

13

Индустриска примјена псеудожита

Радослав Грујић, Милка Стијепић



UDK 663/664:[631.563:633.11
DOI 10.7251/PRB2504363G

Цитирање: Грујић Р, Стијепић М (2025) Индустијска примјена псеудожита. У: Пржуљ Н, Грујић Р (уредници) Нутрицеутске гајене биљке. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука. Монографија LXV:363–417

Cite as: Grujić R, Stijepić M (2025) Application of pseudocereals in industry. *In:* Pržulj N, Grujić R (eds) Nutraceutical cultivated plants. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka. Monograph LXV:363–417

Сажетак. Интерес потрошача за псеудожитима, која су богата храњивим материјама, подстакао је истраживања усмјерена на потенцијалне предности псеудожита за развој одрживе пољопривреде и прехранбене индустрије и за исхрану људи. Псеудожита утичу на побољшање сензорних својстава и прихватљивост производа од стране потрошача. Псеудожита пружају јединствен укус, текстуру и боју различитих формулација хране. Додавање псеудожита пружа креативан начин задовољења растуће потражње код потрошача за здравијим и разноврснијим прехранбеним опцијама. Због високог садржаја макро и микро нутријента, псеудожита се могу користити за развој низа нових прехранбених производа.

Развој нових производа без глутена захтијева додатна истраживања на побољшању биоактивних, техничких и сензорних својстава производа. У посљедње вријеме порастао је интерес за истраживање и развој нових производа на бази чије, штира, хељде и киное. На основу прегледа најновијих истраживања објављених у водећим свјетским часописима, у овом поглављу је дат преглед досадашње употребе псеудожита у производњи прехранбених производа. Поред тога, анализирани су правци развоја и нове могућности за унапређење нутритивне вриједности и квалитета индустријских производа у које су уграђена псеудожита (сјеменке, брашно или екстракти)

Кључне ријечи: псеудожита, прехранбени производи, производи без глутена, хљеб и пекарски производи, аналози меса, млијечни производи на биљној бази, пиво без глутена, јестиве фолије

13.1. Увод

Поновни интерес за псеудожитима, која су богата храњивим материјама, подстакао је бројна и обимна истраживања усмјерена на потенцијалне предности псеудожита за развој одрживе пољопривреде и прехранбене индустрије и за исхрану људи (Kumar и сар. 2024). Према истраживању Feitosa и сар. (2024) велики број научних радова објављених у периоду 2018–2023. бавио се примјеном штира, киное и хељде у изради прехранбених производа. Чија сјеменке су, због свог састава, све чешће предмет интересовања истраживача и нутрициониста. Све већи интерес за храном без глутена утицао је на тражење нових могућности за побољшање нутритивног квалитета производа на бази жита без глутена (Punia Bangar и сар. 2022).

Псеудожита, посебно штир, киноа, чија и хељда, разликују се од стрних жита без глутена (просо, овас, и друге), што их чини вриједним за кориштење и пожељним код особа којима је потребна исхрана без глутена (Martinez-Villaluenga и сар. 2020). Псеудожита не садрже глутен, а имају висок садржај дијеталних влакана, витамина и есенцијалних аминокиселина, што их препоручује као хранљиве додатке свакодневной исхрани. Комерцијализација производа са функционалним својствима у који су уграђена псеудожита пружа велику помоћ пацијентима са целијакијом, али и особама које пате од бројних болести везаних за начин живљења (Thakur и сар. 2021). Додавање псеудожита у исхрану, не само да задовољава потребе особа које не подносе глутен, већ помаже у диверзификацији исхране и побољшању општег здравља становништва (Alencar и Oliveira 2019).

Псеудожита утичу на побољшање сензорних својстава и прихватљивост производа од стране купаца. Пружају јединствен укус, текстуру и боју различитих формулација хране. Додавање псеудожита пружа креативан начин задовољења растуће потражње код потрошача за здравијим и разноврснијим прехранбеним опцијама.

Ова жита богат су извор бројних биоактивних састојака, због чега имају велики потенцијал за додавање у различите прехранбене производе, укључујући функционалну храну. Штир, киноа и хељда привлаче велику пажњу прехранбене индустрије и налазе примјену у производњи хљеба, тјестенина, резанаца, кекса и кондиторских производа (Abdelshafy и сар. 2024), те аналога млијека, безалкохолних напитака и пива. Поред тога, у више радова је анализиран утицај кориштења псеудожита током израде колача, традиционалног турског кус-куса и веганских колача (Huang и сар. 2022a; Moreira и сар. 2023).

Нутритивне карактеристике псеудожита (присуство есенцијалних аминокиселина, искориштење протеина, висока биолошка вриједност и укупни нутритивни индекс), боље су од карактеристика конвенционално кориштених жита пшенице, кукуруза и риже и стрних жита без глутена (Thakur и сар. 2021). На Сл. 13.1 дат је приказ најзначајнијих нутритивних вриједности и предности кориштења псеудожита у прехранбеној индустрији.

Псеудожито	Нутритивне вриједности	Индустијски састојци за нове прехранбене производе
Штир	Квалитетни протеини (13-19%), Висок садржај влакана Биоактивни пептиди Полифеноли Флавоноиди, Фитостероли и есенцијалне масне киселине Богат извор витамина и минерала	Безглутенски састојак за пекарске производе, тјестенине и грицкалице Ферментисана пића без глутена Извор пробиотика Погодни за симбиотске формулације Мјешавине за каше Храна за бебе без глутена Геријатсијска исхрана Дијете са средњим гликемијским индексом хељда и киноа садрже мање алергена -замјена за протеине соје Биљна млијека Биљно месо Суплименти за спортисте итд
Хељда	Квалитетни протеини (10-15%), богати лизином Нескробни полисахариди (резистентни скроб) Извор влакана, фагопиритола, Витамини Б комплекса	
Киноа	Квалитетни протеини (13-17%), богати лизином Влакна (7-9%) Извор есенцијалних масних киселина Низак садржај аминокиселина Добар извор минерала Извор каротеноида, сапонина и фитостерола	
Чија сјеменке	Протеини 19-27% Богат извор есенцијалних аминокиселина Влакна (18.30%) Извор алфа-линоленске киселине Слуз- емулгујућа својства	

Сл. 13.1. Нутритивне и функционалне предности коришћења псеудожита у прехранбеној индустрији (адаптирано према: Poshadri и сар. 2024)
Fig. 13.1. Nutritional and functional benefits of using pseudocereals in the food industry (Adapted from Poshadri et al. 2024)

Упркос присуству различитих минерала, есенцијалних аминокиселина, протеина и других једињења, те велике укупне нутритивне вриједности, иновативни производи од псеудожита имају ограничену комерцијалну употребу. Rao и Poonia (2023) наводе да недостатак модерних технологија и опреме у прехранбеној индустрији потребних за обраду псеудожита и њихову уградњу у прехранбене производе, може бити један од разлога за недовољно кориштење псеудожита у производњи, преради и исхрани становништва.

13.2. Досадашња употреба псеудожита у производњи хране

Киноа, штир и хељда се традиционално користе као додатак супама, кашама, и представљају сировину за израду грицкалица и екструдираних грицкалица, тортиља и напитака (Nandan и сар. 2024).

Ashaolu и сар. (2025) дали су опширан преглед ферментисане хране на бази жита која се конзумира у Европи, укључујући пекарске производе у чијој изради се као сировине користе и псеудожита (на примјер, хљеб, sourdough). Аутори наглашавају да је ферментисана храна од жита и псеудожита богата пробиотицима и пребиотицима, да садржи биоактивна једињења са антимикробним и антиоксидативним дјеловањем, да побољшава биорасположивост минерала и да подржава здравље цријева. Захваљујући томе, ферментисана храна је интересантна за развој и комерцијализацију нових производа.

Штир се сматра неконвенционалном биљком за исхрану. Цијела биљка штира је јестива. Она је погодна за развој хране намијењене потрошачима који болују од неких дегенеративних болести. Зрна штира се прерађују на различите начине. У Латинској Америци и на Хималајима, брашно од штира се користи за производњу различитих сомунa, у Етиопији се прави бесквасни хљеб. У више дијелова Азије припрема се производ познат као chapati (Mburu и сар. 2011). Брашно од штира је кориштено за прављење храњивих резанаца без глутена (Singh и Liu 2021). За израду пекарских производа може се користити смјеса пшеничног брашна и брашна од штира (Haber и сар. 2017). Од свих псеудожита за прављење хљеба штир је највише проучаван (Bender и Schönlechner 2021). Kurek и Krzeminska (2020) сматрају да је додатак 5% брашна штира довољно да се одржи квалитет хљеба, а додатак 10–15% брашна штира може продужити рок трајања готових производа.

Штир је испитиван и признат од стране многих ауторитета као храна без глутена, погодна за исхрану пацијената са целијакијом. У изради хљеба без глутена, брашно од штира је коришћено за повећање садржаја протеина и влакана (Singh и Liu 2021). Студије показују да додавање штира у хљеб без глутена повећава задржавање воде и побољшава високоеластична својства и садржај микронутријената у готовом производу (Piga и сар. 2021; Garcia-Valle и сар. 2021).

Хељда се користи у облику брашна или крупице за добијање пекарских производа, пецива и кондиторских производа, кекса, грицкалица, тјестенина, јогурта, те као извор протеина за производе намијењене особама које болују од целијакије (Arslan-Tontul и сар. 2021; Starowicz и сар. 2018).

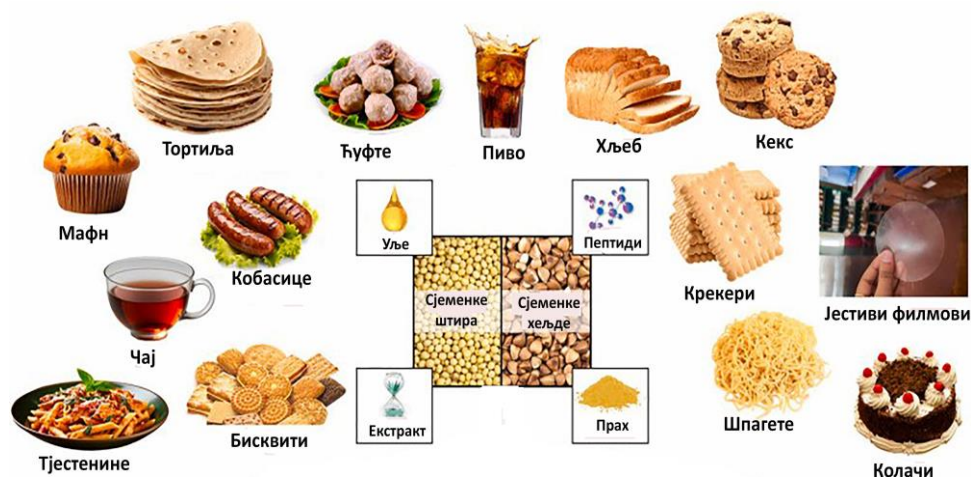
Чија сјеменке имају примјену у различитим областима, од замјене хране и обогаћивања прехранбених производа до употребе у фармацеутским и козметичким производима (Chiang и сар. 2021; Motyka и сар. 2023a). Што се тиче примјене протеина чија сјеменки, оне су погодне као додаци исхрани. Додају се у пекарске производе и користе се као извор алтернативних протеина у индустрији меса (Fernández-López и сар. 2021).

13.3. Развој нових производа у које су укључена псеудожита

Потрошачи желе да кроз оброк, поред неопходних хранљивих материја, добију храну богату нутријентима, који ће им помоћи да побољшају здравље (Kumar и сар. 2023).

Због високог садржаја макро и микро нутријената штир се може користити за развој низа нових прехранбених производа (Rojas-Rivas и сар. 2019). Зрна штира се могу користити као скробна сировина у производњи алкохола и алкохолних пића, те за производњу ферментисаних производа (Rovina и сар. 2017). Развијени су протеински напаци од амаранта који су препоручени за вегане, те особе које болују од целијакије и особе нетолерантне на лактозу (Manassero и сар. 2020; Figueroa-González и сар. 2022).

Развој нових производа без глутена захтијева додатна истраживања на побољшању биоактивних, техничких и сензорних својстава производа. У посљедње вријеме порастао је интерес за истраживање и развој нових производа на бази псеудожита штира, хељде и киноа (Morales и сар. 2021). Са нутритивне тачке гледишта, псеудожита су обећавајући састојци за производњу интегралних прехранбених производа (Srichuwong и сар. 2017). Псеудожита су се појавила као замјенске компоненте у рецептурама производа без глутена (Kumar и сар. 2024). Зрна штира, киноа и хељде могу се фракционисати у брашно, екстракте, пептиде и слад, који се затим користе као сировине за израду различитих прехранбених производа укључујући хљеб без глутена, пекарске производе, тјестенине, ферментисана и неферментисана пића, аналоге млијеку, производе од биљног меса, функционалну храну и друге производе. Kumar и сар. (2024) наводе и друге прехранбене производе у које су додате компоненте псеудожита: тјестенине, резанци, екструдирани грицкалице, мафини, колачи, кекси, хљеб, пљескавице, кобасице, пиво, млијечни напаци, ферментисана пића, амбалажни филмови и премази и друго. Значајан број наведених прехранбених производа комерцијално је доступан на тржишту у више држава (Сл. 13.2).



Сл. 13.2. Фракције штира и хељде и њихово коришћење у развоју функционалне хране (адаптирано према: Kumar и сар. 2024)

Figure 13.2. Amaranth and buckwheat fractions and their use in the development of functional foods (ADAPTED from Kumar et al. 2024)

Препознате по својим бројним здравственим предностима, чија сјеменке су све популарније и широко се користе у разним производима, укључујући житарице, енергетске плочице, пекарске производе и пића. Очекује се да ће Европа бити најбрже растуће тржиште, вођено потражњом потрошача за природним састојцима и усвајањем вегетаријанске исхране (Ferreira и сар. 2023). Како популарност чија сјеменки наставља расти, оне су постале кључна култура у прехранбеној индустрији. Њена све већа употреба у људској исхрани довела је до повећања истраживања и развоја од стране универзитета, истраживачких центара и индустрије, како би се истражио потенцијал чија састојака у додацима исхрани, у индустријски прерађеној храни и нутрацеутицима.

Биоактивни пептиди добијени из обезмашћеног чија брашна (DCF-a) имају велики потенцијал за побољшање нутритивне вриједности. Производи добијени из чија сјеменки су вриједан састојак који доприноси побољшању здравља људи који конзумирају функционалне прехранбене производе.

Састојци хране добијени из чија сјеменки најчешће се уграђују у четири категорије хране (Сл. 13.3): пекарске производе, производе од меса, производе од млијека и грицкалице (Ozon и сар. 2022; Chen и Luo 2024; Senna и сар. 2024; Kothury и сар. 2024; Khushairay и сар. 2025).



Сл. 13.3. Примјена састојака добијених из чија сјеменки у развоју прехранбених производа (адаптирано према: Khushairay и сар. 2025)

Fig. 13.3. Application of ingredients derived from chia seeds in the development of food products (ADAPTED from Khushairay et al. 2025)

Чија сјеменке, као природна псеудожита без глутена (Borges и сар. 2021), нуде безбједну исхрану за особе са целијакијом и особе са другим поремећајима повезаним са глутеном. Укључивање састојака добијених из чија сјеменки у хљеб и пецива пружа извор висококвалитетних протеина, корисних биоактивности и доприноси побољшању нутритивног профила и текстуре ових производа (Borges и сар. 2021; Fernandes и сар. 2021).

13.3.1. Пекарски производи

Штир, киноа и хељда користе се као сировине за израду производа од брашна: хљеба, кекса, колача, мафина, тјестенине, резанаца, крекера, ролница и тортиља. Употреба штира, хељде и киноа пружа могућност производње пекарских производа без глутена. У наставку ће бити наведени најважнији резултати неколико истраживања проведених у овој области.

У више истраживања указано је на утицај додатка псеудожита на својства хљеба (Gostin 2019; Miranda-Ramos и сар. 2019; Aguiar и сар. 2021a; Yes и Levent 2022). Хљеб од пшеничног брашна у који је додат штир, има већу нутритивну вриједност од хљеба израђеног само од пшеничног брашна. Међутим, овај производ има мању запремину, тврђу средину, тамнију боју, нижу прихватљивост и већи садржај танина и фитата (Miranda-Ramos и сар. 2019; Zula и сар. 2020). Haros и Sanz-Penella (2017) објавили су да употреба киное побољшава нутритивна својства хљеба, али смањује волумен, повећава чврстоћу средине и производу даје тамну боју и горак укус.

