



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ “– БИТОЛА
ТЕХНОЛОШКО-ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ – ВЕЛЕС**



Иновативни технологии за храна и нутриционизам

**ТЕХНОЛОШКО-ФУНКЦИОНАЛНИТЕ СВОЈСТВА НА СУРОВИНАТА ВО УЛОГА НА
ИНДИКАТОР ПРИ ОПТИМИЗАЦИЈА НА ПРОЦЕСОТ ЗА НАМАЛУВАЊЕ НА СОДРЖИНА НА
АКРИЛАМИД ВО ПЕКАРСКИ ПРОИЗВОД СО ТИКВА**

докторски проект

Кандидат
Дурим Алија
број на индекс 13

Ментор
Проф.д-р Даниела Николовска Неделкоска

СОДРЖИНА

Апстракт	3
1. Вовед.....	4
2. Преглед на литературата.....	5
3. Методи и материјали.....	7
3.1. Рецептúra и шематски приказ на процесот на производството на леб.....	7
3.2. Гранулометрија на брашното од пченица и брашното од тиква	8
3.3 Физичко-хемиските својства на брашното	9
3.4 Текнолошки-функционалните својства на брашното (пченично и тиква) – <i>WHC, WAI, WSI, SP, WAC, OAC и HLI</i>	9
3.5. Сензорна анализа	10
4. Резултати и дискусија	10
4.1 Гранулометрија на брашното (пченичното и од тиква)	10
4.2 Физичко-хемиски својства на брашното и влага во сите мешавини	11
4.3 Капацитет за задржување на вода – (<i>water holding capacity – WHC</i>).....	12
4.4 Индекс на апсорпција на вода (<i>water absorption index - WAI</i>), индекс на растворливост во вода (<i>water solubility index - WSI</i>), бабрење (<i>swelling power - SP</i>)	13
4.5 Капацитет за апсорпција на вода (<i>water absorption capacity - WAC</i>), капацитет за апсорпција на масло (<i>oil absorption capacity - OAC</i>) и хидрофилен и липофилен индекс (<i>hydrophilic and lipophilic index – HLI</i>).....	13
4.6 Сензорна анализа	14
5. Заклучок	16
Благодарност	17
Користена литература	17

ТЕХНОЛОШКО-ФУНКЦИОНАЛНИТЕ СВОЈСТВА НА СУРОВИНАТА ВО УЛОГА НА ИНДИКАТОР ПРИ ОПТИМИЗАЦИЈА НА ПРОЦЕСОТ ЗА НАМАЛУВАЊЕ НА СОДРЖИНА НА АКРИЛАМИД ВО ПЕКАРСКИ ПРОИЗВОД СО ТИКВА

Дурим Алија

Технолошко-технички факултет Велес,
Универзитет „Св. Климент Охридски“ Битола,
Република Северна Македонија
ORCID iD 0000-0002-5855-8571
durim.aliya@uklo.edu.mk

Проф. д-р Даниела Николовска Неделкоска

Технолошко-технички факултет Велес,
Универзитет „Св. Климент Охридски“ Битола
Република Северна Македонија
ORCID iD 0000-0002-8983-0961
daniela.nedelkoska@uklo.edu.mk

Апстракт

Пекарските производи се сметаат за едни од главните извори на акриламид (АА) во исхраната на луѓето. Поради тоа, формирањето на акриламид во термички обработената храна е голем предизвик за пекарската индустрија, а во последните години акриламидот претставува актуелен проблем и од аспект на науката за исхрана токму поради неговите токсични ефекти. Како основни цели во истражувањето, покрај прегледот на современите напори за намалување на содржината на акриламид во пекарските производи е развивање на формулации (рецептури) со цел редуцирана содржина на акриламид и оптимизација на технолошкиот процес. Во рамките на овој пилот проект се опфатени физичко-хемиските и технолошко-функционалните својства на суровините за развивање на рецептура за производство на леб со употреба на „брашно“ од тиква (5%, 10%, 15% и 20%), технолошкиот процес и сензорните својства на добиениот производ. Гранулометриската анализа на примероците пченично брашно и брашно од тиква покажа дека примероците се одликуваат со различен гранулометриски состав. Композитното брашно/мешавините на брашно од пченица и брашно од тиква обезбедуваат соодветно ниво на влага за правење леб. Капацитетот за задржување вода (WHC) на брашното од тиква е значајно поголем од капацитетот на пченичното брашно што најверојатно се должи на разликите во содржината и видот на присутните јаглехидрати, односно диететски влакна кои ја апсорбираат водата. Брашното од тиква покажа и повисок индекс на растворливост во вода (WSI) и поголем потенцијал за бабрење (SP). WSI укажува на количеството полисахариди кои се ослободуваат од гранулата при додавање на вишок вода. Резултатите од сензорната анализа покажаа дека лебот со содржина на тиква до 10% е подобро прифатен од панелистите во однос на примероците со 15% и 20% брашно од тиква. Се очекува ова истражување да даде голем придонес во подигање на свеста во врска со АА кај прехранбениот сектор и консументите на национално ниво, но и придонес за глобалната научна јавност со нови сознанија и стратегии за редуцирано присуство на акриламид во пекарските производи.

Клучни зборови: пченично брашно, брашно од тиква, акриламид, реформулирање на рецептурата, технолошки-функционалните својства

1. Вовед

Акриламидот (АА) е токсична материја која се појавува во храната при нејзината термичка обработка. Имено, соединението се создава за време на процесирањето на температури над 120 °C и е продукт добиен при реакција на редуцирачките шеќери од храната и присутните аминокиселини, особено аспарагин (Тареке и сор. - Tareke et al., 2002; Зизак и сор. - Zyzak et al., 2003), а на температура над 170 °C неговото формирање е уште поизразено (Менцин и сор. - Mencin et al., 2020; Јанг и сор. - Yang et al., 2016). Главниот хемиски процес е познат како реакција на Мајлард (Maillard); тоа е истата реакција што ја „заруменува“ храната и влијае на нејзиниот вкус. Акриламидот се наоѓа во производи како што се чипс, помфрит, леб, бисквити и кафе (Нематолахи и сор. - Nematollahi et al., 2020).

