатично налягане, ултразвук и студен плазма.

5.2.1 Обработка чрез високо хидростатично налягане (ННР)

Обработката чрез високо хидростатично налягане (ННР) е технология за студена пастьоризация, която се използва за запазване на хранителните продукти. Процесът включва поставянето на храните във водоустойчива опаковка, която след това се подлага на налягане до 6000 бара. Обработката с високо хидростатично налягане (ННР) води до промени в структурата на протеините, като разкриване, денатурация и агрегация, което може да намали алергенността на храните. Например, ННР технологията значително намалява алергенността на соево мляко и пшеничен глутен. Освен това, тази технология има способността да инактивира микроорганизми като *E. coli* и *L. monocytogenes* в растителни продукти. Въпреки положителните ефекти върху безопасността и алергенността, механизмът на действие на ННР все още не е напълно изяснен и е необходими допълнителни изследвания за подобряване на качеството и безопасността на храните.

5.2.2 Обработка с ултразвук

Обработката с ултразвук използва звукови вълни с честота над 20 kHz и се основава на ефекта на кавитацията, който води до механични и химични промени в храните. Това може да доведе до промени в структурата на протеините и разрушаване на клетъчната структура, което влияе на тяхната функционалност. Ултразвуковата обработка показва обещаващи резултати за елиминиране на пестицидни остатъци, алергени и микотоксини, както и за намаляване на алергенността в храни като фъстъци и соя. Освен това има антимикробни ефекти, като намалява нивата на дрожди и плесени в храните. Въпреки това трябва да се адаптират параметрите на обработката, за да се предотвратят негативни ефекти върху качеството и безопасността на храната.

5.5.3 Студена плазма

Технологията със студена плазма (СП) е иновативен метод, който използва йонизиран газ при ниски температури за инактивиране на микроорганизми върху хранителни повърхности, без да оставя химични остатъци. Тя е подходяща за обработка на деликатни храни, които не могат да издържат на високи температури или налягане. Този метод е ефективен за намаляване на алергенността в храни като фъстъци и соя. Освен това, той доказано намалява съдържанието на микотоксини и пестициди в храните. Технологията има голям потенциал за подобряване на безопасността на храните, но изисква специализирано оборудване и стандартни регулации за по-широкото ѝ приложение [4].

6. Заключение

В световен мащаб храните от растителен произход стават все по-популярни благодарение на тяхната устойчивост и потенциал да осигурят здравословни алтернативи на традиционните животински продукти. Въпреки това съществуват редица предизвикателства, свързани с безопасността и качеството на тези продукти, като необходимостта от ефективни методи за откриване на рискови фактори като алергени, микробиологични и химични замърсители.

Хранителните продукти на растителна основа представят нови предизвикателства, тъй като хранителните предприятия все още не са напълно запознати с потенциалните проблеми, свързани с новите съставки. Поради голямото разнообразие на суровини в растителните протеини, вероятността от разваляне обикновено е по-висока в сравнение с животинските протеини. Следователно разработването на нови хранителни продукти изисква задълбочен мониторинг на рисковете за безопасността на храните. В този контекст е необходимо да се открият и приложат подходящите методи за анализ, които да осигурят ефективен контрол върху безопасността и качеството на продуктите.

Технологиите за обработка на растителни храни играят важна роля за минимизиране на тези рискове и осигуряване на безопасност. Въпреки напредъка в тази област, текущите методи за откриване и обработка все още имат ограничения, които трябва да бъдат преодоляни. Липсата на унифицирани международни регулации поставя допълнителни предизвикателства за стандартизацията и безопасността на продуктите. Разработването на нови и по-ефективни технологии за откриване на замърсители и оптимизиране на обработката е от съществено значение за гарантиране на безопасността на растителните храни. Регулаторите трябва да въведат рамки за оценка на риска, които да отговорят на нуждите на този растящ сектор. Такива усилия ще подпомогнат развитието на индустрията и ще осигурят продукти с високо качество, които да отговорят на изискванията за безопасност и хранителна стойност.

Източници:

[1] Xianfeng Lin, Nuo Duan, Jiajun Wu, Ziyu Lv, Zhouping Wang, Shijia Wu, Potential food safety risk factors in plant-based foods: Source, occurrence, and detection methods, Trends in Food Science & Technology, Volume 138, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.06.032>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423002030>

[2] Octavian Augustin Mihalache, Laura Carbonell-Rozas, Sara Cutroneo, Chiara Dall'Asta, Multi-mycotoxin determination in plant-based meat alternatives and exposure assessment, Food Research International, Volume 168, 2023, 112766, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112766>.

[3] Mihalache AO, Dellafiora L and Dall'Asta C, 2022. Risk-benefit assessment of shifting from traditional meat-based diets to alternative dietary patterns. *EFSA Journal* 2022; 20(S2):e200919, 13 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.e200919>

[4] Wang, Y., Zhao, J., Jiang, L., Zhang, L., Raghavan, V., & Wang, J. (2024). A comprehensive review on novel synthetic foods: Potential risk factors, detection strategies, and processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23, e13371. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13371>

[5] National Food Institute - Technical University of Denmark, Doulgeridou A, Amlund H, Sloth JJ and Hansen M, 2020. Review of Potentially Toxic Rare Earth Elements, Thallium and Tellurium in Plant-based Foods. *EFSA Journal* 2020;18(S1):e181101, 11 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.e181101>

[6] Alcorta A, Porta A, Tárrega A, Alvarez MD, Vaquero MP. Foods for Plant-Based Diets:

Challenges and Innovations. Foods. 2021 Feb 1;10(2):293. doi: 10.3390/foods10020293. PMID: 33535684; PMCID: PMC7912826. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/2/293>

[7] Bogueva, D.; McClements, D.J. Safety and Nutritional Risks Associated with Plant-Based Meat Alternatives. *Sustainability* 2023, 15, 14336, <https://doi.org/10.3390/su151914336>

[8] Safety challenges for plant-based foods, <https://www.nizo.com/blog/industry-insights-from-nizo-safety-challenges-for-plant-based-foods/>

[9] Klaudia Bartula, Máire Begley, Noémie Latour, Michael Callanan, Growth of food-borne pathogens *Listeria* and *Salmonella* and spore-forming *Paenibacillus* and *Bacillus* in commercial plant-based milk alternatives, *Food Microbiology*, Volume 109, 2023, 104143, ISSN 0740-0020, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104143>,
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002022001678>)



Други информации в областта на храните, както и оценка на риска по цялата хранителна верига може да намерите на сайта на Центъра за оценка на риска по хранителната верига: <http://corhv.government.bg/>

ИЗГОТВИЛ:

инж. Даниела Новакова

д-р Татяна Иванова

Дирекция „Оценка на риска по хранителната верига“, ЦОРХВ

Дата: 26.06.2025 г.