Chaquilla-Quilca и сар. (2024) су током израде хљеба (са глутеном) пшенично брашно замијенили брашном штира (0–30%). У поређењу са хљебом израђеним само од пшеничног брашна, хљеб са највећим додатком штира имао је повећан садржај протеина (12%) и влакана (више од 100%), али смањен укупни садржај угљених хидрата (свега 6%). У замјес стандардног пшеничног хљеба Сођовану и сар. (2023) додавали су 5–20% брашна штира. Резултати оптимизације су показали да би најприкладнија комбинација била она у којој композитно брашно садржи 9,74% брашна штира величине честица од 280 μm и пшенично брашно. Уочено је побољшање физичког, текстуралног и нутритивног квалитета хљеба од пшеничног и штировог брашна. Минерални састав хљеба направљеног од наведене комбинације брашна био је бољи од састава хљеба израђеног од пшеничног брашна. Са друге стране, Liu и сар. (2019) испитивали су најбољу рецептуру за израду хљеба без глутена, комбиновањем брашна од штира и соје. Додатак штира значајно је побољшао чврстоћу хљеба направљеног од смјесе штир–соја у односима 85 : 15 и 70 : 30. Резултирајућа текстура била је упоредива са структуром хљеба од пшенице.

Eren и Akkaya (2024) додавали су током израде хљеба (са глутеном) хељдино брашно (0–30%) у пшенично брашно. Додатак хељде утицао је на повећање садржаја испаривих компоненти, као што су фенилетанол и бензилалкохол. Бијели хљеб са 20% хељдиног брашна сматран је најприкладнијим за употребу. Испитивањем оптималне рецептуре за израду хљеба без глутена бавили су се Vicente и сар. (2024). Током њихових испитивања тијесто обogaћено хељдиним брашном показало је бољу конзистенцију и еластичност од пшеничног брашна. Током *in vitro* дигестије скроба уочени су повећање сварљивости протеина и смањење садржаја ослобођење глукозе.

Yesil и Levent (2022) испитивали су утицај спонтане и квасне ферментације брашна од хељде, киное и штира на квалитет хљеба без глутена. Повећање удјела ферментисаног тијеста од псеудожита резултирало је повећањем садржаја минерала, сирових протеина и интензивирања антиоксидативне

активности у хљебу. Додавање ферментисаног тијеста од псеудожита у количини од 45% значајно је повећало садржај минерала у хљебу без глутена. Хљебови са ферментисаним тијестом од штира имали су добру симетрију и структуру пора, али је прихватљивост укуса и мириса од стране потрошача била ниска. Додатак тијеста ферментисаног са квасцима је резултирало мекшом средином. Спонтана ферментација утицала је на лошију оцјену сензорних својстава хљеба. У студији је закључено да се безглутенски хљеб прихватљивог сензорног квалитета може произвести додавањем до 30% ферментисаног тијеста од псеудожита (Yesil и Levent 2022).

Додавање до 30% хељде у хљеб може побољшати његов укус, нутритивну вриједност и садржај антиоксиданса, што је корисно за унапређење цјелокупног здравља људи. Слично томе, додавање штира у хљеб без глутена повећава садржај влакана, протеина и минерала (Liu и сар. 2019).

Псеудожита хељда, штир и киноа побољшавају укус, нутритивну вриједност и садржај антиоксиданса у пекарским производима без глутена, промовишући здравље, укусне и хранљиве грицкалице (Reddy и сар. 2024). Према истраживању Sciammagio и сар. (2018), потрошачи су добро прихватили слатке грицкалице у чији састав улазе псеудожита у удјелу од 51,8% укупне масе грицкалица (чија – 7,8%, киноа – 22% и штир 22%).

Ozon и сар. (2022) пишу да додавање чија хидролизата из DCF-а у концентрацији од 1–10 mg за обогаћивање пшеничног брашна у замјесу хљеба даје хљеб са свјетлијом корицом. Поред тога, додавање 5 mg или 10 mg чија хидролизата у замјес утиче на побољшање текстуалних својстава хљеба, повећавајући његов специфични волумен, смањујући тврдоћу и побољшавајући формулацију алвеола. Coronei и сар. (2021) утврдили су да је обогаћивање премикса и хљеба чија брашном резултирало већим садржајем протеина и побољшаном емулгирајућом активношћу и стабилношћу у поређењу са контролном групом узорака. Обогаћивање замјеса кекса са 15% чија брашна повећало је способност задржавања воде (Brandao и сар. 2019), што је потенцијално побољшало текстуру, осјећај у устима и продужило трајност кекса.

13.3.1.1. Технолошки квалитет свјежег хљеба

У производњи већине комерцијално доступних хљебова без глутена, као главне сировине користе се брашно риже и скроб. Због тога овако израђени производи имају висок садржај скроба и низак садржај протеина, дијететских влакана, микронутријената и биоактивних једињења (Aguilar и сар. 2021b). У

последње вријеме истражене су алтернативне сировине, које су богате храњивим материјама и биоактивним спојевима, међу којима посебно мјесто припада брашну добијеном мљењењем сјеменки псеудожита (штир, хељда и киноа). Ова псеудожита не садрже глутен, али имају високи садржај протеина, есенцијалних аминокиселина, есенцијалних масних киселина, дијеталних влакана, минерала и биоактивних једињења с антиоксидативним дјеловањем. Захваљујући наведеним састојцима псеудожита пружају бројне здравствене предности као што су антиканцерогено, антидијабетичко дјеловање и дјеловање на снижавању садржаја холестерола (Martinez-Villaluenga и сар. 2020; Thakur и сар. 2021).

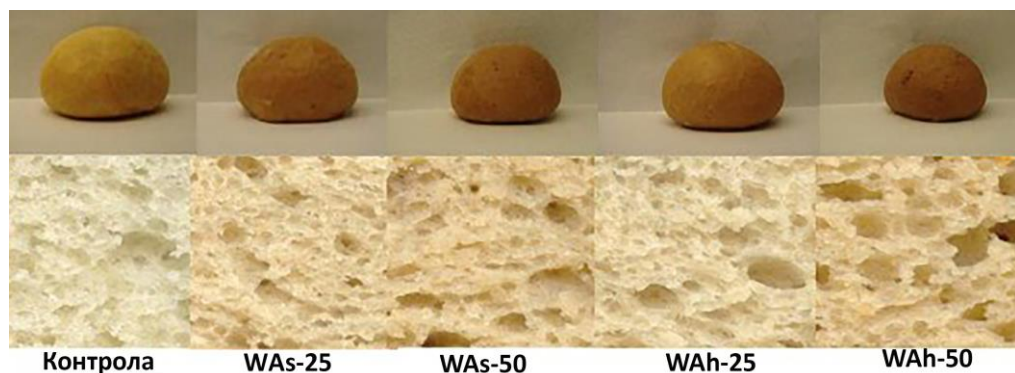
Miranda-Ramos и сар. (2019) истраживали су утицај додавања интегралног брашна двије сорте штира (*Amaranthus spinosus* из Индије и *Amaranthus hypochondriacus* из Мексика) на квалитет хљеба. Квалитет хљеба је анализиран у погледу хемијског састава, специфичне запремине векне, односа ширине и висине шните, боје коре/средине, структуре и чврстоће средине и сензорних својстава. Додавање штира у хљеб може се ограничити на максимално 25 g/100 g, уз значајно побољшање нутритивне вриједности и прихватљив сензорни и технолошки квалитет, чак и током старења. То значајно утиче и на побољшање исхране људи.

Због недостатка глутена у интегралном брашну штира, специфична запремина хљеба је смањена са 4,05 mL/g на 2,38 mL/g, зависно од количине додатог брашна штира (Miranda-Ramos и сар. 2019). Iglesias-Puig и сар. (2015) сматрају да се то дешава због ефекта разрјеђивања глутена, што је посљедица додавања веће количине влакана у замјес хљеба. Са друге стране, облик шните хљеба у чији замјес је додато интегрално брашно штира није показао значајне разлике у односу на контролни узорак (Сл. 13.4).

Више истраживања проведених широм свијета показало је да додавање брашна киноа у пшенично брашно утиче на квалитет производа од пшенице. Wang и сар. (2021) открили су да се замјеном пшеничног брашна интегралним брашном киноа може смањити волумен хљеба и пробављивост скроба, а да се истовремено повећа тврдоћа и жвакљивост.

Додавање интегралног брашна штира у замјес довело је до значајне промјене чврстоће средине хљеба, достижући 2,16/2,46 код 50% замјене (Miranda-Ramos и сар. 2019). Исти ефекат је уочен у хљебу у који су додате друге врсте псеудожита (Iglesias-Puig и сар. 2015). Брашно од интегралних псеудожита богато је дијеталним влакнима и не обезбјеђује глутен, али његови протеини, као што су албумини, преко дисулфидних веза, имају способност интеракције са глутенином из пшенице. То не утиче на слабљење глутенске мреже (Oszvald и сар. 2009). Висок садржај поларних липида у

штиру може имати функцију стабилизатора гаса током печења хљеба, што вјероватно побољшава еластичност хљеба (D'Amico и сар. 2017).



Сл. 13.4. Изглед векне хљеба и структура средине. Замјес хљеба: С – контролни хљеб; WAS-25, WAS-50, WAh-25 и WAh-50 – проценат додатог интегралног брашна *A. spinosus* и *A. hypochondriacus* у замјес (25% и 50%), респективно (адаптирано према: Miranda-Ramos и сар. 2019)

Figure 13.4. Loaf appearance and medium structure. Bread dough: C - control bread; WAS-25, WAS-50, WAh-25 and WAh-50 - percentage of added wholemeal flour *A. Spinosus* and *A. Hypochondriacus* to the dough (25% and 50%), respectively (Adapted from Miranda-Ramos et al. 2019)

Специфични волумен замјеса са 25% интегралног брашна штира (WAS-25 и WAh-25) био је приближан волумену контролног узорка (50–70%) и био је значајно већи од волумена хљебова са штиром додатим у количини 50% (WAh-50/WAS-50) (Miranda-Ramos и сар. 2019). Овај ефекат је вјероватно посљедица ниског садржаја глутена и смањење еластичности тијеста у замјесима са 50% замјене пшеничног брашна. Параметри боје коре и средине показали су тенденцију смањења свјетлоће и хуе вриједности, док је *chroma* имала тенденцију повећања, посебно у замјесима са додатим интегралним брашном штира у количини од 50% (Miranda-Ramos и сар. 2019). Температура током печења у средини хљеба је нижа од 100 °C, али она је знатно виша у кори. Тамна боја коре посљедица је Мајлардове реакције и карамелизације шећера код високих температура (Martínez и сар. 2013). Са повећањем степена замјене пшеничног брашна са интегралним брашном штира, L^* и h_{ab} вриједности измјерене у кори и у средини биле су мање у односу на контролни узорак. Резултат тога је постојање значајне разлике у боји коре и средине (ΔE^*) свих узорака са брашном штира у односу на контролни узорак.

На сензорну оцјену и прихватљивост хљебова у које је додато брашно псеудожита утичу изглед и боја коре, те укус и текстура кришки хљеба. У истраживању Miranda-Ramoss (2019) потрошачи су преферирали хљеб у односу на друге замјесе у чијој рецептури је 25% пшеничног брашна замијењено са интегралним брашном штира (*A. hypochondriacus*).

Замјена пшеничног брашна са брашном штира до 10% омогућила је добијање хљеба високе нутритивне вриједности и пожељних карактеристика квалитета (Mukhtar и сар. 2020). Zula и сар. (2020) пишу да повећање додатка штира са 10% на 40% утиче на повећање садржаја воде, протеина, масти, влакана. Већи удио штира резултирао је и већим вриједностима садржаја воде, протеина и влакана, али и већим садржајем антинутритивних састојака.

Miranda-Ramos и Haros (2020) бавили су се испитивањем карактеристика пшеничног хљеба обогаћеног додатком брашна чија сјеменки. Пшенично брашно је замијењено сировим чија сјеменкама и чија брашном, те одмашћеним чија брашном у концентрацијама од 5% и 10%. Пшенични хљеб са чија сјеменкама или брашном имао је више протеина, масти, минерала, влакана, линолне киселине и имао је нижи гликемијски индекс у поређењу са хљебом од 100% пшенице.

Замјес и хљеб припремљени са додатком хељдиног и чија брашна (у међусобном односу 90 : 10) имали су висок садржај протеина, пепела, сирових влакана, антиоксиданса и полинезасићених масних киселина (Coronel и сар. 2021).

У бројним истраживањима испитивана је употреба псеудожита током израде прехранбених производа без глутена (на примјер, хљеб, тјестенине и кондиторски производи) како би се повећала њихова нутритивна вриједност. Modupalli и сар. (2024) навели су низ примјера употребе штира, киноа и хељде као алтернативних састојка за побољшање нутритивног квалитета хљеба без глутена. Истраживања које су аутори анализирали показала су могућност израде хљеба са знатно вишим садржајем протеина, влакана и минерала. Поред тога, резултати су показали да се замјеном кромпировог скроба брашном од псеудожита може добити хљеб без глутена са повећаним садржајем главних нутријената (протеина, влакана, калцијума, жељеза и витамина Е), те већом концентрацијом полифенола и повећаном антиоксидативном активности.

Aguiar и сар. (2021a) описали су експеримент током којег су, на бази брашна од цјеловитих (интегралних) псеудожита, произвели хљеб без глутена (GFB), али са побољшаним физичким својствима и већом прихватљивошћу од стране потрошача. За проучавање утицаја брашна три врсте псеудожита

(штир – AF, хељда – BF и киноа – QF) на својства тијеста и хљеба, аутори су брашно псеудожита мијешали са рижиним брашном (RF) и кромпировим скробом (PS). AF и QF су показали сличан утицај на реолошка својства тијеста. BF има профил тијеста који је сличан са тијестом од RF. Он има већу конзистенцију, што доприноси побољшању структуре, волумена, текстуре и прихватљивости хљеба. Појединачне мјешавине припремљене са BF и QF показале су умјерену прихватљивост (укупно прихватање 6,7 и 6,4 на скали од 10 cm), док је хљеб припремљен са AF, због свог мириса и укуса средине, показао нижу прихватљивост (укупно прихватање 5,4). AF је такође лоше дјеловао на текстуру хљеба. Интеракција између брашна псеудожита и RF повећава конзистенцију тијеста, волумен хљеба, мекоћу и прихватљивост (Aguilar и сар. 2021a). Мјешавине 50% AF, BF или QF са 50% RF резултирају GFB са високом прихватљивошћу (оцјена за укупну прихватљивост је осам) (слично обичном GFB хљебу). За добијање прихватљивог GFB (оцјене за изглед, боју, мирис, текстуру, прихватљивост укуса и укупна допадљивост веће од седам), максимални удио псеудожита помијешаног са RF био је слједећи – 60% за AF, 85% за BF и 82% за QF (Aguilar и сар. 2021a).

Најбоља физичка и сензорна својства хљеба без глутена добијена су када је брашно од жита замијењено смјесом састављеном од хељде, киноа и штира (Aguilar и сар. 2021a). Штир, црна и црвена киноа додати у комерцијална брашна без глутена утичу на повећање садржаја фенола у производу (Rocchetti и сар. 2019). Функционална својства замјеса од композитног брашна, који садржи штир, хељду и киноу у односима од 50%, 40% и 10%, респективно, показала су се супериорнијима. Увијек када треба побољшати структурна и текстурна својства хране без глутена, ова смјеса би могла бити ефикасна замјена за производе на бази пшенице, а на која првенствено утиче присуство глутена (Poshadri и сар. 2023).

Al-Alі и сар. (2024) уочили су побољшање својстава хљеба када је дио пшеничног брашна замијењен екстрактом гуме из чија сјеменки (CSG). Побољшање замјеса хљеба је резултат утицаја хидрофилних спојева чија сјеменки, добре способности апсорпције воде, те способности за развој стабилних хидроколоида и побољшање мреже глутена у новом производу. Најбољи резултати добијени су код супституције пшеничног брашна са 6% доданог CSG-а.

Хљебови од 100% хељде или 100% брашна киноа имају нижи гликемијски индекс од хљеба на бази 100% пшенице (Wolter и сар. 2013).

13.3.2. Тјестенине и резанци

Demir и Bilgiçli (2020) проучавали су функционална и нутритивна својства тјестенине састављене од пшеничног брашна обогаћеног сировим брашном киное и открили да додаток брашна киное доводи до значајног повећања садржаја протеина, фенолних и минералних материја. Zhang и сар. (2022) у пшеничне резанце додали су 20% проклијалог брашна киное и утврдили смањење времена потребног за кување и дигестију скроба у односу на пшеничне резанце.