Пекарските производи се сметаат за едни од главните извори на акриламид во исхраната на луѓето. Поради тоа, формирањето на акриламид во термички обработената храна е голем предизвик за пекарската индустрија, а со оглед на глобалната потрошувачка на пекарските производи, во последниве години акриламидот претставува актуелен проблем и од аспект на науката за исхрана токму поради неговите токсични ефекти. Некои студии покажуваат дека количината на акриламид може да се намали со прилагодување на параметрите за обработка како што се рН, температурата на загревањето и времето на загревање (Капуано и сор. - Capuano et al., 2009), менување на додатоките за печење, како и додавање адитиви, односно со разјаснување на механичките патишта на формирање на акриламид (Клаус и сор. - Claus et al., 2008; Циесарова и сор. - Ciesarova et al., 2009; Коциу и сор. - Kotsiou et al., 2011).

Имајќи ја во предвид важноста на акриламидот, истражувањето во докторската теза ќе има за цел да ги анализира факторите што влијаат врз формирањето на акриламид во пекарските производи со цел воведување на мерки што овозможуваат контрола на неговото формирање, односно воспоставување на стратегии за намалено присуство на акриламид во пекарските производи. Како основни цели во истражувањето, покрај литературниот преглед на проблематиката и преглед на современите напори за намалување на содржината на акриламид во пекарските производи, се:

- развивање на различни формулации (рецептури) со цел редуцирана содржина на акриламид во добиениот пекарски производ (како на пр., употреба на различни додаток од природно потекло со антиоксидативни својства, како што е „брашното“ од тиква во различни вредности 5%, 10%, 15% и 20%),
- оптимизација на технолошкиот процес (избор на процесни услови како на пр., температура и време на печење, димензии на производ, времетраењето на ферментацијата и др.).

Во рамките на овој пилот проект се опфатени индикаторите (технолошко-функционалните својства) за оптимизација на рецептурата и технолошкиот процес за производството на пекарски производи со употреба на брашно од тиква. Притоа се следени:

- физичко-хемиските карактеристики на суровините;
- параметрите на технолошкиот процес;
- технолошко-функционалните својства на брашното (од пченица и тиква), преку следење на хидратационите својства на брашното и композитните брашна, односно мешавините со брашно од тиква (содржина 5%, 10%, 15% и 20%):
 - капацитет за задржување на вода – (water holding capacity, WHC);
 - индекс на апсорпција на вода (water absorption index, WAI);
 - индекс на растворливост во вода (water solubility index, WSI);

- моќ на бабрење (swelling power, SP);
 - капацитет за апсорпција на вода (water absorption capacity, WAC);
 - капацитет за апсорпција на масло (oil absorption capacity, OAC) и
 - хидрофилен и липофилен индекс (hydrophilic and lipophilic index, HLI);
- сензорните карактеристики на добиениот производ.

Горенаведените индикатори се битни за формулација на нова рецептура со цел да се обезбеди намалување на содржината на АА во пекарските производи и добивање на прифатлив функционален пекарски производ за консуматорите.

Се очекува ова истражување да даде придонес во подигање на свеста во врска со акриламидот кај прехранбениот сектор и консументите на национално ниво, но и придонес за глобалната научна јавност со нови сознанија и стратегии за редуцирано присуство на акриламид во пекарските производи.

2. Преглед на литературата

Безбедноста на храната е неопходна цел при производството на храна. Бидејќи се очекува прехранбените производи да придонесуваат за човековото здравје, треба да се избегне присуство на штетни материи во храната, како што се остатоци од пестициди, микотоксини, тешки метали и загадувачи на животната средина. Покрај можните присутни загадувачи во суровината, штетни материи, како што е акриламидот (АА), може да се формираат и при преработката на храната (Фалко и Симоне - Falko & Simone, 2020).

Акриламид е хидрофилна супстанција со мала молекула. Се апсорбира преку гастроинтестиналниот тракт на луѓето и животните и пасивно дифундира низ целото тело. АА може да помине низ крвно-мозочната бариера за директно да го изврши својот токсичен ефект врз нервниот систем (Koszucka и сор. - Koszucka et al., 2020). Акриламидот брзо се дистрибуира преку крвотокот до сите органи во телото и може да се идентификува во мозокот, срцето, црниот дроб, бубрезите и мајчиното млеко (Матосо и сор. - Matoso et al., 2019; Молахалили-Мејбодисор. - Mollakhalili-Meybodi et al., 2021). Во организмот, АА се метаболизира и се случува негова конверзија во реактивно, мутагено и генотоксично соединение, глицидамид (Пундир и сор. - Pundir et al., 2019; Сазеш - Sazesh, 2020).

Од аспект на безбедноста на храната, во ноември 2017 година е усвоена Регулацијата на Комисијата (ЕУ) 2017/2158 (Commission Regulation (EU) 2017/2158) за воспоставување мерки во насока на намалување на присуството на акриламид во храната, која стапи на сила во април 2018 година. Во нашата држава во 2019 година, спроведена е хармонизација со европското законодавство со усвојувањето на Правилникот за општите барања за безбедност на храната во однос на нивоата на референтните вредности за намалување на присуството на акриламид во храната (Службен весник на РСМ, 239/2019).

Предходно, во 2005 година, Европската Организацијата за Храна и Пијалоци (економските оператори во индустријата за храна и пијалоци на ЕУ) разви сет на алатки, врз основа на информации од властите, научниците, меѓународните истражувачки организации и економски оператори за намалување на содржината на АА во одредени групи на храна. Документот се ревидира со годините, а материјалите се групирани во четири широки категории: агрономски фактори, рецепт на производство, метод на преработка на храна и финална подготовка (ЕФСА - EFSA, 2011; Нгујен и Ван Боекел - Nguyen & Van Boekel, 2017). Во 2009 година од страна на Codex Alimentarius е подготвен водич „Кодекс на практика за намалување на акриламид во храната“ -

SAC/RCP 67-2009, кој ги специфицира мерките за намалување на нивоата на акриламид, а операторите со храна се советуваат да ги тестираат производитите со цел да се идентификува оптималниот метод за намалување на овој загадувач (Кодекс Алиментариус - Codex Alimentarius, 2009). Општо, се применуваат три групи на стратегии со цел намалено формирање на акриламид: (i) модификација на суровините, (ii) оптимизација на условите за обработка и (iii) додавање на адитиви (Милднер-Шкудларц и сор. - Mildner-Szkudlarz et al., 2019).

Рафан и Халфорд - Raffan & Halford (2019) известија дека со започнување на имплементацијата на стратегиите за намалување на акриламид во 2002 година до денес, се забележува намалена содржина на акриламид кај одредени прехранбени производи. Капуано и сор. - Capuano et al. (2009) покажаа дека количината на акриламид може да се минимизира со прилагодување на параметрите за обработка како што се pH, температурата на загревање и времето на загревање. Голем број истражувања потврдуваат дека менувањето на додатоците за печење, додавањето адитиви и разјаснувањето на механичките патишта на формирање на акриламид може да ја минимизираат количината на акриламид (Клаус и сор. - Claus et al., 2008; Циесарова и сор. - Ciesarova et al., 2009; Коциу и сор. - Kotsiou et al., 2011).

Во однос на пекарските производи, развиени се и имплементирани неколку методи за намалување на нивото на акриламид, особено врз основа на намалување на содржината на аспарагин. Некои примери на такви методи се: додавање ензими како што се аспарагиназа, примена на ферментација, додавање на поливалентни катјони, додавање антиоксиданти, замена или редуцирана содржина на амониум бикарбонат, оптимизација на процесот на печење итн. (Сарион и сор. - Sarion et al., 2021). Клаус и сор. - Claus et al. (2008) констатирале намалување на акриламид во лебот со квасец како последица на продолжување на времето на ферментација. Се претпоставува дека користењето на различни видови адитиви има многу големо влијание врз деградацијата на акриламид. Постојат податоци за ефектите од примена на различни видови адитиви, така на пример Вакаизуми и сор. - Wakaizumi et al. (2009) го утврдиле влијанието на 24 видови филаментозни габи. Додавањето на антиоксиданти е проучувано од Хедегард и сор. - Nedegaard et al., 2008. Екстрактот од рузмарин, маслото од рузмарин или сувите листови од рузмарин додадени во тестото подготвено од пченично брашно ја намалиле содржината на акриламид за 57 до 67%. Поради разликите во структурата на антиоксидантите, својствата и сложеноста на реакциите, различни антиоксиданти се вклучени во различни реакции во текот на процесот, односно преку различни механизми го инхибираат формирањето на акриламид во преработената храна на висока температура (Оу и сор. - Ou, et al., 2010; Замора и Идалго - Zamora & Hidalgo, 2008; Хамзалиоглу и сор. - Hamzalioglu et al., 2013). Сепак, според Рафан и Халфорд - Raffan & Halford (2019) сеуште постои широк простор за активности во прехранбената индустрија бидејќи според авторите нема доволен напредок во намалувањето на акриламид во производитите.

Повикувајќи се на горенаведените истражувања од различни автори, регулативи и стратегии, и имајќи ја предвид целта на докторската теза во овој пилот проект избравме да користиме тиква *Cucurbita maxima Plomo*, која традиционално се одгледува во полошкиот регион, како природен извор на антиоксиданти за намалување на содржината на акриламид во пекарски производ. Експерименталниот дел од истражувањето во овој докторски проект опфати анализа на физичко-хемиски и технолошко-функционалните својства на суровините (пченица и тиква), оптимизација на производствениот процес, како и сензорна анализа на добиените производи, со цел добивање на производ со редуцирана содржина на акриламид и посакувани сензорни својства.

3. Методи и материјали

Ова пилот истражување беше спроведено во неколку фази, со цел да се добијат податоци и резултати важни за поставување на хипотези за проблемот елабориран погоре и создавање на конечен експериментален проток за изведување на другите фази на истражувањето во врска со докторска теза. Првиот дел од анализите, презентирани во овој пилот-проект е спроведен во Истражувачкиот центар „Адаптивен акцелератор за системи за храна“ Вроцлав, Полска. Сите резултати се дадени како средна вредност \pm стандардна девијација.

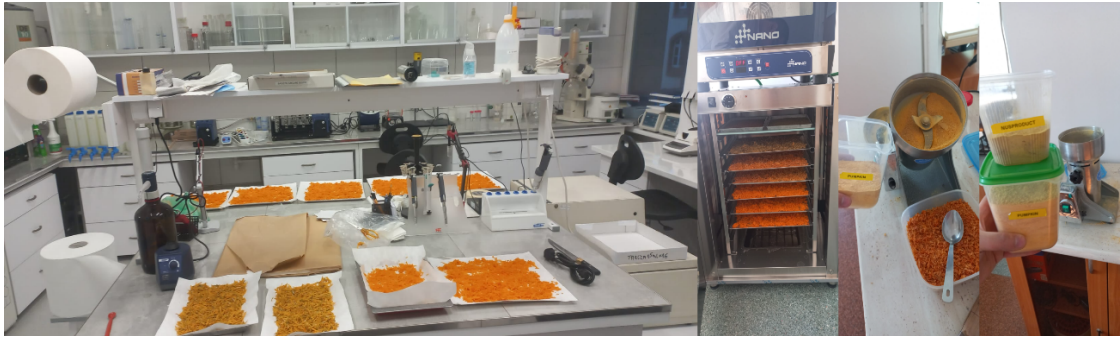
3.1. Рецептура и шематски приказ на процесот на производството на леб

Користеното брашно е добиено со мелење специјална пченица за производство на леб - Т 750 во мелницата Stoislaw, Полска. Шематски приказ на процесот на производство на леб е даден на Слика 1. За подготовка на лебот се користеше квасец во прав (*Saccharomyces cerevisiae*) и сол, исто така произведени во Полска. Во рецептурата е додадено брашно од тиква *Cucurbita maxima Plomo* одгледувана во селото Камењане, Република Северна Македонија.