Током израде резанаца Huang и сар. (2022a) додавали су брашно киное. Они су утврдили да је вријеме за кување резанаца скраћено. Са друге стране, губитак при кувању и тврдоћа су били повећани. Резанци у које је додата киноа имали су добра својства везивања, али лош укус. Поред тога, приликом кувања смањен је садржај воде.

Оксидација липида ограничава рок трајања брашна од киное и тјестенине у које је оно уграђено. Секундарни производи оксидације липида могу узроковати нежељене проблеме (непријатан мирис и погоршање нутритивне вриједности и безбједности хране, због чега оксидацију липида у брашну од киное треба спријечити током складиштења) (Schaich и сар. 2013). Током претходне обраде брашна киное у пракси се користе различити поступци за спречавање оксидације липида, односно поступци током којих се одговарајући ензими инактивишу: третирање прегријаном паром, кориштење микроталасне пећнице, екструзија, итд. (Yang и сар. 2022). Одмашћивање побољшава својства и могућност складиштења киное. Huang и сар. (2021) утврдили су да одмашћено брашно киное има ниже вриједности индикатора који указују на оксидацију масти (садржај слободних масних киселина и садржај пероксида). Одмашћено брашно има потенцијал за индустријску прераду (Huang и сар. 2021). Уклањање уља из сјеменки и брашна киное, због спречавања оксидације, алтернативна је метода за продужење рока одрживости резанаца од киное и пшенице. Huang и сар. (2022a) испитали су реолошка својства тијеста и *in vitro* сварљивост скроба, квалитет кувања и текстурна својства резанаца који садрже 0–30 % (w/w) одмашћеног брашна киное (DQF). Резанци са DQF (10–20%) имали су мањи губитак током кувања и апсорпцију воде од резанаца са 10% пуномасног брашна од киное (FQF), док су резанци са 30% DQF имали губитке током кувања који су прекорачили задовољавајућу границу стандарда. С друге стране, резанци са DQF показали су већу тврдоћу и жвакљивост од пшеничних резанаца. Након испитивања карактеристика дигестије и својства текстуре резанаца, Huang и сар. (2022a) препоручују да се у смјесу резанаца може додати до 10% DQF.

Córdoba-Cerón и сар. (2023) додавали су киноу у замјес за тјестенину без глутена. Они су уочили промјену технолошко-функционалних својстава тјестенине. Khatri и сар. (2023) у замјес за израду тјестенине без глутена додавали су киноу и чију и постигли добре резултате у вези са способношћу кувања и сензорних карактеристика производа. Ови аутори (Cordoba-Ceron и сар. 2023) бавили су се испитивањем технолошких и функционалних својства тјестенине израђене од високопротеинског брашна киное. Они су закључили да и високопротеинско брашно киное и одмашћено високопротеинско брашно киное имају различит утицај на технолошка и функционална својства тјестенине. Високопротеинско брашно киное тежи ка смањењу вискозности и конзистенције, док одмашћено високопротеинско брашно киное тежи повећању ових параметара. Поред тога, аутори сматрају да умјерене температуре током екструзије не узрокују значајне промјене у структури скроба и протеина (Cordoba-Ceron и сар. 2023).

Singh и Liu (2021) бавили су се испитивањем употребе брашна од штира за производњу високопротеинских резанаца без глутена. Аутори су пратили утицај састава и физичко-хемијских својства сировог, прженог и куваног брашна штира на квалитет резанаца. Сирово брашно штира имало је висок садржај лизина, глицина, хистидина и сирових протеина. У односу на пшенично брашно, сирово брашно штира имало је тамнију боју, већи капацитет задржавања воде, већи вискозитет, мекше тијесто за резанце и резанце са пријатнијим укусом. Пржење је побољшало принос кувања и текстуру куваних резанаца. Пржено брашно штира показало је потенцијал да замијени пшенично брашно у развоју прихватљивих нутритивних резанаца без глутена.

Побољшање квалитета безглутенске тјестенине од киное може се постићи додавањем емулгатора (на примјер, диацетил-естера моноглицерида и диглицерида и натријум-стеароил-2-лактата). Лецитин нема значајан учинак на побољшање квалитета тјестенине. Синергистичко дјеловање мјешавина брашна више врста псеудожита и прехранбених адитива је најбољи метод за побољшање текстуре безглутенских резанаца, губитка при кувању и сензорног квалитета.

Веганска тјестенина високе хранљиве вриједности може се произвести из мјешавине брашна хељде и штира (Beltane и Marisheva 2023).

Khatri и сар. (2023) упоредно су испитивали нутритивна и текстурална својства тјестенине без глутена, направљене од киное и чија сјеменки, са тјестенином од дурум пшенице. Тјестенина без глутена направљена од брашна од 85% киное и 15% чија сјеменки показала је супериорна својства кувања, те нутритивна, функционална и сензорна својства.

13.3.3. Кекс и колачи

Poduvachola и сар. (2024) у рецептуру за кекс са глутеном додавали су брашно штира у количини 10–30%. Аутори су уочили повећање садржаја антиоксиданса, флавоноида и фенола. Поред тога, кекс са додатком брашна штира од 15% имао је добар сензорни квалитет. Farzana и сар. (2021) бавили су се оптимизацијом рецептуре за колач (са глутеном) у којем је дио пшеничног брашна (10–40%) замијењен са хељдиним брашном. Повећање удјела хељдиног брашна до 30% резултирало је високим квалитетом и високом сензорном прихватљивошћу колача обогаћених хељдом. Обогаћени колач је микробиолошки био прихватљив у трајању до девет дана. Код израде колача без глутена додаване су различите количине хељдиног брашна (Abid и сар. 2024). Повећање удјела хељдиног брашна у колачима резултирало је повећањем сензорног квалитета уз промјену састава и физичких карактеристика. Током осам дана складиштења није било промјене у садржају масти или протеина, али је дошло до смањења садржаја влаге у колачима.

Током складиштења производа, Antoniewska и сар. (2018) испитивали су промјену квалитета мафина израђених по различитим рецептурама. У смјесу за израду мафина они су пшеничном брашну додавали од 17% до 50% смјесе хељдиних пахуљица и брашна штира. Мафини са већим удјелом смјесе хељдиних пахуљица и брашна штира показали су већу антиоксидативну активност, виши садржај линоленске киселине и других мононезасићених и полинезасићених масних киселина. Замјена већег дијела пшеничног брашна (33% или 50% смјесе хељдине пахуљице – брашно штира) утицала је на побољшање нутритивне вриједности и антиоксидативних својстава, уз ефикасно спречавање стварања штетних продуката секундарне оксидације липида.

Додатак хељде и штира у смјесу за мафине утиче на смањење степена оксидације липида у производу. Замјена пшеничног брашна са 33% или 50% резултирала је побољшањем антиоксидативних својстава, повољнијим профилем масних киселина, већим садржајем влакана у мафинима и значајним утицајем на сензорну оцјену производа. Поред тога, дошло је до инхибирања микробиолошке контаминације мафина током складиштења (Antoniewska и сар. 2018).

Штир, киноа и хељда се могу додати у знатно већој количини (25–100%) у замјес за израду кекса без глутена од количине која се може додати у замјес за хљеб. Додавање псеудожита у замјес значајно је побољшало хрскавост кекса и то у сљедећем редослиједу: хељда > киноа > штир. Кекс који садржи

хелду и штир од потрошача је боље прихваћен него кекс у који је додата киноа (Mir и сар. 2018).

Колачи произведени од 10% брашна киноа показали су добар текстуални и сензорни квалитет и високо антиоксидативно дјеловање (Jan и сар. 2018).

Укусни кекс се може направити од обичне и татарске хелде без додавања пшеничног брашна (Vombergar 2020).

Додавање чије у смјесу за веганске brownie колачиће није утицало на чврстину, специфични волумен, симетрију и униформност производа, који су имали сивкасту боју и висок степен прихватљивости (76%) (Moreira и сар. 2023).

У производњи грицкалица од интегралног брашна киноа, Kahlon и сар. (2016) добили су резултате према којима су грицкалице на бази киноа показале добру активност воде, текстуалну и сензорну прихватљивост. За производњу крекера Sedej и сар. (2011) користили су мјешавину рафинисаног или интегралног хелдиног брашна и кукурузног брашна (70 : 30 w/w). Крекери направљени од хелдиног брашна имали су већи садржај токоферола и фенола и боље антиоксидативно дјеловање од крекера на бази пшенице. Додатак хелдиног брашна није утицао на сензорни квалитет крекера.

Нежељени ефекти додатка киноа, штира и хелде у пекарске производе, могу се смањити примјеном поступка екструзије. На тај начин се могу побољшати технолошка својства брашна (својства хидратације, пробављивост, вискозитет), те смањити капацитет ретроградње скроба и продужити трајање хљеба (Di Cairano и сар. 2020; Garcia-Valle и сар. 2021; Banu и Aprodu 2022).

Khatr и сар. (2023) проучавали су употребу чија брашна у смјеси тјестенине без глутена, укључујући до 17% чија брашна уз брашно од киноа, и открили да се губитак кувањем смањује са повећањем удјела брашна од чија сјеменки, што сугерише да већи садржај протеина у чија брашну помаже у спречавању бубрења гранула скроба.

Чија сјеменке и производи играју вишеструку улогу у побољшању нутритивног профила, текстуре и функционалних својстава грицкалица. Они нуде низ предности, од побољшања моћи упијања воде и својстава желирања до повећања садржаја омега-3 масних киселина и влакана.

Кекс је грицкалица, која је погодна за обогаћивање влакнима, уз истовремено испуњење захтјева потрошача и без угрожавања сензорне прихватљивости. Поред влакана од чија сјеменки, отпад од чије садржи биоактивна једињења (на примјер, ружмаринске киселине, флавоноиде и

алкалоиде), која имају антиоксидативна, антимикробна и антифунгална својства (Motyka и сар. 2023b).

Sarkar и сар. (2025) истражили су примјену нуспроизвода сјеменки чије (*Salvia hispanica* L.). У кекс од пшеничног брашна они су додавали отпад након екстракције уља из чија брашна, који је богат влакнима (FRF), и прах од отпада цвијета чије (DCF). Дјелимичном замјеном пшеничног брашна овим састојцима у количинама од 20%, 30% и 40%, они су испитали могућност побољшања нутритивног профила и функционалних својстава кекса. Кекс са измијењеном рецептуром, у односу на контролне узорке кекса, имао је значајно побољшање садржаја дијеталних влакана (са 4,80 g на 20,06 g/100 g), протеина (са 10,88 g на 15,57 g/100 g), незасићених масних киселина (са 12,20 g на 19,17 g/100 g). Истовремено, у кексу је дошло до смањења удјела редукујућих шећера (са 38,16 g на 16,98 g/100 g). Садржај антинутритивних фактора се значајно смањио. Садржај танина (са 153,6 на 4,3 mg/100 g), фитата (са 108,7 на 3,4 mg/100 g) и инхибитора трипсина (са 96,4 на 3,78 mg/100 g) знатно је смањен у замјесу са 20% додате фракције богате чија влакнима. Сензорна анализа је показала да замјена пшеничног брашна са 15% фракције богате влакнима + 15% праха сувог отпада од чија цвијета нуди најбољу равнотежу укуса, текстуре и укупне прихватљивости. Обогаћени кекс је имао већу хидратацију, способност бубрења, способност задржавања уља и воде. Са повећањем удјела чија влакана, антиоксидативна активност се повећавала, при чему је рецептура са 20% додате фракције богате чија влакнима имала највише вриједности параметара: активност уклањања радикала (12,02%), укупни садржај фенола (111,0 mg GAE/100 g), укупни садржај флавоноида (512,4 mg QE/100 g) и антиоксидативна моћ редукације жељеза (133,1 $\mu\text{mol Fe (II)}/\text{g}$). На крају, садржаји акриламида (116,7–299,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и хидроксиметилфурфурала (10,67–55,00 mg/kg) били су унутар прихватљивих граница у оптимизираним замјесима. Током шестомјесечног складиштења кекс је показао добру одрживост оксидативних и сензорних својстава.

13.3.3.1. Изложеност акриламиду и здравствени ризик у прехранбеним производима (хљеб, кекс, грицкалице)

Без обзира на потенцијалне здравствене предности које имају колачи са уграђеним чија сјеменкама (на примјер, антиоксидативно и антихолестеролско дјеловање), поступак печења колача може угрозити безбједност производа током његове производње.

Акриламид је контаминант који настаје током индустријске прераде хране. Од његовог открића у прженој, печеној, или на други начин топлотно

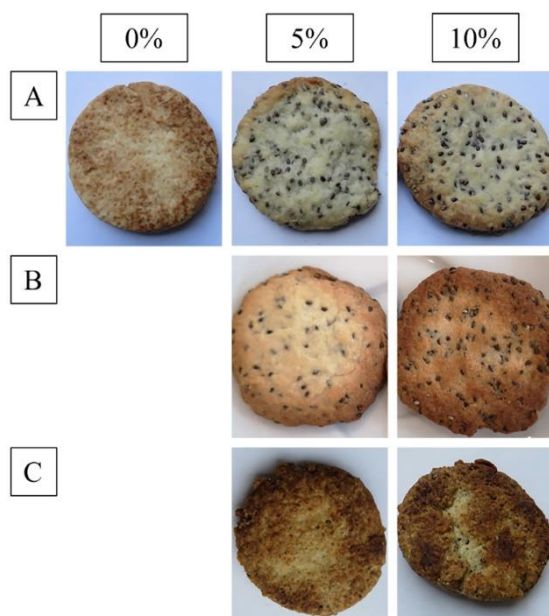
обрађеној храни богатој угљеним хидратима, проведено је много истраживања у смислу утврђивања механизма формирања акриламида и анализе његових прекурсора. Доказано је да је Мајлардова реакција главни механизам за формирање акриламида у храни од житарица и кромпира. То се дешава када се храна загријава изнад 120 °C, при чему долази до реакција аминокиселине аспарагин и дикарбонилне структуре настале редукцијом шећера. Крајњи продукт Мајлардове реакције је акриламид (Holzle и сар. 2025). Наведени механизам обухвата бројне реакције, укључујући формирање Schiff-ових база, Strecker-ову деградацију и формирање различитих интермедијера. На формирање акриламида утичу бројни фактори, укључујући рН, начин кувања (вријеме, температура, влага, адитиви), употребу гнојива, жетву, услове складиштења, сезонску варијабилност, као што је истакнуто у неколико недавних студија (Adimas и сар. 2024; Govindaraju и сар. 2024). Формирању акриламида током Мајлардове реакције погодују ниска влажност и рН вриједност између 7 и 8.

Акриламид представља ризик по здравље људи, посебно у термички обрађеним грицкалицама, као што су производи од житарица, јер садрже велику количину слободног аспарагина (Friedman, 2015; Mesías и сар. 2023). Акриламид је од Међународне агенције за истраживање рака класификован као потенцијално канцероген за људе (International Agency for Research on Cancer, World Health Organization 1994). Због тога и због доказане токсичности садржај акриламида у храни потребно је смањити (Friedman 2015; Belhadj Benziane и сар. 2019).

Кинони (хидрокситирозол-кинон и кинон кофеинске киселине), као и други карбонили, могу разградити аспарагин и произвести акриламид. Реакције овог типа се одвијају у широком распону рН вриједности, са максимумом при рН 4–6. Мале количине присутне воде утичу на повећање количине произведеног акриламида. Количина акриламида се линеарно повећава у функцији количине присутног кинона. Осим тога, садржај произведеног акриламида је већи код дужег времена реакције и више температуре (Zamora и сар. 2025).

Holzle и сар. (2025) бавили су се испитивањем настајања акриламида у колачима који садрже чија сјеменке и сјеменке лана. Том приликом су користили различите рецептуре и додавали различите количине чија сјеменки и сјеменки лана. Садржај акриламина у колачима са чија сјеменкама (*Salvia hispanica* L.) био је повећан и то: цијеле сјеменке – 112–286 µg/kg, мљевене сјеменке – 252–649 µg/kg. Садржај акриламида у колачима са цијелим или мљевеним сјеменкама лана (*Linum usitatissimum*) (204–516 µg/kg) био је сличан садржају у колачима са чија сјеменкама, док су

колачићи са ланеним брашном имали највећи садржај (790 $\mu\text{g/kg}$). Додавање прашка за пециво у колаче са чија сјеменкама повећало је садржај акриламида за 20%, док је додавање органских киселина утицало на смањење садржаја акриламида (до 78%). Присутни шећер је утицао на садржај акриламида у колачима са чија сјеменкама, при чему је додавање смеђег шећера резултирало већим садржајем (213 $\mu\text{g/kg}$) (Сл. 13.5). Ипак, садржај акриламида у овим колачима остао је испод референтне вриједности за акриламид у колачима (350 $\mu\text{g/kg}$) утврђене у уредби (ЕУ) бр. 2017/2158 (Evropska komisija 2017).