Од тиквата прво беа извадени рачката, кората и семките, а потоа беше исечена на тенки парчиња и дополнително иситнета со рендање. Изренданиот материјал беше сушен во лабораториска печка за сушење „NANO“, со присилна циркулација на воздухот на константна температура од 45 ± 2 °C и релативна влажност од 60–65% (слика 2). Процесот на сушење траеше 24 часа, односно до ниво на содржина на влага под 10 %. Сувите парчиња тиква беа измелени во машина за мелење (MILL IKA A11). Добиеното брашно од тиква беше херметички затворено за потребите на оваа студија.



Слика бр. 1: Шематски приказ на процесот на производство на леб



Слика бр. 2: Подготовка на суровината („брашно“ од тиква)

Производството на леб се спроведе во лабораториските простори на Food Adaptive System. Температурата на водата за месење беше во опсег од 25-30°C. Се примени машината за замесување на тесто SILVER CREST, во времетраење од 5 min.

Замесеното тестото беше поделено на четири примероци, секој со маса од 95 - 100 g и потоа примероците се облукуваа. Процесот на ферментација траеше 60 min на температура 35°C (Binder инкубатор), а примероците се печеа на температура од 180°C, 25 min во печка за печење (слика 3).



Слика бр. 3: Изглед на ферментираниите примероци и финалните производи

3.2. Гранулометриски карактеристики на брашното од пченица и брашното од тиква

Гранулометриските карактеристики на примероците од брашно (пченица и тиква) се определени со помош на методот AOAC 965.22 (AOAC, 1966), со мала модификација. При анализата е користен апарат за определување на гранулометрискиот состав на брашно LPzE-2e MultiserW Morek со сита со големина на отвори од $\varnothing 200 \text{ mm} - \varnothing 0,080 \text{ mm}$ (слика 4).



Слика бр. 4: Апарат за определување на гранулометриски состав на брашното LPzE-2e MultiserW Morek

3.3 Физичко-хемиски својства на брашното

Физичко-хемиските својства на брашното од пченица се анализирани со автоматизиран анализатор за жито FOSS Infratec™ 1241 (слика 5). Овој инструмент со модул за брашно овозможува да се добијат високо прецизни мерења на параметрите како што се влага, протеини, пепел, глутен и апсорпција на вода во брашното.

Одредувањето на влага на сите примероци е извршено со инструмент за анализа на влага Sartorius MA-30, според упатство на производителот, а резултатот е изразен во проценти (%).



Слика бр. 5: Infratec™ 1241 Анализатор на жито (Grain Analyzer)

3.4 Технолошко-функционални својства на брашното (од пченица и тиква)

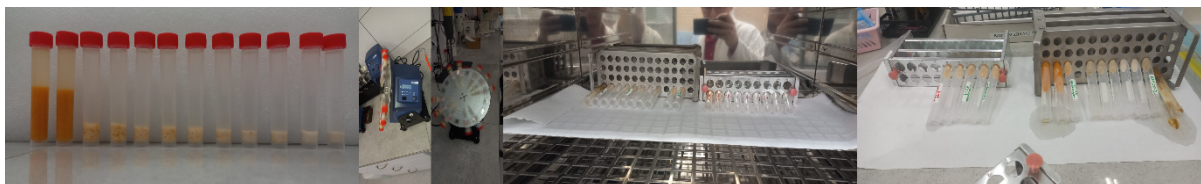
Капацитетот за задржување вода (WNC) се дефинира како количество вода што го задржува примерокот (Фернандез Пелаез и сор. - Fernández Peláez et al., 2021), Параметарот покажува како примероците апсорбираат вода кога гравитацијата е единствената сила што дејствува (Карпентиери и сор. - Carpentieri et al., 2024). Овој параметар е определен според Карпентиери и сор. - Carpentieri et al. (2024), со одредени модификации. Накратко, 10 ml дестилирана вода се додадени на $0,5 \pm 0,005$ g примерок. Се остава да се хидрира 24 часа, а потоа се мери масата на хидрираниот примерок. WNC е одреден како g вода/g сува маса (g of water/g of dry solids). Анализата за секој примерок е спроведена со три паралелни проби.

Својствата на желатинирање на брашното се оценети преку **индекс на апсорпција на вода (WAI)**, **индекс на растворливост во вода (WSI)** и **моќта на набабрување /бабрење (SP)**, со методот предложен од Карпентиери и сор. - Carpentieri et al. (2024), со одредени модификации. (слика 6). WAI покажува како примероците се

желатинизираат во циклусот ладење-загревање, а WSI го одразува бројот на ослободени соединенија од гелот во вишокот вода. Моќта на бабрење (SP) на брашната се однесува на нивната способност да апсорбираат вода и да го зголемат волуменот. Тоа е важно својство кое влијае на квалитетот и функционалноста на брашното при различни примени.

Индексот на апсорпцијата на вода WAI (g вода/g сува маса), индексот на растворливост во вода WSI (g вода/100 g сува маса) и моќта на бабрење SP (g вода/g сува маса) се определени со анализата на три паралелни проби за секој примерок.

Капацитетот за апсорпција на вода (WAC), кој открива како примероците ја апсорбираат и зачувуваат водата кога се применуваат сили, присутни при мешање и центрифугирање; **капацитетот за апсорпција на масло (OAC)** и **хидрофилен/липофилен индекс (HLI)** на примероците беа одредени според методот опишан од Карпентиери и сор. - Carpentieri et al. (2024), со одредени модификации. WAC е изразен како g вода/g сува маса (g of water/g of dry solids) OAC (g масло/g сува маса - g of oil/g of dry solids). HLI беше пресметан со користење на равенката $HLI = WAC/OAC$. Анализата за секој примерок е спроведена со три паралелни проби.



Слика бр. 6: Приказ од постапките при определување на технолошко-функционалните својства (WAC, WAI, WSI, SP, WAC, OAC и HLI) на брашното (од пченица и тиква)

3.5. Сензорна анализа

Сензорната анализа се спроведе со методот на Калуѓерски и Филиповиќ - Kaluđerski & Filipović (1998), со одредени модификации. Панел од 10 искусни оценувачи ги испитуваше сензорните својства на лебот, вклучувајќи го волуменот, надворешниот изглед, изгледот на внатрешен дел, аромата и вкусот на кората и внатрешниот дел. Секој од атрибутите на лебот доби оценка од 1 до 5, а вкупните поени беа пресметани со множење на резултатот со коефициентот на релевантност за секој атрибут (волумен $k=4$, надворешниот изглед $k=3$, изгледот на внатрешниот дел $k=5$, аромата на кората и внатрешниот дел $k=3$, вкусот на кората и внатрешниот дел $k=5$).

4. Резултати и дискусија

4.1 Гранулометриски карактеристики на брашното (пченично и од тиква)

Големината на гранулите на брашното е важен параметар што ја одредува ефективностa на процесите на пренос на топлина и маса што се случуваат за време на формулацијата и трансформацијата на самите брашна и мешавините, како и нивните хидратациони, желирачки и реолошки својства (Гарсија-Сеговија и сор. - García-Segovia et al. 2020).

Гранулометриската анализа на примероците пченичното брашно и брашното од тиква (Табела 1) покажа дека примероците се одликуваат со различен гранулометриски состав. Имено, повисока застапеност на фракции со покрупни гранули (задржани на ситата со големина на отвори \varnothing 0,200 mm, 0,180 mm, 0,150 mm) беше утврдена кај

пченичното брашно. Од друга страна, кај брашното од тиква повисоки се процентите (во однос на пченичното брашно) на брашно задржани на ситата со помал отвор (\varnothing 0,125 mm, 0,106 mm, 0,080 mm) што укажува дека брашното има поситна гранулација. Особено се разликува процентуалната застапеност на фракцијата со димензии на гранули помали 0,080 mm, која изнесува 13,62% кај брашното од тиква и 1,10% кај пченичното брашно.

Диаметарот на сито	mm	0,200	0,180	0,150	0,125	0,106	0,080	Остаток на сито (најситно брашно)
Пченично брашно	%	72,96	6,70	7,74	4,28	3,80	3,86	1,10
Брашно од тиква	%	60,96	3,78	5,30	4,86	4,94	4,60	13,26

Табела 1: Гранулометриска анализа на пченичното брашно и брашното од тиква

На овие резултати влијаат многу фактори како што се: структурата на самите суровини, хемискиот состав на брашната (пченичното брашно според составот на пепелот спаѓа во полубелите брашна со 0,64 % пепел, и има 13,40 % протеини), или начинот на мелење на брашната. Алвиола и Монтерде - Alviola & Monterde (2018) сугерираат дека гранулометриските карактеристики зависат од структурата на гранулата, степенот на обработка и хемискиот состав на брашното. Според Карпентиери и сор. - Carpentieri et al. (2022) распределбата на големината на гранулите е од најголема важност во одредувањето на правилната хидратација на мешавините од брашно. Малите гранули имаат тенденција да се прехидратираат, што резултира со лепливо тесто, додека големите гранули се недоволно хидратизирани, што резултира со круто тесто. Големината на гранулите од пченично брашно има ефект врз технолошко-функционалните својства на брашното, што може значително да влијае на печењето (Катјал и сор. - Katyal et al., 2017).

4.2 Физичко-хемиски својства на брашното и сите мешавини

Употребеното пченично брашно има оптимална содржина на влага, протеини односно глутен и пепел за производство на полубел леб (Табела 2).

Параметери	%
Протеини	13,40±0,16
Влажноста	10,93±0,06
Пепел	0,64±0,01
Апсорпција на вода	59,47±1,31
Глутен	27,63±0,47

Табела 2: Физичко-хемиски својства на пченичното брашно

Од добиените резултати претставени во табела 3, може да се заклучи дека двете употребени брашна (пченичното брашно и брашното од тиква) имаат оптимална

содржина на влага, така да и создадените мешавини имаат оптимална содржина на влага, што ги прави погодни за производство на леб. Слични резултати пријавуваат и Гендов-Мосану и сор. - Ghendov-Mosanu et al. (2023).

Примерок	Влага (%)
Брашно	10,80±0,42
Брашно од Тиква	9,44±0,62
Мешавина со 5% брашно од Тиква	9,76±0,17
Мешавина со 10% брашно од Тиква	9,89±0,16
Мешавина со 15% брашно од Тиква	9,31±0,29
Мешавина со 20% брашно од Тиква	9,43±0,17

Табела 3: Содржина на влага во брашното и мешавините

4.3 Капацитет за задржување на вода (WHC)

WHC и WAC го покажуваат количеството вода што може да се апсорбира од примерокот. Овие својства зависат од карактеристиките на поединечните соединенија, скроб, влакна, типот на протеини и структурата, степенот на поврзаност за формирање на водородни врски и достапноста на местата за врзување вода (Харасим и сор. - Harasym et al., 2020).