Сл. 13.5. Фотографије колача који садрже различите облике чија сјемена – (А) цијеле, (Б) цијеле пржене (пржено на 160 °C током 15 мин. прије употребе) и (Ц) мљевене, у различитим количинама (0–20%) након печења на 190 °C током 20 мин. (адаптирано према: Holzle и сар. 2025)

Fig. 13.5. Photographs of cakes containing different shapes of seeds ((a) whole, (b) whole roasted (roasted at 160 °C for 15 min before use) and (c) ground) in different amounts (0-20%) after baking at 190 °C for 20 min (Adapted from Holzle et al. 2025)

Mesías и сар. (2023) показали су да је додатак 5% мљевених чија сјеменки у тијесто за колаче на бази пшенице резултирао стварањем акриламида у колачима печеним на 190 °C током 20 минута (236 $\mu\text{g/kg}$).

Đekić и сар. (2025) утврдили су присуство акриламида у кори хљеба, посебно у интегралном хљебу са сјеменкама. Проведена анализа је показала директну везу између трајања тостирања и стварања акриламида у тост хљебу.

13.3.4. Производи од меса

Додавање биљних влакана у производе од мљевеног меса утиче на побољшање текстуре производа (Грујић и сар. 2014).

Suychinov и сар. (2023) анализирали су како додавање брашна штира у пљескавице од меса утиче на њихов хемијски састав. Припремљене су четири врсте пљескавица у којима је говеђе месо замијењено брашном штира у количини од 5%, 10% и 15%. Резултати су упоређени са контролним узорком у који није додато брашно штира. На основу добијених резултата аутори су закључили да замјена говеђег меса са 10% брашна штира утиче на повећање садржаја угљених хидрата и липида и повећање способности везања воде. Поред тога, то повољно утиче на минерални састав пљескавица. Додавање брашна штира или мљевених клица штира (0%, 2%, 4%, 8 и 10% w/w) у мљевено месо резултирало је значајним повећањем садржаја дијеталних влакана (од 1,25 до 1,75 пута) (Pérez-Ramírez и сар. 2023).

Утицај додатка 4–12% хидратисаног хељдиног брашна на физичко-хемијска, функционална, технолошка, структурно-механичка и органолептичка својства сировог меса испитивали су Yessengaziyeva и сар. (2023). Замјена сировог меса са хидратисаним хељдиним брашном до 6% масе, позитивно утиче на физичко-хемијска, функционална и технолошка, те структурно-механичка и органолептичка својства.

Atambayeva и сар. (2023) процијенили су утицај додавања проклијале зелене хељде и њеног брашна на рок трајања, квалитет и безбједност мијешаних пљескавица од пилећих бутова и коњског меса. Додатак брашна од проклијале зелене хељде показао је побољшање садржаја масти, протеина и влаге, те ефикасније кување, задржавање масти и садржаја укупних фенола.

Киноа и хељдино брашно показали су добру способност за везивање током израде говеђих пљескавица. Поред тога, додатак киноа и хељдиног брашна позитивно је утицао на сензорне и нутритивне карактеристике производа, те продужење рока употребе производа.

Salejda и сар. (2022) провели су истраживање за процјену утицаја додавања љуске хељде у кобасице, типа хреновке, са циљем побољшања нутритивне

вриједности кобасица и минимизирања количине отпада током прераде хељде. Установљено је да су кобасице са 3% хељде имале већи губитак масе током кувања, и мањи губитак током складиштења.

Једно од истраживања у вези са израдом и испитивања својстава производа из категорије биљног меса, односи се на оцјену утицаја додатка 3% црне киное у производ типа болоњска кобасица (Fernández-López и сар. 2020). Израђена су два типа производа: у један су додаване цијеле сјеменке црне киное, а у други брашно добијено поступком мокрог мљевења. У оба случају добијене су кобасице са побољшаним нутритивним карактеристикама. У односу на контролне кобасице, обје врсте производа су имале смањену активност воде и оксидације липида, те побољшану стабилност емулзије.

Augustyńska-Prejsnar и сар. (2022) током израде ћуреће паштете додавали су сјеме штира у количини 6%, 8% и 10%. Резултати указују на то да је додавање сјеменки штира побољшало нутритивни састав (садржај протеина, пепела, масти, полинезасићених и полиенских киселина) паштете у свим групама. Поред тога, ова замјена је довела до смањења удјела засићених масних киселина и односа омега-6 и омега-3 киселина (3 : 1). Резултат тога је повећање чврстоће и сјаја паштете. Укус паштете са 8% биљних додатака био је најбоље оцијењен.

Скроб из киное и штира има низак садржај амилозе и велику отпорност на процесе смрзавање—одмрзавање, што их чини погодним средством за згушњавање смрзнуте хране. Његова употреба може се проширити на израду прелива за салату, крем супа, умака и надјева за пите, јер је скроб из киное и штира отпоран на ретроградњу (Bahmanyar и сар. 2021).

Производи на бази чија сјеменки се све више користе као састојак за развој аналога меса. Fernandez-Lopez и сар. (2019) истраживали су додавање чија сјеменки и чија брашна у надјев кобасица направљених од 7% немасног меса и 30% масти. Открили су да су стабилност емулзије и својства желирања побољшани са протеинима из чија сјеменки. Paglarini и сар. (2019) открили су да замјена 2% свињске масти са DCF емулзијом резултира смањењем укупног садржаја липида за 30%, вишим садржајем омега-3 масних киселина, смањеном тврдоћом и 1% нижим садржајем протеина у болоњској кобасици у односу на контролну групу. Додавање DCF-а утицало је на микроструктуру, што је довело до стварања компактније протеинске матрице и побољшања способности везивања воде и масти.

13.3.5. Напици и безалкохолна пића

У данашње вријеме потрошачи се више не задовољавају само укусом и траже напитке који истовремено имају висок квалитет и који су богати хранљивим материјама. Као резултат тога, произвођачи безалкохолних пића своју пажњу су усмјерили на производњу нискоенергетских или безалкохолних пића. У том настојању важност је дата кориштењу органских компоненти у изради производа (Dini 2019). Функционална пића су значајна категорија функционалних прехранбених производа, јер омогућавају укључивање корисних нутријената и биоактивних супстанци.

Li и сар. (2025) бавили су анализом истраживања о кориштењу псеудожита у производњи напитака, са посебним нагласком на примјену у изради ферментисаних пића, пива и производа од псеудожита која могу да служе као алтернатива млијеку. Аутори наводе да процес ферментације повећава нутритивну вриједност, биорасположивост и сензорне атрибуте производа, уз истовремено смањење садржаја антинутритивних фактора (на примјер, фитата и сапонина). Додатно, ови напици имају обећавајући допринос очувању здравља, укључујући антиоксидативно, хипогликемијско, антидијабетичко и антихипертензивно дјеловање.

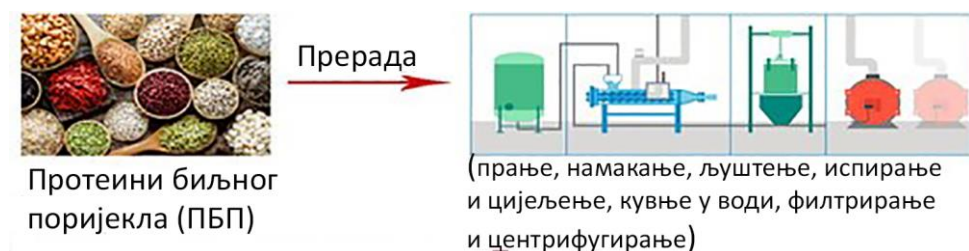
Ludena Urquiza и сар. (2017) развили су ферментисани напитака кориштењем киноа. Током складиштења од 28 дана, ферментисани напитака је остао стабилан са занемарљивим раздвајањем фаза. Добијени производ подржава раст пробиотичких бактерија као што је *L. plantarum* Q823, због чега може пружити низ здравствених користи (Ludena Urquiza и сар. 2017).

Manassero и сар. (2020) развили су нови напитака од протеина штира. Топлотна обрада (80 °C/20 min) и додаток геланске и ксантан гуме помогли су формирање комплекса који побољшава стабилност колоида напитака. Напитака на бази штира садржи (%) протеине, масти, влакана, пепео и угљене хидрате у количини од 3,42; 0,60; 1,9; 0,43 и 90,58, респективно. Састав напитака је упоредив са саставом крављег млијека.

Више истраживања је проведено са циљем да се утврди утицај врсте и количине псеудожита на процес производње и својства немлијечних ферментисаних пића. Matejčková и сар. (2017) испитали су прихватљивост каша од хељде која је ферментирана са бактеријама млијечне киселине, посебно пробиотичким сојем *Lactobacillus rhamnosus* GG и културом Fresco DVS 1010. Према њима, укупна прихватљивост готових производа је варијала. Тако су пића добијена током једнократне ферментације имала највећу прихватљивост након 14-дневног периода складиштења, док су пића

добијена ферментацијом са *Lactobacillus rhamnosus* GG и културом Fresco DVS 1010 најбоље оцијењени након складиштења од седам дана.

Rashwan и сар. (2025) дали су свеобухватан преглед утицаја различитих фактора као што су рН, температура, притисак и јонска јачина на својства биљних протеина, те описали интеракције протеина и методе екстракције протеина који ће се користити за припрему производа са високим функционалним својствима и здравственим предностима (Сл. 13.6).



Сл. 13.6. Најчешће кориштени поступци за издвајање протеина из сјеменки (адаптирано према: Rashwan и сар. 2025)

Fig. 13.6. The most commonly used methods for separating proteins from pseudocereal seeds (Rashwan et al. 2025)

Протеини издвојени из псеудожита могу се користити на различите начине (Сл. 13.7).



Сл. 13.7. Могући правци кориштења биљних протеина у производњи хране и сродних производа (адаптирано према: Rashwan и сар. 2025)

Fig. 13.7. Possible directions of using plant proteins in the production of food and related products (ADAPTED from Rashwan et al. 2025)

Farid и сар. (2024) дали су преглед производње аналога и производа на бази ферментисаних биљних протеина и њихову примјену у комерцијалним производима. Ферментацијом чија сјеменки (са 20–22% протеина) помоћу *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, *Listeria innocua* у саставу стартер култура, Aguilar-Toala и сар. (2020) произвели су серију биоактивних пептида.

Mousavi и сар. (2023) побољшали су рецептуру безглутенских напитака направљених од хељде и леће, који су ферментисани уз помоћ *Lactobacillus plantarum* и *Bifidobacterium bifidum*. Резултати су показали да оптимизирани пробиотички напитака има киселост (садржај млијечне киселине) од 0,25%, pH 5,7, садржај укупне чврсте материје 7,9% и садржај пепела од 0,4%.

13.3.6. Замјене за млијеко

Појам јогурт на биљној бази односи се на ферментисане производе од сировина биљног поријекла (Liu и сар. 2023; Stijepić и сар. 2024; Rajlić и сар. 2024). У производњи јогурта без млијека додатак киноа утицао је на повећање брзине ферментације, побољшање текстуре, реолошких својстава и стабилности производа током складиштења (Liu и сар. 2023). Гликемијско оптерећење је смањено за нешто више од једне трећине.

Утврђено је да ови производи имају већу нутритивну вриједност и антимикуробни утицај, те да смањују ризик од кардиоваскуларних и гастроинтестиналних болести. Поред тога, јогурт на биљној бази може утицати на побољшање физиолошких функција и повећање нивоа антиоксиданса који су способни да уклањају слободне радикале (Anuyahong и сар. 2020).

Иако јогурт на бази сировина биљног поријекла има велику шансу да буде прихваћен на тржишту, још увијек постоје неки проблеми које индустрија треба ријешити (на примјер, лош укус производа, нестабилан систем ферментације, недефинисани сојеви бактерија које врше ферментацију и лоша стабилност током складиштења) (Montemurro и сар. 2021).

Киноа представља потенцијални супстрат за производњу немлијечних ферментисаних производа. Проведено је низ истраживања у којима је чиста киноа кориштена за израду висококвалитетног јогурта. Већина тих студија је фокусирана на истраживање утицаја постојећих LAB сојева на својства јогурта од киноа (Joy Ujiroghene и сар. 2019). Huang и сар. (2022b) утврдили су да комерцијалне јогуртне стартер културе нису прикладне за ферментацију

супстрата киное. Током истраживања појавило се низ проблеме везаних за ниску ферментацију и дуго вријеме ферментације (Huang и сар. 2022b).

Liu и сар. (2023) бавили су се развојем новог и функционалног јогурта од киное са модификованим комерцијалним стартером. У поређењу са другим бактеријама млијечне киселине (LAB), *Weissella confusa* је показала боље перформансе ферментације у искориштавању коное. Синергијски учинак *W. confusa* и комерцијалног стартера подстакао је раст LAB, повећао брзину ферментације јогурта од киное, уз додатно побољшање текстуре и реолошких својстава јогурта, те повећање стабилности током складиштења. Модификовани стартер је утицао на повећање нутритивног квалитета јогурта од киное, укључујући садржај полифенола, антиоксидативну активност, инхибицију пробавних ензима и смањење нивоа глукозе у крви након оброка. Осим тога, модификовани стартер је побољшао пробављивост и биодоступност полифенола, протеина и масти у ферментираном јогурту од киное. На крају, Liu и сар. (2023) закључили су да комерцијални стартер са *Weissella confusa* има велики потенцијал за примјену у развоју јогурта од киное.

Amagliani и Dombrowski (2024) дали су опис карактеристика аналога јогурта на бази сировина биљног поријекла, укључујући нека жита и псеудожита.

Чија сјеменке и њихови нуспроизводи добијају на популарности у мљекарској индустрији. Богате омега-3 масним киселинама, влакнима и антиоксидансима, чија сјеменке побољшавају нутритивну вриједност млијечних производа (на примјер, јогурта, млијека и сира). Млијечни производи, посебно они направљени од сировог млијека, често захтијевају састојке обогаћене протеинима како би очували текстуру током прераде и складиштења. Чија сјеменке, са својим емулгирајућим и желирајућим својствима, нуде велики потенцијал за стабилизацију емулзија и пјена, чиме се побољшава осјећај у устима и осигурава конзистентан квалитет млијечних производа. Feizi и сар. (2021) истраживали су употребу чија слузи као замјене за комерцијалне стабилизаторе у сладоледу, откривши да формулација од 0,2% чија слузи резултира висококвалитетним сладоледом. Сензорна оцјена је потврдила да сладолед има идеалну тврдоћу, глатку текстуру и кремаст осјећај у устима, те да је без кристала леда и нежељених укуса. Madrazo и сар. (2022) открили су да су чија пептиди са секвенцом Lys-Leu-Lys-Lys-Asn-Leu стабилни у распону температура и pH вриједности, те да ефикасно инхибирају раст патогена који се преносе храном, као што су *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*.

13.3.7. Пиво на бази псеудожита

Произвођачи пива траже рјешења за добијање нових производа врхунског квалитета, препознатљивог укуса и мириса и који задовољавају захтјеве потрошача. Dabiја и сар. (2022) предложили су да се хељда и штир користе као сировина у производњи пива. Због својих функционалних и нутритивних својстава, ова псеудожита могу побољшати квалитет готовог производа – пива. Осим тога, потрошачи са посебним нутритивним захтјевима, међу којима су особе које користе дијету без глутена, могу конзумирати све врсте пива добијене од ових псеудожита.

У великом броју студија проведених посљедњих година, за производњу пива без глутена истраживана је употреба алтернативних састојака умјесто јечменог слада (Yang и Gao 2020). У овом смислу најчешће су истраживане житарице (сирак, кукуруз, пиринач и просо) и псеудожита (хељда, штир и киноа) (Giménez-Bastida и сар. 2015; Yang и Gao 2020). Хељда и штир су двије врсте псеудожита које се користе за добијање слада и пива (Dabiја и сар. 2022). Укус пива без глутена је кључни елемент његовог квалитета. Он се код пива израђеног од псеудожита значајно разликује од укуса традиционалних врста пива.

Проведено је више истраживања о употреби штира и хељде у производњи висококвалитетних напитака без глутена који личе на пиво (Martinez-Villaluenga и сар. 2020). Хељдино пиво (100% слад од хељде) показало је рН, ферментабилност и укупни садржај алкохола приближан карактеристикама пшеничног пива и имало је прихватљив сензорни квалитет. Пиво од киноа је показало сличан вискозитет и рН напитка као јечмено пиво и имало је висок садржај метала. Пива која садрже псеудожита показала су добру општу прихватљивост (Deželak и сар. 2014).

Malganve и сар. (2022) током производње пива користили су слад од штира (100%). Садржај алкохола у пиву се повећавао током трајања ферментације. Истовремено, дошло је до смањења количине редукујућих шећера. Дужа ферментација довела је до опадања рН вриједности пива и смањења садржаја танина.

Замјена дијела слада штиром повољно утиче на састав аминокиселина и масних киселина. Врста и концентрација аминокиселина и масних киселина у ферментисаној сладовини значајно утичу на састав ароматских једињења која се синтетизују помоћу квасаца. Додавање штира утицало је на смањење садржаја алкохола, те повећање садржаја антиоксиданса и полифенола у готовом производу. Додавање мале количине штира подиже квалитет готовог производа и обогаћује слад јонима метала потребним за

размножавање квасца у процесу ферментације. Према Cadenas и сар. (2021), употреба штира као додатка у производњи пива повећала је садржај Zn^{+2} и Mg^{+2} , те однос Mg^{+2}/Ca^{+2} .

Cela и сар. (2022) истраживали су употребу киное, штира и хељде у производњи пива без глутена. Експерименти микроклијања показали су да алкално намакање побољшава квалитет слада ових псеудожита, чинећи их погодним за припрему пива. Хељдино пиво је показало физичко-хемијска својства слична пшеничном пиву, укључујући рН вриједност, оцјену укуса и ферментабилност (Kaur и сар. 2023).

У производњи пива Deng и сар. (2019) замијенили су јечмени слад, у количини од 20% и 40%, са хељдиним сладом. Резултати недвосмислено показују да су примарне карактеристике квалитета пива углавном остале непромијењене при замјени 20% или 40% слада од јечма са сладом од татарске хељде. Сензорна оцјена је показала да су пива од хељде имала задовољавајућа својства, посебно мирис, осјећај у устима и укус, који су повољно оцијењени.

Током својих истраживања Brasil и сар. (2020) произвели су пиво од јечменог и хељдиног слада однос 55% (w/w) и 45% (w/w). Коришћење хељдиног слада довело је до повећања садржаја протеина (преко 89%). Надаље, пиво је показало супериорну колоидну стабилност током трајања складиштења, што је повезано са смањењем садржаја глутена у пиву. Phiaris и сар. (2010) добили су пиво од 100% хељдиног слада, које је имало рН, садржај азота, степен ферментације и садржај алкохола сличне пиву од пшенице. Сензорном оцјеном утврђено је да хељдино пиво има прихватљив мирис, укус и горчину.

13.3.8. Други облици кориштења хељде и штира

Због одсуства глутенске компоненте, брашно од штира је идеално за израду нутритивно вриједне хране за особе које су преосјетљиве на глутен. Због већег садржаја протеина, штир се може користити појединачно или као додаток у исхрани у смјесама жита (Balakrishnan и Schneider 2022). Штир се већ користи као нова и ефикасна алтернатива у производњи функционалних колача, тако што је интегрално пшенично брашно у рецептури дјелимично замијењено брашном од штира (Sattar и сар. 2024). Уље из сјеменки штира, које је прилично инертно, показује здравствене бенефите и све се више користи. Ово уља снижава крвни притисак, прилагођава липидни профил и има антиоксидативно и хепатопротективно дјеловање (Sattar и сар. 2024).

Ramos-Díaz и сар. (2013) примијетили су да је додавање штира и киное у кукурузно брашно за екструдирани грицкалице резултирало повећањем индекса експанзије и стабилности. Додавање брашна од штира или хељде у екструдирани житарице за доручак побољшало је физички квалитет производа, на примјер, густину. Iqbal и сар. (2021) примијетили су да додавање хељдиног брашна у мљевени стари хљеб током израде грицкалица резултира изразом производа са смањеним садржајем масти и повећаним садржајем протеина, дијеталних влакана и есенцијалних минерала.

Присуство цинка и жељеза у штиру подржава имунолошку функцију и помаже у ублажавању анемичних стања, док су магнезијум и манган кључни за раст дојенчади (Baganiak и Kania-Dobrowolska 2022). Студија Jiménez и сар. (2020) показала је да додавање проклијалог брашна од штира у пире за бебе резултира нижом оксидативном стабилношћу у поређењу са неклијалим брашном. Неколико истраживања (Ayseli и сар. 2020; Venlet и сар. 2021) истакло је нутритивни допринос употребе киное у исхрани дојенчади и предшколске дјеце. Киноа посједује протеинску ефикасност сличну казеину, али због високог садржаја фитата може имати благи утицај на апсорпцију жељеза. Adhikari (2023) истиче потенцијал хељде у развоју хране за дојенчад и њено обogaћивање нутријентима за борбу против потхрањености, уносећи есенцијалне минерале и снажна антиоксидативна својства за раст и здравље дојенчади, те повећању разноликости у исхрани.

Штир се сматра функционалном храном која садржи мноштво биоактивних једињења битних за исхрану спортиста. Аминокиселине разгранатог ланца су природни извори азотних оксида потребних за побољшање циркулације, издржљивости и снаге код спортиста. Утврђено је да поједини састојци штира побољшавају аеробни капацитет, опоравак мишића и побољшавају састав тијела (Singh и сар. 2024). Штир је богат влакнима, што га чини корисним пребиотиком за одржавање гастроинтестиналног здравља спортиста након интензивног тренинга. Будући да је богат антиоксидансима и не садржи глутен, идеалан је за дијете за смањење масти и повећање мишићне масе (Singh и сар. 2024).

У Индији се зрна штира користе као гастрономска замјена за пшеницу, јер имају већи садржај влакана и протеина од пшенице. Сјеменке штира се једу са куваном рижом и користе се за прављење „laddoo“, а експандирана зрна штира се користе за израду кондиторског производа са медом и меласом (Park и сар. 2020). Кувани млади листови и изданци штира могу се користити као прилог, те додавати у супе, лазање, тјестенине, пите итд. (Haber и сар. 2017).

У Кореји се хељдино брашно користи у производњи великог броја традиционалних производа (Yilmaz и сар. 2020). Традиционални производ *makguksu* добијен од *Fagopyrum tataricum*, сматра се хранљивим производом, који има идеалан нутритивни састав и који се лако апсорбује у крв (Pirzadah и сар. 2020). И у другим државама хељда се користи за израду специфичних производа (Yilmaz и сар. 2020). Хиндуси у Индији хељдино брашно конзумирају у одређене дане током поста. Осим тога, хељда се користи за производњу чаја. Чај од хељде, направљен намакањем, кувањем на пари и пржењем ољуштене крупице, свестрани је напитака. Садржај липида у хељди утиче на топлотну обраду њених протеина (Patil и сар. 2022). Из хељде су екстраховани вриједни састојци, који се користе у различите намјене.

Велики број прехранбених и фармацеутских производа на бази хељде у свијету је заштићен патентом. На примјер, у Кини је патентирано више од 210 традиционалних намирница, здравих пића и фармацеутских формулација на бази *Fagopyrum tataricum* (Zou и сар. 2021). У том броју производа 28% чине чајеви, а 20% пива и вина са високим садржајем флавоноида.

Због њихове високе нутритивне вриједности, штир се користи и у козметичком сектору. Незасићене масне киселине, токофероли, фитостероли и сквален, чији је садржај у уљу штира висок, могу помоћи код рјешавања проблема са косом и кожом. Сви типови коже могу имати користи од употребе уља сјеменки штира (Sattar и сар. 2024).

Од цвијета хељде пчеле производе мед богат бензојевом киселином и флавоноидима. Овај мед има изражена антиоксидативна својства (Starowicz и сар. 2018; Chrungoo и Chettry 2021).

Хељдине љуске могу се користити као гнојиво или се могу користити за пуњење јастука и душека (Brasil и сар. 2020). Dabija и сар. (2022) наводе да се сјеменке хељде и штира додају у крмне смјесе и користе као храна за птице и животиње, а цијеле осушене стабљике штира користе се као енергент.

13.3.9. Филмови/премази

Иако је пластична амбалажа ефикасна у продужењу одрживости хране, јер спречава микробиолошко и хемијско кварење, значајне недостатке пластичне амбалаже представљају проблеми везани за спору и дуготрајну биоразградњу, загађење животне средине и миграцију штетних материја из амбалаже у храну (Zheng и сар. 2022). То наглашава потребу за истраживањем и примјеном алтернативних одрживих рјешења. Као обећавајуће алтернативе традиционалној амбалажи појавили су се природни

материјали, посебно јестиве фолије од полисахарида. Ови материјали, укључујући материјале добијене из биљне слузи, биоразградиви су, нетоксични и обновљиви.

Употреба биоактивних композитних филмова и премаза као амбалажног материјала за паковање хране све је присутнија, прије свега због антиоксидативних и антибактеријских својстава (Grujić и сар. 2017а; Grujić и сар. 2017б). Недавна истраживања су показала да укључивање биоактивних спојева, попут антиоксиданса и антимикуробних средстава, у јестиве филмове може побољшати њихову ефикасност у конзервацији хране (Muñoz-Tebar и сар. 2021). Стога је обећавајућа стратегија за побољшање биоактивности ових филмова употреба етеричних уља (ЕО), која су позната по својим антимикуробним и антиоксидативним својствима. Недавна истраживања сугеришу да енкапсулирање ЕО у наноемулзије може превладати ограничења типа лош мирис, слаба испарљивост и проблеми са растворљивошћу. Истовремено, ЕО побољшавају стабилност, биорасположивост и контролисано ослобађање антиоксиданса и антимикуробних средстава (Das и сар. 2020; Osanloo и сар. 2023). Студије су показале да укључивање ЕО наноемулзија у филмове на бази полисахарида или протеина, не само да побољшава контролисано ослобађање биоактивних спојева, већ и значајно побољшава транспарентност, механичка својства филмова и својства стварање баријера (Das и сар. 2020; Mobaleghol Eslam и сар. 2024).

Паковање хране у ову врсту амбалаже доприноси укупном побољшању квалитета и безбједности хране. Биоактивни филмови и премази сузбијају раст штетних микроорганизама и успоравају процес оксидације који може довести до кварења (Kumar и сар. 2023). Уградња биоактивних компоненти из полисахарида, скроба и протеинског хидролизата штира и хељде побољшала је функционалност паметних функционалних филмова и премаза.

Tian и сар. (2021) користили су током израде филмова скроб од хељде. У поређењу са контролним узорцима, овчије месо које је било умотано у филм од хељде показало је смањење рН, те смањење нивоа укупног испарљивог азота и реактивних супстанци тиобарбитурне киселине током читавог трајања складиштења. Поред тога, вријеме складиштења овчијег меса, упакованог у филм у који је додат скроб хељде, на температури 4 ± 1 °C продужено је за два дана.

Филм на бази скроба за паковање свјежих гљива у који је додат скроб хељде показао је антимикуробна својства против *Listeria monocytogenes*. Као резултат

тога, након шест дана складиштења дошло је до смањења броја бактерија од 0,86 log CFU/g (Kim и Song 2018).

Coelho и сар. (2022) провели су истраживање о изради филмова направљених од алгината који су укључивали фенолна једињења изолована из *Amaranthus cruentus*.

Слуз чије (*Salvia hispanica*) примјер је полисахарида који се може користити у развоју јестивих фолија (Mousavi и сар. 2021). Eskandari и сар. (2025) бавили су се развојем јестивих филмова кориштењем праха чија слузи, наноемулзије *C. zeylanicum* и наноемулзије *S. khuzestanica*. Наноемулзије су показале побољшање антимикробне ефикасности у односу на конвенционалне емулзије. Поред тога, енкапсулирање побољшало је растворљивост и стабилност ЕО. Структурном анализом филмова утврђено је да је уградња наноемулзија довела до повећања дебљине и затезне чврстоће, уз смањење садржаја воде, растворљивости у води и пропусности водене паре. Резултати микробиолошких и хемијских анализа и сензорне оцјене узорака мяса пилећих груди ускладиштених у фрижидеру 20 дана показали су да је филм чија слузи, који садржи наноемулзије *C. zeylanicum* и *S. khuzestanica*, био ефикасан третман за очување квалитета и безбједности мяса. Поред тога, значајно је смањена оксидација липида и раст микроорганизама у месу, уз истовремено побољшање сензорних својстава. Наведени докази указују да слуз чије има снажан потенцијал као једно од активних рјешења амбалаже за конзервисање мяса.

13.4. Примјена протеина псеудожита у развоју нових прехранбених производа

Протеини псеудожита су прихватљиви за развој нових прехранбених производа. Ове протеине могу конзумирати људи са нетолеранцијом на казеин, лактозу или глутен, те особе са додатним специфичним прехранбеним потребама (Vidaurre-Ruiz и сар. 2023). Како је речено, псеудожита су богат извор биоактивних пептида који посједују антиоксидативна својства, потенцијална антитромботичка и антихипертензивна својства (Сл. 13.8).

Биолошка активност протеина биљног поријекла



Сл. 13.8. Биолошка активност протеина издвојених из сјеменки псеудожита (адаптирано према: Rashwan и сар. 2025)

Fig. 13.8. Biological activity of proteins isolated from pseudocereal seeds (Adapted from Rashwan et al. 2025)

Протеински хидролизати штира додати у кисело тијесто подстакли су раст *Lactobacillus plantarum* и *Saccharomyces cerevisiae*. То је утицало на повећање специфичног волумена и киселости, те смањење активности воде, тврдоћу, кохезивност и жвакљивост хљеба (Karimi и сар. 2021). Ontiveros и сар. (2020) хидролизате протеина штира уградили су у кекс (у концентрацијама од 10,2% рачунајући на количину брашна), што је довело до смањења тврдоће кекса. Протеини штира су кориштени у производњи стабилних, храњивих напитака од поврћа и сорбета с укусом лимуна (Bender и Schonlechner 2021; Vidaurre-Ruiz и сар. 2023).

Протеински изолати киноа имају високу способност апсорпције воде и уља. То доприноси бољем осјећају хране у устима. Протеински изолати киноа се могу користити у рецептурама за производњу кобасица, супа и пекарских производа. Протеини киноа показују добре способности емулговања и стварања гела. Због тога се протеини киноа могу користити током израде гелова (на примјер, код замјене масти у производима од меса).

Концентрати или изолати протеина псеудожита могу се употријебити као аналози и алтернативе за месо и као алтернатива за развој нутритивно здравих производа. У будућности су потребна нова истраживања како би се потенцијал псеудожита искористио у овом погледу.

Протеини издвојени алкалном екстракцијом из псеудожита могу се користити као замјена за протеине пшенице, меса и млијечних производа у изради производа без брашна глутена, немлијечних производа с укусом млијека и биљних аналога меса (Penchalaraju и John Don Bosco 2022).

13.5. Употреба протеина псеудожита за израду непрехрамбених производа

Употреба протеина изолованих из псеудожита у непрехрамбене сврхе све је чешћа. Протеини штира су кориштени током развоја јестивих филмова. Такође, истраживана је могућност примјене протеина киноа код израде јестивих филмова. Протеини хељде екстраховани из осушених зрна кориштени су током развоја композитних јестивих филмова намијењених за паковање хране (Wang и сар. 2017).

Поред тога, они се могу примијенити у фармацеутске сврхе (Vidaurre-Ruiz и сар. 2023). Zhua (2023) показао је да протеини штира добијени хидролизом са различитим ензимима, осим што показују биолошку активност, дјелују као антиоксиданси, антикоагуланси, антидијабетици, антихипертензивни, антиканцерогени, те имају хипохолестеролемијску, противупалну и антивирусну активност.

13.6. Закључак

Псеудожита, посебно штир, киноа, чија и хељда, разликују се од стрних жита без глутена (просо, овас и друге), што их чини вриједним за кориштење и пожељним код особа којима је потребна исхрана без глутена. Додавање псеудожита у исхрану помаже у диверзификацији исхране и побољшању општег здравља становништва.

Киноа, штир и хељда се традиционално користе као додаток супама, кашама, и сировина за израду грицкалица и екструдираних грицкалица, тортиља и напитака. Зрна штира, киноа, чије и хељде могу се фракционисати у брашно, екстракте, пептиде и слад, који се затим могу користити као сировине за израду различитих прехрамбених производа укључујући хљеб без глутена, пекарске производе, тјестенине, ферментисана и неферментисана пића, аналоге млијеку, производе од биљног меса, функционалну храну и друге производе. Значајан број наведених прехрамбених производа комерцијално је доступан на тржишту.