Од табелата 4 се гледа дека помеѓу пченичното брашно и брашното од тиква има многу голема разлика во капацитетот за задржување на вода (2,519 g вода/g сува маса пченично брашно и 10,892 g вода/g сува маса брашно од тиква). Очекувано, при создавање на мешавини за производство на леб со зголемена содржина на брашното од тиква се зголемува и капацитетот за задржување на вода. Причина може да е различната содржина на диететски влакна кои ја апсорбираат водата. Слични резултати пријави Амани - Amani (2022), за мешавини од 5%, 10% и 15% брашно од тиква, за кои со зголемување на количеството на брашното од тиква се зголемува и капацитетот за задржување на вода (WHC).

Примерок	WHC (g вода /g с.м.)
Брашно	2,519±0,02
Мешавина со 5% брашно од Тиква	2,525±0,02
Мешавина со 10% брашно од Тиква	2,775±0,11
Мешавина со 15% брашно од Тиква	3,071±0,04
Мешавина со 20% брашно од Тиква	3,560±0,15
Брашно од Тиква	10,892±0,14

Табела 4: Вредности на WHC за брашното и мешавините

4.4 Индекс на апсорпција на вода (WAI), индекс на растворливост во вода (WSI), моќ на бабрење (SP)

Во табела 5 се прикажани вредностите на WAI, WSI, SP за брашното и мешавините. Податоците од табела 5 покажуваат дека брашното од тиква има поголем индекс на апсорпција на вода (WAI), така да и кај создадените мешавини со зголемување на процентот на брашното од тиква се зголемува индексот на апсорпција на вода (WAI). Како што видовме погоре, брашното од тиква има помала гранулација, што нуди поголема површина за хидратација и забележливо се подобрува потенцијалот за апсорпција на вода во тестото.

Индексот на растворливост во вода (WSI) на брашното од тиква има многу повисока вредност од WSI на пченичното брашно, па затоа и кај создадените мешавини со зголемување на процентот на брашното од тиква многу се зголемува и индексот на растворливост во вода (WSI). И моќта за бабрење, изразена преку вредноста на SP се зголемува кај мешавините со додавање на поголем процент на брашно од тиква. Индексот на растворливост во вода (WSI) го покажува количеството на полисахариди, кои се ослободуваат од гранулата при додавање на вишок вода (Јосуф и сор. - Yousf et al., 2017). Гиздареану и сор. - Ghizdareanu et al. (2023) коментираат дека на вредноста на WSI влијаат повеќе фактори, како што се структурата на гранулите на скробот и односот помеѓу амилозата и амилопектинот. Жао и сор. - Zhao et al. (2009) посочуваат дека со намалување на големината на гранулите се зголемува WSI, што резултира со поголемо „истекување“ на молекули добиени од растворлив скроб растворени во водата за време на анализата.

WAI и WSI може да се користат за да се проценат функционалните карактеристики на храната и да се предвиди како може да се однесуваат материјалите доколку дополнително се обработуваат. Според Шевкани и сор. - Shevkani et al. (2014) значајните разлики во функционалните својства може да се припише и на варијацијата во содржината на протеини, што ја открива способноста на брашното да апсорбира вода.

Примерок	WAI (g вода /g с.м.)	WSI (g вода / 100 g с.м.)	SP (g вода /g с.м.)
Брашно	5,009±0,02	3,797±0,36	5,207±0,01
Мешавина со 5% брашно од Тиква	5,122±0,09	4,624±0,14	5,370±0,08
Мешавина со 10% брашно од Тиква	5,223±0,03	5,821±0,06	5,546±0,03
Мешавина со 15% брашно од Тиква	5,391±0,06	6,836±1,10	5,787±0,02
Мешавина со 20% брашно од Тиква	6,229±0,13	8,604±0,02	6,815±0,15
Брашно од Тиква	7,552±0,52	29,264±2,47	10,677±0,36

Табела 5: Вредности на WAI, WSI, SP за брашното и мешавините

4.5 Капацитет за апсорпција на вода (WAC), капацитет за апсорпција на масло (OAC) и хидрофилен и липофилен индекс (HLI)

Хидрофилниот и липофилниот индекс во брашното е прикажен на табела 6 - обично е поврзан со својства како што се структурата на протеините, реолошките својства, густината на протеините и конзистентноста со другите состојки на храната.

Капацитетот за апсорпција на масло (OAC) се однесува на количината на липиди што може да се апсорбираат со одредена количина на протеини и е во голема корелација емулгирачките својства на протеинот (Гравел и Дојен - Gravel & Doyen, 2020). Мастите

и маслата обично се апсорбираат и задржуваат од мали протеини со мала густина и хидрофобни. Капацитетот за апсорпција на вода (WAC) е многу поголем кај брашното од тиква па затоа и кај создадените мешавини со зголемување на процентот на брашното од тиква се зголемува и WAC. Додека капацитетот за апсорпција на масло (OAC) многу помалку се зголемува со зголемување на процентот на брашното од тиква. Исто така, сите анализирани мешавини покажаа хидрофилен/липофилен индекс кој се движи од $1,588 \pm 0,03$ до $1,615 \pm 0,01$ што укажува на добра рамнотежа помеѓу вредностите на WAC и OAC. Овие наоди дават насока за потенцијална употреба на овие мешавини во пекарските производи.