Употреба штира, хељде и киноа пружа могућност производње пекарских производа без глутена. Додавање до 30% хељде у хљеб може побољшати његов укус, нутритивну вриједност и садржај антиоксиданса, што је корисно за унапређење цјелокупног здравља људи. Додавање штира у хљеб без глутена повећава садржај влакана, протеина и минерала. Додавање до 20% проклијалог брашна киноа утиче на смањење времена потребног за кување

и дигестију скроба у односу на пшеничне резанце. Веганска тјестенина високе хранљиве вриједности може се произвести из мјешавине брашна хељде и штира.

Повећање удјела хељдиног брашна у колачима резултирало је повећањем сензорног квалитета уз промјену састава и физичких карактеристика. Током осам дана складиштења није било промјене у садржају масти или протеина, али је дошло до смањења садржаја влаге у колачима. Додатак хељде и штира у смјесу за мафине утиче на смањење степена оксидације липида у производу. Замјена пшеничног брашна са 33% или 50% резултирала је побољшањем антиоксидативних својства, повољнијим профилом масних киселина, већим садржајем влакана у мафинима и значајним утицајем на сензорну оцјену производа.

Чија сјеменке и производи играју вишеструку улогу у побољшању нутритивног профила, текстуре и функционалних својстава грицкалица. Они нуде низ предности, од побољшања моћи упијања воде и својстава желирања до повећања садржаја омега-3 масних киселина и влакана.

Без обзира на потенцијалне здравствене предности које имају колачи са уграђеним чија сјеменкама (на примјер, антиоксидативно и антихолестеролско дјеловање), поступак печења колача може угрозити безбједност производа током његове производње. Акриламид представља ризик по здравље људи, посебно у термички обрађеним грицкалицама, као што су производи од житарица, јер садрже велику количину слободног аспарагина.

Додавање биљних влакана у производе од мљевеног меса утиче на побољшање текстуре производа. Замјена говеђег меса са 10% брашна штира утиче на повећање садржаја угљених хидрата и липида и повећање способности везања воде. Поред тога, то повољно утиче на минерални састав плескавица. Додавање брашна штира или мљевених клица штира (0%, 2%, 4%, 8% и 10% w/w) у мљевено месо резултирало је значајним повећањем садржаја дијеталних влакана (од 1,25 до 1,75 пута). Производи на бази чија сјеменки се све више користе као састојак за развој аналога меса. Протеини из чија сјеменки стабилизују емулзије и побољшавају својства желирања.

У литератури су објављена бројна истраживања о кориштењу псеудожита у производњи напитака, са посебним нагласком на примјену у изради ферментисаних пића, пива и производа од псеудожита која могу да служе као алтернатива млијеку. Процес ферментације повећава нутритивну вриједност, биорасположивост и сензорна својства производа, уз истовремено смањење садржаја антинутритивних фактора (на примјер, фитата и сапонина). Додатно, ови напици имају обећавајући допринос

очувању здравља, укључујући антиоксидативно, хипогликемијско, анти-дијабете-тичко и антихипертензивно дјеловање. У производњи јогурта без млијека додаток киноа утицао је на повећање брзине ферментације, побољшање текстуре, реолошких својстава и стабилности производа током складиштења. Утврђено је да ови производи имају већу нутритивну вриједност и антимикуробни утицај, те да смањују ризик од кардиоваскуларних и гастроинтестиналних болести.

Због својих функционалних и нутритивних својстава, псеудожита могу побољшати квалитет пива. Потрошачи са посебним нутритивним захтјевима, међу којима су особе које користе дијету без глутена, могу конзумирати све врсте пива добијене од псеудожита. Проведено је више истраживања о употреби штира и хељде у производњи висококвалитетних напитака без глутена који личе на пиво. Замјена дијела слада штиром повољно утиче на састав аминокиселина и масних киселина. Врста и концентрација аминокиселина и масних киселина у ферментисаној сладовини значајно утичу на састав ароматских једињења која се синтетизују помоћу квасаца.

Недавна истраживања су показала да укључивање биоактивних спојева, попут антиоксиданса и антимикуробних средстава, у јестиве филмове може побољшати њихову ефикасност у конзервисању хране. Уградња биоактивних компоненти из полисахарида, скроба и протеинског хидролизата штира и хељде побољшала је функционалност паметних функционалних филмова и премаза.

Протеини псеудожита су прихватљиви за развој нових прехранбених производа. Ове протеине могу конзумирати људи са нетолеранцијом на казеин, лактозу или глутен, те особе са додатним специфичним прехранбеним потребама. Концентрати или изолати протеина псеудожита могу се употријебити као аналози и алтернативе за месо и као алтернатива за развој нутритивно здравих производа. У будућности су потребна нова истраживања како би се потенцијал псеудожита искористио у овом погледу.

Литература

- Abdelshafy AM, Rashwan AK, Osman AI (2024) Potential food applications and biological activities of fermented quinoa: A review. Trends Food Sci Technol 144:104339. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104339>
- Abid J, Yousaf S, Siddiqui NR, Jahangir M, Mumtaz A, Raza I, et al (2024) Quality characteristics and storage stability of gluten-free cupcakes made of

- buckwheat and rice flour. *Carpath J Food Sci Technol* 16(1):62–72.
doi:10.34302/crpjfst/2024.16.1.6
- Adhikari BB (2023) Prospects and potential of buckwheat (*Fagopyrum spp*) production in Nepal: a review. *J Inst Agric Anim Sci* 173–182.
doi:10.3126/jiaas.v37i1.58593
- Adimas MA, Abera BD, Adimas ZT, Woldemariam HW, Delele MA (2024) Traditional food processing and acrylamide formation: a review. *Heliyon* 10(9):e30258.
doi:10.1016/j.heliyon.2024.e30258.
- Agiar EV, Santos FG, Centeno ACLS, Capriles VD (2021a) Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: a study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability. *Food Res Int* 150. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110762>.
- Agiar EV, Santos FG, Krupa-Kozak U, Capriles VD (2021b). Nutritional facts regarding commercially available gluten-free bread worldwide: Recent advances and future challenges. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1–13. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1952403>
- Aguilar-Toala JE, Deering AJ, Liceaga AM (2020) New insights into the antimicrobial properties of hydrolysates and peptide fractions derived from chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Probiotics Antimicrob Proteins* 12:1571–1581.
doi:10.1007/s12602-020-09653-8
- Al-Ali MR, Al-Ibresam TO, Al-Hilifi AS, Trajkovska Petkoska A, Korma AS (2024) Chemical, rheological and sensory characteristics of wheat bread enriched with chia (*Salvia hispanica* L.) seed gum. *Future Foods* 10: 100471.
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100471>
- Alencar NMM, de Carvalho Oliveira L (2019) Advances in Pseudocereals: crop cultivation, food application, and consumer perception. In: Jean-Michel M'érillon, Kishan Gopal Ramawat (Eds) *Bioactive Molecules in Food* (pp. 1695–1713). doi:10.1007/978-3-319-54528-8_63-1
- Amagliani L, Dombrowski J (2024) Plant proteins for dairy analogs. In: *Functionality of Plant Proteins*. The American Oil Chemists' Society (AOCS). Published by Elsevier Inc. in cooperation with The American Oil Chemists' Society.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91721-6.00010-4>
- Antoniewska A, Rutkowska J, Pineda MM, Adamska A (2018) Antioxidative, nutritional and sensory properties of muffins with buckwheat flakes and amaranth flour blend partially substituting for wheat flour, *LWT Food Sci Technol* 89:217–223. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.039>.
- Anuyahong T, Chusak C, Adisakwattana S (2020) Incorporation of anthocyanin-rich riceberry rice in yogurts: Effect on physicochemical properties, antioxidant activity and in vitro gastrointestinal digestion. *LWT* 129:109571. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109571>
- Arslan-Tontul S, Uslu CC, Mutlu C, Erbas M (2021) Expected glycemic impact and probiotic stimulating effects of whole grain flours of buckwheat, quinoa,

- amaranth and chia. J Food Sci Technol 59(4):1460–1467. doi.10.1007/s13197-021-05156-8
- Ashaolu Joshua T, Varga L, Greff B (2025) Nutritional and functional aspects of European cereal-based fermented foods and beverages. Food Res Int 209:116221. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116221>
- Atambayeva Z, Nurgazezova A, Assirzhanova Z, Urazbayev Z, Kambarova A, Dautova A, et al (2023) Nutritional, physicochemical, textural and sensory characterization of horsemeat patties as affected by whole germinated green buckwheat and its flour. Int J Food Prop 26(1):600–613. doi.10.1080/10942912.2023.2174552
- Augustynska-Prejsnar A, Ormian M, Sokołowicz Z, Kačaniova M (2022) The effect of the addition of hemp seeds, Amaranth, and Golden flaxseed on the nutritional value, physical, sensory characteristics, and safety of poultry Pate. Appl Sci 12(10):5289. <https://doi.org/10.3390/app12105289>
- Ayseli MT, Yilmaz MT, Cebi N, Sagdic O, Ozmen D, Capanoglu E (2020) Physicochemical, rheological, molecular, thermal and sensory evaluation of newly developed complementary infant (6–24 months old) foods prepared with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour. Food Chem 315:126208 doi.10.1016/j.foodchem.2020.126208
- Bahmanyar F, Hosseini SM, Mirmoghtadaie L, Shojaee-Aliabadi S (2021) Effects of replacing soy protein and bread crumb with quinoa and buckwheat flour in functional beef burger formulation. Meat Sci 172:108–305. doi.10.1016/j.meatsci.2020.108305
- Balakrishnan G, Schneider RG (2022) The Role of Amaranth, Quinoa, and Millets for the Development of Healthy, Sustainable Food Products—A Concise Review. Foods 11(16):2442. doi.10.3390/foods11162442
- Banu I, Aprodu I (2022) Investigations on functional and thermo-mechanical properties of gluten free cereal and pseudocereal flours. Foods 11(13):1857. <https://doi.org/10.3390/foods11131857>
- Baraniak J, Kania-Dobrowolska M (2022) The dual nature of Amaranth—functional food and potential medicine. Foods 11(4):618. doi.10.3390/foods11040618
- Belhadj Benziane A, Dilmi Bouras A, Mezaini A, Belhadri A, Benali M (2019) Effect of oral exposure to acrylamide on biochemical and hematologic parameters in Wistar rats. Drug Chem Toxicol 42:157–166. doi.10.1080/01480545.2018.1450882
- Beltane I, Marisheva A (2023) The potential of amaranth as a basic raw material for the production of pasta for a vegan diet. Appl Sci 13(6):3944. doi.10.3390/app13063944
- Bender D, Schonlechner R (2021) Recent developments and knowledge in pseudocereals including technological aspects. Acta Aliment 50:583–609. doi.10.1556/066.2021.00136.
- Borges VDC, Fernandes SS, Zavareze EDR, Haros CM, Hernandez CP, Dias ARG, Salas Mellado MDLM (2021) Production of gluten-free bread with flour and chia

- seeds (*Salvia hispanica* L.). Food Biosci 43:101294. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101294>
- Brandao NA, Dutra MBDL, Gaspardi ALA, Segura Campos MR (2019) Chia (*Salvia hispanica* L.) cookies: physicochemical/microbiological attributes, nutrimental value and sensory analysis. J. Food Meas Char 13(5):1100–1110. doi:10.1007/s11694-018-00025-z
- Brasil VCB, Guimarães BP, Evaristo RBW, Carmo TS, Ghesti GF (2020) Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) characterization as adjunct in beer brewing. Food Sci Technol 41:265–272. doi:10.1590/fst.15920
- Venlet NV, Hettinga KA, Schebesta H, Bernaz N (2021) Perspective: a legal and nutritional perspective on the introduction of quinoa-based infant and follow-on formula in the EU. Adv Nutr 12(4):1100–1107. doi:10.1093/advances/nmab041
- Vicente A, Villanueva M, Caballero PA, Lazaridou A, Biliaderis CG, Ronda F (2024) Flours from microwave-treated buckwheat grains improve the physical properties and nutritional quality of gluten-free bread. Food Hydrocoll 149:109644. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109644>
- Vidaurre-Ruiz J, Bender D, Schonlechner R (2023) Exploiting pseudocereals as novel high protein grains. J Cereal Sci 114:103795. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103795>
- Vomberger B (2020) Rutin and quercetin in common buckwheat and Tartary buckwheat flour/Rutin in quercetin v moki iz navadne in tatarske ajde. Folia Biol Geol 61(2):257–280. <https://doi.org/10.3986/fbg0078>
- Garcia-Valle DE, Agama-Acevedo E, del Nunez-Santiago MC, Alvarez- Ramirez J, Bello-Perez LA (2021) Extrusion pregelatinization improves texture, viscoelasticity and in vitro starch digestibility of mango and amaranth flours. J Funct Foods 80:10441. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104441>
- Giménez-Bastida JA, Piskula M, Zielinski H (2015) Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. Trends Food Sci Technol 44(1):58-65. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.02.013>
- Gostin AI (2019) Effects of substituting refined wheat flour with wholemeal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads, LWT Food Sci Technol 114:108412 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108412>
- Govindaraju I, Sana M, Chakraborty I, Rahman MH, Biswas R, Mazumder N (2024) Dietary acrylamide: a detailed review on formation, detection, mitigation, and its health impacts. Foods 13(4):1–25. doi:10.3390/foods13040556
- Grujić R, Vučić G, Grujić S, Vukić M, Odžaković B (2014) Uticaj biljnih vlakana na teksturu i senzorna svojstva funkcionalnih barenih kobasica. Savremene tehnologije 3(1):5-10. doi:10.5937/savteh1401005G
- Grujić R, Vujadinović D, Savanović D (2017b) (2017) Chapter: Biopolymers as Food Packaging Materials in Advances in book: Applications of Industrial Biomaterials (Editors: Pellicer E, Nikolic D, Sort J, Dolors Baró M, Zivic F,

- Grujović N, Grujić R, Pelemis S), pp.139-160. ISBN 978-3-319-62766-3. doi.10.1007/978-3-319-62767-06, 2017
- Grujić R, Vukić M, Gojković V (2017a) Chapter: Application of Biopolymers in the Food Industry in Advances in book: Applications of Industrial Biomaterials (Editors: E Pellicer E, Nikolic D, Sort J, Dolores Baró M, Zivic F, Grujović N, Grujić R, Pelemis S), pp.103 -119. ISBN 978 -3-319 -62766-3. doi.10.1007/978-3-319 -62767-06
- D'Amico S, Schoenlechner R, Tömöskösi S, Langó B (2017) Proteins and amino acids of kernels: Chemistry and technology. *In*: Haros M, Schoenlechner R (Eds) Pseudocereals: Chemistry and Technology: pp 94–99, 1st ed. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd. doi.10.1002/9781118938256.ch5
- Das AK, Nanda PK, Bandyopadhyay S, Banerjee R, Biswas S, McClements DJ (2020) Application of nanoemulsion-based approaches for improving the quality and safety of muscle foods: A comprehensive review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 19(5):2677–2700. doi.10.1111/1541-4337.12604
- Demir B, Bilgili N (2020) Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours. *J Food Sci Technol* 57(10):3884–3892. doi.10.1007/s13197-020-04420-7
- Deng Y, Lim J, Lee GH, Nguyen TTH, Xiao Y, Piao M, Doman Kim (2019) Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts. *J Microbiol Biotechnol* 29(6):877–886. doi.10.4014/jmb.1904.04041
- Deželač M, Zarnkow M, Becker T, Jože Košir I (2014) Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *J Inst Brew* 120:360–370. <https://doi.org/10.1002/jib.166>
- di Cairano M, Condelli N, Caruso MC, Marti A, Cela N, Galgano F (2020) Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *LWT Food Sci Technol* 133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109860>
- Dini I (2019) An overview of functional beverages. *Functional and Medicinal Beverages* 1–40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00001-7>
- Đekić S, Relić D, Kecojević I, Ilić M, Sredović Ignjatovic I, Lolić A (2025) Dietary exposure and health risks of acrylamide in Serbian market foods: Bread, biscuits, snacks, and potato chips. *J Food Compos Anal* 144:107698. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107698>
- Eren E, Akkaya MR (2024) Effect of different forms of buckwheat addition on the physicochemical and sensory properties of bread. *Czech J Food Sci* 42(3):216 *Sci Technol* 57(10):3884–3892. doi.10.1007/s13197-020-04420-7223. doi.10.17221/36/2024-CJFS
- Eskandari Z, Osanloo M, Mazloomi MS, Zarenezhad E, Mollakhalili-Meybodi N, Nematollahi A (2025) Bioactive edible films for chicken breast packaging: Integration of chia seed mucilage with nanoemulsions of *Cinnamomum*

- zeylanicum* and *Satureja khuzestanica*. AFR 5(1):100959.
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100959>
- European Commission (2017) Commission regulation 2017/2158 of 20 November 2017 establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence. OJEU, L 304:24–44
- Zamora R, Brenes-Alvarez M, Hidalgo JF (2025) Formation of acrylamide in the presence of quinones. Food Chem 475:143343.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143343>
- Zhang Y, Ma Z, Cao H, Huang K, Guan X (2022) Effect of germinating quinoa flour on wheat noodle quality and changes in blood glucose. Food Biosci 48:101809
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101809>
- Zheng M, Luo W, Yang K, Li C (2022). Effects of sodium alginate edible coating with cinnamon essential oil nanocapsules and nisin on quality and shelf life of beef slices during refrigeration J. Food Prot 85(6):896-905. doi.10.4315/JFP-21-380
- Zhu F (2023) Amaranth proteins and peptides: biological properties and food uses. Food Res Int 164:112405 doi.10.1016/j.foodres.2022.112405
- Zou L, Wu D, Ren G, Hu Y, Peng L, Zhao J, et al (2021) Bioactive compounds, health benefits, and industrial applications of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). Crit Rev Food Sci Nutr 63(5):657–673.
doi.10.1080/10408398.2021.1952161
- Zula AT, Ayele DA, Egigayhu WA (2020) Proximate, antinutritional, microbial, and sensory acceptability of bread formulated from wheat (*Triticum aestivum*) and Amaranth (*Amaranthus caudatus*), Int J Food Sci 1–5
doi.10.1155/2020/9429584
- Iglesias-Puig E, Monedero V, Haros M (2015) Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. LWT – Food Science and Technology 60(1):71–77.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.045>
- International Agency for Research on Cancer, World Health Organization (1994) IARC Monographs on the evaluation for carcinogenic risk of chemicals to humans: Some industrial chemicals. p 60
- Iqbal S, Thanushree MP, Sudha ML, Crassina K (2021) Quality characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) based nutritious ready-to-eat extruded baked snack. J Food Sci Technol 58(5), 2034-2040.
<https://doi.org/10.1007/s13197-020-04940-2>
- Jan KN, Panesar PS, Singh S (2018) Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten free cookies made from whole indian quinoa flour. LWT – Food Science and Technology. 93:573–582.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.013>
- Jimenez D, Lobo M, Irigaray B, Grompone MA, Samman N (2020) Oxidative stability of baby dehydrated purees formulated with different oils and germinated grain flours of quinoa and amaranth. LWT – Food Science and Technology 127:109229. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109229>

- Joy Ujiroghene O, Liu L, Zhang S, Lu J, Zhang C, Lv J. (2019) Antioxidant capacity of germinated quinoa-based yoghurt and concomitant effect of sprouting on its functional properties. LWT 116:108592. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108592>.
- Kahlon TS, Avena-Bustillos R, Chiu MC (2016) Sensory evaluation of gluten-free quinoa whole grain snacks. Heliyon 2(12): e00213. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00213>.
- Karimi N, Zeynali F, Rezazad Bari M, Nikoo M, Mohtarami F, Kadivar M (2021) Amaranth selective hydrolyzed protein influence on sourdough fermentation and wheat bread quality. Food Sci Nutr 9(12):6683–6691. doi.10.1002/fsn3.2618
- Kaur H, Shams R, Dash KK, Dar AH (2023) A comprehensive review of Pseudocereals: Nutritional profile, phytochemicals constituents, and potential health promoting benefits. Appl Food Res 3(2):100351 <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100351>
- Khatri M, Singh A, Singh R, Kamble DB, Dar AH, Sharma A (2023) Optimization and evaluation of quinoa and chia based gluten free pasta formulation, Food and Humanity 1:174–179. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.05.009>.
- Khushairay ISE, Yusop MS, Maskat YM, Babji SA (2025) Defatted chia (*Salvia hispanica* L.) flour peptides: Exploring nutritional profiles, techno-functional and bio-functional properties, and future directions. Current Research in Food Science 10:101035. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101035>
- Kim S, Song KB (2018) Antimicrobial activity of buckwheat starch films containing zinc oxide nanoparticles against *Listeria monocytogenes* on mushrooms. Int J Food Sci Technol 53(6):1549–1557. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13737>
- Kothuri V, Keum DH, Lee HJ, Han JH, Han SG (2024) Emulsion gels with chia flour enhance quality of plant-based meat analogs by reducing fat and improving texture. Lebensm Wiss Technol 214:117140. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117140>
- Kumar H, Dhalaria R, Guleria S, Sharma R, Cimler R, Dhanjal DS (2023) Advances in the concept of functional foods and feeds: applications of cinnamon and turmeric as functional enrichment ingredients. Crit Rev Food Sci Nutr 1–19. doi.10.1080/10408398.2023.2289645
- Kumar H, Guleria S, Kimta N, Dhalaria R, Nepovimova E, Dhanjal Singh D (2024) Amaranth and buckwheat grains: Nutritional profile, development of functional foods, their pre-clinical cum clinical aspects and enrichment in feed. Current Research in Food Science 9:100836. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100836>
- Kurek MA, Krzeminska A (2020) Effect of modified atmosphere packaging on quality of bread with amaranth flour addition. Food Sci Technol Int 26:44-52. doi.10.1177/1082013219864197

- Li H, Zhu F, Li G (2025) Beverages developed from pseudocereals (quinoa, buckwheat, and amaranth): Nutritional and functional properties. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 24(1):e70081 doi.10.1111/1541-4337.70081
- Liu J, Wang Z, Wang Z, Hao Y, Wang YU, Yang Z, Li W, Wang J (2020) Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* willd). *J. Cereal Sci* 95:103045. doi:10.1016/j.jcs.2020.103045
- Liu S, Chen D, Xu J (2019) Characterization of amaranth and bean flour blends and the impact on quality of gluten-free breads. *J Food Meas Char* 13:440–1450. doi:10.1007/s11694-019-00060-4
- Liu Y, Cai C, Yao, Y, Xu B (2019) Alteration of phenolic profiles and antioxidant capacities of common buckwheat and Tartary buckwheat produced in China upon thermal processing. *J. Sci Food Agric* 99(12): 5565-5576. doi:10.1002/jsfa.9825
- Liu Y, Huang K, Zhang Y, Cao H, Luo D-K, Yi C, Guan X (2023) Manufacture and characterization of a novel dairy-free quinoa yogurt fermented by modified commercial starter with *Weissella confusa*. *Food Chem X* 19:100823. doi:10.1016/j.fochx.2023.100823
- Madrazo AL, Fuentes Ortiz AB, Morales Mendoza LF, Segura Campos MR (2022) Antibacterial peptide fractions from chia seeds (*Salvia hispanica* L.) and their stability to food processing conditions. *J Food Sci Technol* 59(11):4332–4340. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05506-0>.
- Malganve P, Kashinath A, Dileep K, Anand A, Saini H (2022) Optimization of malting and mashing conditions of amaranthus grains as a brewing source. *Pharm Innov* 11(9):2844–2846
- Manassero CA, Anon MC, Speroni F (2020) Development of a high protein beverage based on amaranth. *Plant Foods Hum Nutr* 75:599–607. doi:10.1007/s11130-020-00853-9
- Martínez M, Oliete B, Gómez M (2013) Effect of the addition of extruded wheat flours on dough rheology and bread quality. *J. Cereal Sci* 57(3):424–429. doi:10.1016/j.jcs.2013.01.007
- Martínez-Villaluenga C, Penas E, Hernandez-Ledesma B (2020) Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food Chem Toxicol* 137:111178. doi:10.1016/j.fct.2020.111178
- Matejcekova Z, Liptakova D, Valík Ľ (2017) Functional probiotic products based on fermented buckwheat with *Lactobacillus rhamnosus*. *LWT-Food Science and Technology* 81(4):35-41. doi:10.1016/j.lwt.2017.03.018
- Mburu MW, Gikonyo NK, Kenji GM, Mwasaru AM (2011) Properties of a complementary food based on amaranth grain (*Amaranthus cruentus*) grown in Kenya. *J Agric Food Technol* 1:153–178. doi:10.18697/ajfand.50.9800

- Mesías M, Gomez P, Olombrada E, Morales FJ (2023) Formation of acrylamide during the roasting of chia seeds (*Salvia hispanica* L.). Food Chem 401:134169. doi.10.1016/j.foodchem.2022.134169
- Mir NA, Yousuf B, Gul K, Riar CS, Singh S (2019) Cereals and pseudocereals: genera introduction, classification, and nutritional properties. In Sankar Chandra Deka, Dibyakanta Seth, Nishant Rachayya and Swami Hulle (Eds). Food Bioact 281-322
- Miranda-Ramos KC Haros CM (2020) Combined effect of chia, quinoa and amaranth incorporation on the physico-chemical, nutritional and functional quality of fresh bread. Foods 9(12):1859. doi.10.3390/foods9121859
- Miranda-Ramos KC, Sanz-Ponce N, Haros CM (2019) Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour, LWT 114:108418. doi.10.1016/j.lwt.2019.108418
- Mobaleghol Eslam H, Hataminia F, Esmaeili F, Salami SA, Ghanbari H, Amani A (2024) Preparation of a nanoemulsion containing active ingredients of cannabis extract and its application for glioblastoma: In vitro and in vivo studies. BMC Pharmacol Toxicol 25(1):73. doi.10.1186/s40360-024-00788-w
- Modupalli N, Sunil CK, Venkatachalapathy N (2024) Unit operations in pseudocereals and heritage grains processing. In: Sunil C, Venkatachalapathy N, Balasubramaniam VM, Athmaselvi KA, Anandharamakrishnan C (Eds). Unit Operations in Food Grain Processing. Elsevier Inc. London, United Kingdom pp.425-451. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18965-4.00014-5>
- Montemurro M, Pontonio E, Coda R, Rizzello CG (2021) Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. Foods 10(2):1–21. <https://doi.org/10.3390/foods10020316>
- Morales D, Miguel M, Garces-Rimon M (2021) Pseudocereals: A novel source of biologically active peptides. Crit Rev in Food Sci Nutr 61(9):1537–1544. doi.10.1080/10408398.2020.1761774
- Moreira MR, Sanches VL, Strieder MM, Rostagno MA, Capitani CD (2023) Vegan brownie enriched with phenolic compounds obtained from a chia (*Salvia hispanica* L.) coproduct: nutritional, technological, and functional characteristics and sensory acceptance Int J Gastron Food Sci 34:100835. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100835>
- Motyka S, Skala E, Ekiert H, Szopa A (2023a). Health-promoting approaches of the use of chia seeds. J Funct Food 103:105480. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105480>
- Motyka S, Kusznierevicz B, Ekiert H, Korona-Głowniak I, Szopa A (2023b). Comparative analysis of metabolic variations, antioxidant profiles and antimicrobial activity of *salvia hispanica* (Chia) seed, sprout, leaf, flower, root and herb extracts. Molecules 28(6):2728. <https://doi.org/10.3390/molecules28062728>
- Mousavi MH, Gharekhani M, Alirezalu K, Roufegarinejad L, Azadmard-Damirchi S (2023) Production and characterization of nondairy gluten-free fermented

- beverage based on buckwheat and lentil. *Food Sci Nutr* 11(5):2197-2210. doi.10.1002/fsn3.3095
- Mousavi SR, Rahmati-Joneidabad M, Noshad M (2021) Effect of chia seed mucilage/bacterial cellulose edible coating on bioactive compounds and antioxidant activity of strawberries during cold storage. *Int J Biol Macromol* 190:618–623. doi.10.1016/j.ijbiomac.2021.08.213
- Munoz-Tebar N, Carmona M, Ortiz de Elguea-Culebras G, Molina A, Berruga MI (2022). Chia seed mucilage edible films with *Origanum vulgare* and *Satureja montana* essential oils: Characterization and antifungal properties. *Membranes* 12(2):213. doi.10.3390/membranes12020213
- Mukhtar H, Gull A, Ganaie TA, Rather SA, Masoodi FA, Ganie S (2020) Effect of supplementation of Amaranth flour on various quality attributes and antioxidant activities of bread, *Curr Nutr Food Sci* 16:391–396. doi.10.2174/1573401315666190126113919
- Nandan A, Koirala P, Tripathi DA, Vikranta U, Shah K, Gupta JA, Agarwal A, Nirmal N (2024) Nutritional and functional perspectives of pseudocereals. *Food Chem* 448:139072. doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139072
- Ontiveros N, Lopez-Teros V, Vergara-Jimenez M de J, Islas-Rubio AR, Cardenas-Torres FI, Cuevas-Rodríguez EO (2020) Amaranth-hydrolyzate enriched cookies reduce the systolic blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *J Funct Foods* 64:103613. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103613>.
- Osanloo M, Eskandari Z, Zarenezhad E, Qasemi H, Nematollahi A (2023) Studying the microbial, chemical, and sensory characteristics of shrimp coated with alginate sodium nanoparticles containing *zataria multiflora* and *cuminum cyminum* essential oils. *Food Sci Nutr* 11(6):2823–2837. doi.10.1002/fsn3.3261
- Oszvald M, Tamás C, Rakszegi M, Tömösközi S, Békés F, Tamás L (2009) Effects of incorporated amaranth albumins on the functional properties of wheat dough. *J Sci Food Agric* 89(5):882–889 doi.10.1002/jsfa.3528
- Ozon B, Cotabarren J, Valicenti T, Parisi MG, Obregon WD (2022) Chia expeller: a promising source of antioxidant, antihypertensive and antithrombotic peptides produced by enzymatic hydrolysis with Alcalase and Flavourzyme. *Food Chem* 380:132185. doi.10.1016/j.foodchem.2022.132185
- Paglarini CDS, Furtado GF, Honorio AR, Mokarzel L, Vidal VAS, Robeiro APB (2019) Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. *Food Struct* 20:100105. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2019.100105>.
- Park SJ, Sharma A, Lee HJ (2020) A Review of Recent Studies on the Antioxidant Activities of a Third-Millennium Food: *Amaranthus* spp. *Antioxidants* 9(12):1236. doi.10.3390/antiox9121236
- Patil PJ, Usman M, Mehmood A, Ahmad S, Haider J, Zhang C, Li X (2022) Cereal grain tea beverages and their potential health properties. *Functional Cereals and Cereal Foods: Properties, Functionality and Applications* 289–333. doi.10.1007/978-3-031-05611-6_11.