Примерок	WAC (g вода /g с.м.)	OAC (g масло /g с.м.)	HLI (g /g)
Брашно	1,634±0,03	1,020±0,01	1,602±0,02
Мешавина со 5% брашно од Тиква	1,716±0,06	1,062±0,02	1,615±0,01
Мешавина со 10% брашно од Тиква	1,837±0,06	1,139±0,01	1,613±0,02
Мешавина со 15% брашно од Тиква	1,937±0,02	1,203±0,03	1,610±0,02
Мешавина со 20% брашно од Тиква	2,031±0,04	1,279±0,01	1,588±0,03
Брашно од Тиква	7,254±0,30	1,610±0,01	4,506±0,04

Табела 6: Вредности на WAC, OAC, HLI за брашното и мешавините

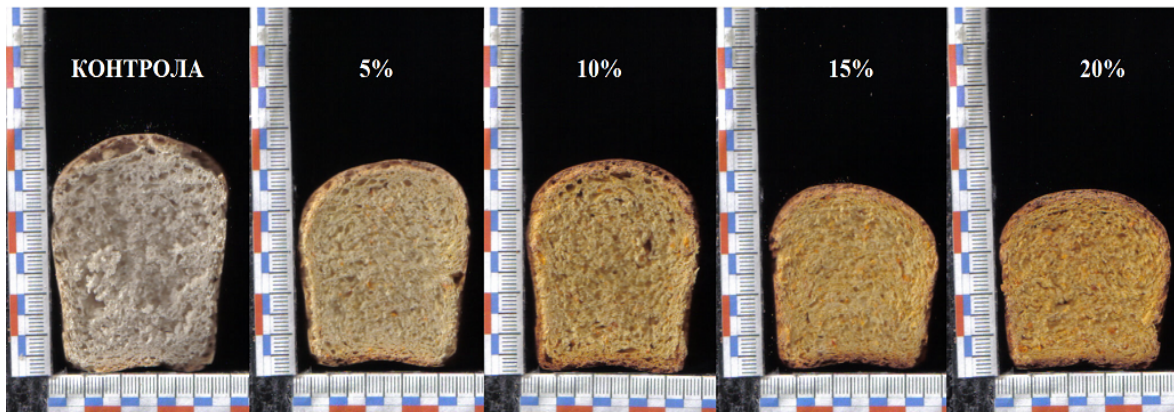
4.6 Сензорна анализа

Резултатите од сензорната анализа се претставени во Табела 7 и Графикон 1. При оценувањето беше земен во предвид коефициентот на релевантност со цел да се квантифицираат сензорните карактеристики на лебот и да се одрази важноста на секој атрибут во целокупната проценка. Овој пристап обезбедува попрецизна проценка, имајќи предвид дека не сите атрибути можат подеднакво да придонесат за севкупната перцепција за квалитетот на лебот.

Мешавини	Волумен	Надворешниот изглед	Изгледот на внатрешниот дел	Аромата на кората и внатрешниот дел	Вкусот на кората и внатрешниот дел	Вкупно поени
	* $k=4$	* $k=3$	* $k=5$	* $k=3$	* $k=5$	
Контрола	4,71±0,49	4,43±0,53	4,29±0,76	4,57±0,53	4,43±0,53	89,43
5% Тиква	4,29±0,49	4,71±0,49	4,43±0,53	4,29±0,49	4,71±0,49	89,86
10% Тиква	4,14±0,38	4,14±0,38	4,14±0,38	4,29±0,76	4,43±0,53	84,71
15% Тиква	3,14±0,38	3,86±0,38	3,57±0,53	3,29±0,49	3,14±0,38	67,57
20% Тиква	2,43±0,53	3,43±0,53	2,57±0,53	3±0,58	2,57±0,53	54,71

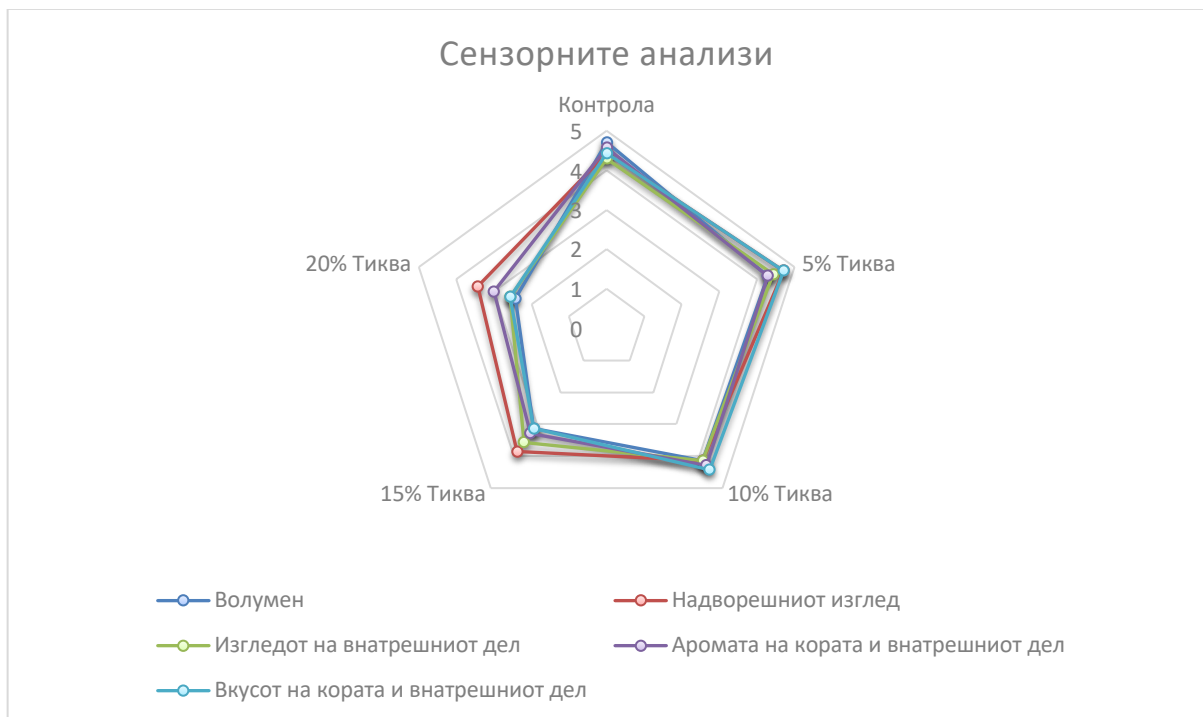
* коефициентот на релевантност (k)