- Penchalaraju M, John Don Bosco S (2022) Legume protein concentrates from green gram, cowpea, and horse gram. *J. Food Process Preserv* 46(4):e16477. doi.10.1111/jfpp.16477
- Perez-Ramírez IF, Sotelo-Gonzalez AM, Lopez-Echevarría G, Martínez-Maldonado MA (2023) Amaranth seeds and sprouts as functional ingredients for the development of dietary fiber, betalains, and polyphenol-enriched minced tilapia meat gels. *Molecules* 28(1):117. doi.10.3390/molecules28010117
- Phiarais BPN, Mauch A, Schehl BD, Zarnkow M, Gastl M, Herrmann M, Arendt EK (2010) Processing of a top fermented beer brewed from 100% buckwheat malt with sensory and analytical characterisation. *J Inst Brew* 116:265-274. doi.10.1002/j.2050-0416.2010.tb00430.x
- Piga A, Conte P, Fois S, Catzeddu P, Del Caro A, Sanguinetti AM, Fadda C (2021) Technological, Nutritional and Sensory Properties of an Innovative Gluten-Free Double-Layered Flat Bread Enriched with Amaranth Flour. *Foods*, 10:920. doi.10.3390/foods10050920
- Pirzadah TB, Malik B, Tahir I, Ul Rehman R. Buckwheat journey to functional food sector. *Curr Nutr Food Sci* 16:134–141. doi. 10.2174/1573401314666181022154332
- Poduvachola FA, Thakur S, Sharma S, Goku, J.J (2024) Studies on physicochemical and sensory characteristics of nutrient-rich biscuits prepared from blends of mango peel powder and *Amaranthus* seed flour. *Int J Adv Biochem Res* 8(7):794–798. doi.10.33545/26174693.2024.v8.i7j.1590
- Poshadri A, Deshpande HW, Kshirsagar RB (2024) Pseudocereals: Development of functional foods, their properties, challenges, and opportunities in food processing industry. *Int Food Res J* 31(2):266–275. doi.10.47836/ifrj.31.2.01
- Poshadri A, Deshpande HW, Machewad GM, Kshirsagar RB, Gadhe KS, Kadam SD (2023) Functional properties of selected composite gluten-free pseudocereals flour. *Food Hum* 1(1):1200-1205. doi.10.1016/j.foohum.2023.09.015
- Punia Bangar S, Sharma N, Singh A, Phimolsiripol Y, Brennan CS (2022) Glycaemic response of pseudocereal-based gluten-free food products: a review. *Int J Food Sci Technol* 57(8):4936–4944. doi.10.1111/ijfs.15890
- Rajlić N, Stijepić M (2024) The Influence of the Pea protein addition and Honey on the basic Physicochemical and Rheological Properties of Oat Yogurt. *In: Book 3-Proceedings, Scientific Conference SANUS 2024, Prijedor* 2(2):333–340. doi: 10.7251/SANUS2401333Z
- Ramos-Díaz JM, Kirjoranta S, Tenitz S, Penttilä PA, Serimaa R, Lampi AM, Jouppila K (2013) Use of amaranth, quinoa and kaniwa in extruded corn-based snacks. *J Cereal Sci* 58(2):59–67. doi.10.1016/j.jcs.2013.04.003
- Rao V, Poonia A (2023) Protein characteristics, amino acid profile, health benefits and methods of extraction and isolation of proteins from some pseudocereals—a review. *Food Prod Process Nutr* 5(1):37. doi.10.1186/s43014-023-00154-z

- Rashwan KA, Osman IA, Abdelshafy MA, Mo J, Chen W (2025) Plant-based proteins: advanced extraction technologies, interactions, physicochemical and functional properties, food and related applications, and health benefits. *Crit Rev Food Sci Nutr* 65(4):667–694. doi.10.1080/10408398.2023.2279696
- Reddy Munnangi VK, Dubey Kumar P, Mishra Atul A, Ahada Sabeel V (2024) Potential processing techniques for safe utilisation of pseudo cereals in the food system. *J Food Compos Anal* 135:106609. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106609>
- Rocchetti G, Lucini L, Rodriguez JM., Barba FJ, Giuberti G (2019) Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties, *Food Chem* 271:157–164. doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.176.
- Rojas-Rivas E, Espinoza-Ortega A, Thomé-Ortiz H, Moctezuma-Pérez S (2019) Consumers' perception of amaranth in Mexico: A traditional food with characteristics of functional foods. *Br. Food J* 121(1):1–14. doi. 10.1108/BFJ-05-2018-0334
- Rovina K, Siddiquee S, Shaarani SM (2017) Toxicology, extraction and analytical methods for determination of Amaranth in food and beverage products. *Trends Food Sci Technol* 65(2):68–79. doi.10.1016/j.tifs.2017.05.008
- Salejda AM, Olender K, Zielinska-Dawidziak M, Mazur M, Szperlik J, Miedzianka J, et al (2022) Frankfurter-type sausage enriched with buckwheat by-product as a source of bioactive compounds. *Foods* 11(5):674. doi.10.3390/foods11050674.
- Sarkar A, Miah MdS, Masum Md AMSA, Alam M (2025) Fortification of wheat biscuits with chia seed fiber and flower waste: Nutritional, antinutritional, functional, and storage properties. *Appl Food Res* 5:100864. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100864>
- Sattar M, Saeed F, Afzaal M, Rasheed A, Asif A, Sharif S, Hussain M, Asad Ur RH, Raza AM, Munir H, Al Jbawi E (2024) An overview of the nutritional and therapeutic properties of amaranth. *Int J Food Prop* 263-272. doi.10.1080/10942912.2024.2304266
- Schaich KM, Shahidi F, Zhong Y, Michael Eskin NA (2013) Chapter 11 - lipid oxidation. In: Michael Eskin, N.A. (Ed.), *Biochemistry of Foods*, third ed, pp 419–478. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-091809-9.00011-X>.
- Sciammaro L, Ferrero C, Puppo C (2018) Physicochemical and nutritional characterization of sweet snacks formulated with *Prosopis alba* flour. *LWT* 93(5):24–31. doi.10.1016/j.lwt.2018.03.019
- Sedej I, Sakač M, Mandić A, Mišan A, Pestorić M, Šimurina O, Čanadanović-Brunet J (2011) Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT - Food Sci Technol (Lebensmittel-Wissenschaft -Technol)* 44:694–699. doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.010

- Senna C, Soares L, Egea MB, Fernandes SS (2024) The techno-functionality of chia seed and its fractions as ingredients for meat analogs. *Molecules* 29:440. <https://doi.org/10.3390/molecules29020440>
- Singh M, Liu SX (2021) Evaluation of amaranth flour processing for noodle making. *Journal of Food Processing and Preservation* 45(4):e15270. doi.10.1111/jfpp.15270
- Singh N, Samarth MR, Vashishth A, Pareek A (2024) Amaranthus as a potential dietary supplement in sports nutrition. *CYTA J Food* 22(1):2375253. <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2375253>
- Srichuwong S, Curti D, Austin S, King R, Lamothe L, Gloria-Hernandez H (2017) Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chem* 233:1–10. doi.10.1016/j.foodchem.2017.04.019
- Starowicz M, Koutsidis G, Zieliński H (2018) Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58:1767–1779. doi.10.1080/10408398.2017.1284742
- Stijepić M, Rajlić N, Glušac J (2024) Application of Pumpkin Protein Concentrate in the Production of Yogurt based on Oats. In Book 3-Proceedings, Scientific Conference SANUS 2024, Prijedor 2(2):319–331. doi:10.7251/SANUS2401319Z
- Suychinov AK, Zhumanova GT, Mironova IV, Akhmadullina ET, Kadirov NN, Galiyeva ZA, Neverova OV (2023) Investigation of the chemical composition, physicochemical properties, and microstructure of meat patties with amaranth flour. *Theory Pract Meat Process* 8(3):183–190. doi.10.21323/2414-438X-2023-8-3-183-190
- Thakur P, Kumar K, Dhaliwal HS (2021) Nutritional facts, bio-active components and processing aspects of pseudocereals: A comprehensive review. *Food Biosci* 42:101170. doi.10.1016/j.fbio.2021.101170
- Tian Z, Shi X, Zhang Y, Li R (2021) An active packaging film based on esterified starch with Tartary buckwheat bran extract and chitosan and its application for mutton preservation. *J. Food Process Preserv* 45(12):e16000. doi.10.1016/j.foodhyd.2019.06.007
- Farid Muhammad S, Anjum R, Yang Y, Tu M, Zhang T, Pan D, Sun Y, Wu Z (2024) Recent trends in fermented plant-based analogues and products, bioactive peptides, and novel technologies-assisted fermentation. *Trends in Food Science & Technology* 149:104529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104529>
- Farzana T, Fatema J, Hossain FB, Afrin S, Rahman SS (2021) Quality improvement of cakes with buckwheat flour, and its comparison with local branded cakes. *Curr Res Nutr Food Sci J* 9(2):570–577. doi.10.12944/CRNFSJ.9.2.20
- Feitosa Fonseca B, Barros Tiago HJ, Feitoza Fonseca VJ (2024) Pseudocereals – A bibliometric analysis and literature review on the potential for manufacturing flours, bakery products and milk analogues. *NFS Journal* 34:100163. doi.org/10.1016/j.nfs.2024.100163

- Feizi R, Goh KKT, Mutukumira AN (2021) Effect of chia seed mucilage as stabilizer in ice cream. *Int Dairy J* 120:105087. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105087>.
- Fernandes SS, Prentice C, Salas-Mellado MdM, MdM (2021) Chia seeds (*Salvia hispanica* L.) oil: an overview extraction, benefits and encapsulation. *Avanços Ciênc Tecnol Alimentos* 3:624–643. <https://doi.org/10.37885/210303520>
- Fernandez-Lopez J, Viuda-Martos M, Perez-Alvarez JA (2021) Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: Technological strategies for their application and effects on the final product. *Curr Opin Food Sci* 40:26–32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.05.004>
- Fernandez-Lopez J, Lucas-Gonzalez R, Viuda-Martos M, Sayas-Barbera E, Ballester-Sanchez J, Haro CM, Perez-Alvarez JA (2020) Chemical and technological properties of bologna-type sausages with added black quinoa wet-milling coproducts as binder replacer. *Food Chem* 310:125–936. doi.10.1016/j.foodchem.2019.125936
- Fernandez-Lopez J, Lucas-Gonzalez R, Viuda-Martos M, Sayas-Barbera E, Navarro C, Haros CM, Perez-Alvarez JA (2019) Chia (*Salvia hispanica* L.) products as ingredients for reformulating frankfurters: effects on quality properties and shelf-life. *Meat Sci* 156:139–145. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.028>
- Ferreira DM, Nunes MA, Santo LE, Machado S, Costa ASG., Alvarez-Orti M, Pardo JE, Oliveira MBPP, Alves RC (2023) Characterization of chia seeds, cold-pressed oil, and defatted cake: an ancient grain for modern food production. *Molecules* 28:723. <https://doi.org/10.3390/molecules28020723>
- Figuerola-González JJ, Lobato-Calleros C, Vernon-Carter EJ, Aguirre-Mandujano E, Alvarez-Ramirez J, Martínez-Velasco A (2022) Modifying the structure, physicochemical properties, and foaming ability of amaranth protein by dual pH-shifting and ultrasound treatments. *LWT* 153:112561. doi. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112561>
- Friedman M (2015) Acrylamide: Inhibition of formation in processed food and mitigation of toxicity in cells, animals, and humans. *Food Funct* 6:1752–1772. <https://doi.org/10.1039/C5FO00320B>
- Haber T, Obiedzinski M, Biller E, Waszkiewicz-Robak B, Achremowicz B, Ceglinska A (2017) Pseudocereals and the possibilities of their application in food technology, General characteristics of Amaranth. *Pol J Appl Sci* 3:45–52. <https://doi.org/10.19260/PJAS.2017.3.2.01>
- Haros CM, Sanz-Penella JM (2017) Food Uses of Whole Pseudocereals, John Wiley & Sons, Ltd. Pseudocereals: 163–192, <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch8>.
- Holzle E, Breitling-Utzmann C, Blumberg O, Klass N, Remezov A, Schodl S, Sischka A, Trankle K, Steliopoulos P, Oellig C (2025) Influence of chia and flaxseeds on acrylamide formation in sweet bakery products. *Food Chem* 463:141344. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141344>

- Huang R, Huang K, Guan X, Zhang J, Zhang P (2022a) Incorporation of defatted quinoa flour affects *in vitro* starch digestion, cooking and rheological properties of wheat noodles. J Cereal Sci 108:103542. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103542>
- Huang K, Liu Y, Zhang Y, Cao H, Luo D, Yi C (2022b) Food Bioscience Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties. Food Biosci 49:101831. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101831>
- Huang R, Huang K, Guan X, Li S, Cao H, Zhang Y, Lao X, Bao, Wang J (2021) Effect of defatting and extruding treatment on the physicochemical and storage properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) flour. LWT - Food Sci Technol (Lebensmittel-Wissenschaft -Technol) 147:111612. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111612>.
- Cadenas R, Caballero I, Nimubona D, Blanco CA (2021) Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. Foods 10(8):1726. doi.10.3390/foods10081726
- Cela N, Galgano F, Perretti G, Di Cairano M, Tolve R, Condelli N (2022) Assessment of brewing attitude of unmalted cereals and pseudocereals for gluten free beer production. Food Chem 384:132621 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132621>
- Chaquilla-Quilca G, Islas-Rubio AR, Vasquez-Lara F, Salcedo-Sucasaca L, Silva-Paz RJ, Luna-Valdez JG (2024) Chemical, physical, and sensory properties of bread with popped amaranth flour. Pol J Food Nutr Sci 74(2): 137–146. <https://doi.org/10.31883/pjfn/187799>
- Chen S, Luo X (2024) Chia seed protein as a promising source for plant-based foods: functional properties, processing methods and potential food applications. Appl Food Res 4(2):100459. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100459>.
- Chiang JH, Ong DSM, Ng FSK, Hua XY, Tay WLW, Henry CJ (2021) Application of chia (*Salvia hispanica*) mucilage as an ingredient replacer in foods. Trends Food Sci Technol 115:105–116. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.039>
- Chrungoo NK, Chettry U (2021) Buckwheat: A critical approach towards assessment of its potential as a super crop. Indian J Genet Plant Breed 81:1–23. doi.10.31742/IJGPB.81.1.1
- Coelho LM, Faria C, Madalena D, Genisheva Z, Martins JT, Vicente AA, Pinheiro AC (2022) Valorization of amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain extracts for the development of alginate-based active films. Molecules 27(18):5798. doi.10.3390/molecules27185798
- Cordoba-Ceron DM, Bravo-Gomez JE, Agudelo-Laverde LM, Roa-Acosta DF, Nieto-Calvache J.E (2023) Techno-functional properties of gluten-free pasta from hyperprotein quinoa flour, Heliyon 9:e18539, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18539>.
- Coronel EB, Guiotto EN, Aspiroz MC, Tomás MC, Nolasco SM, Capitani MI (2021) Development of gluten-free premixes with buckwheat and chia flours:

- Application in a bread product. *LWT - Food Science and Technology* 141:110916. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110916>
- Cotovanu I, Mironeasa C, Mironeasa S (2023) Incorporation of buckwheat flour at different particle sizes and distinctive doses in wheat flour to manufacture an improved wheat bread. *Foods* 12(8):1730. doi.10.3390/foods12081730
- Dabija A, Ciocan ME, Chetrariu A, Codina GG (2022) Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants* 11:756. <https://doi.org/10.3390/plants11060756>
- Wang JR, Guo XN, Li Y, Zhu KX (2021) The addition of alpha amylase improves the quality of Chinese dried noodles. *J Food Sci* 86(3):860–866. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15654>.
- Wang X, Ullah N, Sun X, Guo Y, Chen L, Li Z, Feng X (2017). Development and characterization of bacterial cellulose reinforced biocomposite films based on protein from buckwheat distiller's dried grains. *Int J Biol Macromol* 96:353–360. doi.10.1016/j.ijbiomac.2016.11.106
- Wolter A, Hager AS, Zannini E, Arendt EK (2013) *In vitro* starch digestibility and predicted glycaemic indexes of buckwheat, oat, quinoa, sorghum, teff and commercial gluten-free bread. *J Cereal Sci* 58:431–436. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.09.003>.
- Yan D, Gao X (2020) Progress of the use of alternatives to malt in the production of gluten-free beer. *Crit Rev Food Sci Nutr* 16:1–16. doi.10.1080/10408398.2020.1859458
- Yang Z, Zhou Y, Xing JJ, Gu, XN, Zhu KX (2022) Effect of superheated steam treatment and extrusion on lipid stability of black soybean noodles during storage. *Food Control* 132:108388. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108388>.
- Yesil S, Levent H (2022) The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT Food Sci Technol* 160:113–301. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113301>.
- Yessengaziyeva A, Uzakov Y, Chernukha I, Kaimbayeva L, Kalashinova L, Zhantleuov D (2023) The use of buckwheat flour in the technology of semi-smoked sausage. *Slovak J Food Sci* 17:311–323. doi.10.5219/1861
- Yilmaz HÖ, Ayhan NY, Meriç ÇS (2020) Buckwheat: A useful food and its effects on human health. *Curr Nutr Food Sci* 16(1):29–34. doi.10.2174/1573401314666180910140021

Application of pseudocereals in industry

Radoslav Grujić, Milka Stijepić

Summary

Consumer interest in nutrient-rich pseudocereals has stimulated research focused on the potential benefits of pseudocereals for the development of sustainable agriculture and the food industry and for human nutrition. Pseudocereals contribute to the improvement of sensory properties and consumer acceptability of products. Pseudocereals provide unique taste, texture and color to various food formulations. The addition of pseudocereals provides a creative way to meet the growing consumer demand for healthier and more diverse food options. Due to their high content of macro- and micronutrients, pseudocereals can be used to develop a range of new food products.

The development of new gluten-free products requires additional research to improve the bioactive, technical and sensory properties of the products. Recently, there has been an increased interest in the research and development of new products based on chia, amaranth, buckwheat and quinoa. Based on a review of the latest research published in leading world journals, this chapter provides an overview of the current use of pseudocereals in the production of food products. In addition, development directions and new opportunities for improving the nutritional value and quality of industrial products incorporating pseudocereals (seeds, flour or extracts) are analyzed.

Keywords: pseudocereals, food products, gluten-free products, bread and bakery products, meat analogues, plant-based dairy products, gluten-free beer, edible films