Табела 7: Сензорни карактеристики на лебот



Слика бр. 7: Изглед на пресек на внатрешниот дел на примероците

Анализата покажа дека контролниот леб и лебот со 5% брашно од тиква се повеќе преферирани и имаат повисоки оценки за сензорските атрибути и повисок број на вкупни поени. Соодветно, контролниот леб има највисоки оценки за волумен и арома на кора и внатрешниот дел, додека лебот со 5% брашно од тиква е најдобро оценет за надворешен изглед и вкус на кората и внатрешниот дел. Како што се зголемува содржината на брашното од тиква, се намалува оценката за сензорните карактеристики. Добри сензорни карактеристики покажа и лебот со 10% брашно од тиква (вкупни поени 84,71). Лебот со 15% и 20% брашно од тиква се послабо оценети (лебот со 20% брашно од тиква е оценет со 54,71 од вкупните поени). Слични резултати имаат пријавено Дабаш и сор. - Dabash, et al. (2017) и Кампусе и сор. - Kampuse et al. (2015).



Графикон 1: Сензорните карактеристики на лебот

5. Заклучок

Примероците пченично брашно и брашното од тиква се одликуваат со различен гранулометриски состав. Гранулометриската анализа на брашното од пченица и тиква покажа дека пченичното брашно се одликува со покрупни гранули од брашното од тиква. Фактори како што се структурата на суровината, хемискиот состав и методот на мелење влијаат на овие резултати. Користеното пченично брашно има оптимална содржина на влага, протеини (глутен) и пепел за производство на полубел леб. Брашното од пченица и тиква, кога се комбинираат во испитуваните мешавини, обезбедуваат соодветно ниво на влага за правење леб.

При создавање на мешавини за производство на леб со зголемена содржина на брашното од тиква се зголемува и капацитетот за задржување на вода. Причина може да е различната содржина на диететски влакна кои ја апсорбираат водата и факторите како што се структурата на суровините, хемискиот состав на брашното и методот на мелење.

Со цел да се оцени однесувањето на материјалот при понатамошна обработка и количината на полисахариди кои се ослободуваат од гранулата при додавање на вишок вода, се користат два индекса: Индекс на растворливост во вода (WSI) и Индекс на апсорпција на вода (WAI). Во споредба со пченичното брашно, брашното од тиква има поголем индекс на апсорпција на вода (WAI) и повисок индекс на растворливост во вода (WSI), односно покажа зголемена моќ за бабрење (SP) и потенцијал за апсорпција на вода. Поголема содржина на брашно од тиква резултира со поголем капацитет за апсорпција на вода (WAC) во мешавините на брашно, и поголем капацитет за апсорпција на масло (OAC). Дополнително, се забележа дека сите анализирани мешавини покажаа хидрофилен/липофилен индекс, кој се движи од $1,588 \pm 0,03$ до $1,615 \pm 0,01$ што укажува на добра рамнотежа помеѓу вредностите на WAC и OAC.

Лебот со 5% брашно од тиква покажа најдобар надворешен изглед и вкус на кората и внатрешниот дел. Како што се зголемува содржината на брашното од тиква, се намалува оценката за сензорните карактеристики, но високо се оценети и сензорните карактеристики на лебот со 10% брашно од тиква. Лебот со 15% и лебот со 20% брашно од тиква се оценети со пониски оценки (лебот со 20% брашно од тиква е оценет со 54,71 од максималните 100 поени) што укажува на послаба прифатеност на овие рецептури од страна на панелистите.

Фокусот во следната фаза од докторската теза ќе биде насочен кон развој на методи за намалување на содржината на акриламид во пекарскиот производ и определување на концентрацијата на формираниот AA во добиените примероци. Во текот на истражувањето ќе се следи антиоксидативната активност кај примероците (со примена на неколку методи DPPH, FRAP, ABTS), но ќе се спроведуваат и текстурни, колориметриски и други анализи со цел да се добие безбеден производ со карактеристики во согласност со преференциите на потрошувачите.

Благодарност

Секако, зад секоја важна работа, после секој успех, зад нас стојат многу посебни луѓе, без чија помош и храброст ниту оваа работа немаше да биде завршена со толкава љубов и труд. Голема благодарност до Проф. Др. Даниела Н. Неделкоска која несебично ми помогна при изработка на оваа пилот докторска теза. Почитуваната професорка во секое време покажа готовност да ми даде било каква стручна помош. Благодарение на нејзините сугестии добивав се појасна слика за начинот, насоките и методите на изработка на овој мој труд. А уште повеќе ми беше од корист идејата на почитуваната професорка да дел од истражувањето го направам во Универзитетот во Вроцлав во Полска, Истражувачкиот центар „Адаптивен акцелератор за системи за храна“, како добитник на стипендија во рамките на PROM Програмата за меѓународна размена на докторанти и академски кадар, поддржана од Полската национална агенција за академска размена - Договор бр. PP1/PRO/2019/1/00049/U/00001.

Во оваа прилика сакам да се заблагодарам и на соработката и консултациите со Проф. Јоанна Харасум од Полска, која ми даде поддршка за изведување на анализите потребни за докторската теза.

Користена литература

- Alviola, J. N., & Monterde, V. G. (2018). Physicochemical and functional properties of wheat (*Triticum aestivum*) and selected local flours in the Philippines. *Philippine Journal of Science*, 147(3), 419-430.
- Amani, H. A. (2022). Wheat-yellow pumpkin composite flour: Physico-functional, rheological, antioxidant potential and quality properties of pan and flat bread. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3432-3439. doi:10.1016/j.sjbs.2022.02.040.
- AOAC, 9.-1. (1966). Sorting corn grits. Sieving method. 4. AOAC International.
- Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Serpen, A., Acar, Ö., Gökmen, V., & Fogliano, V. (2009). Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during toasting of bread crisp model systems and mitigation strategies. *Food Res. Int.*, 42, 1295-1302. doi:10.1016/j.foodres.2009.03.018
- Carpentieri, S., Larrea-Wachtendorff, D., Donsì, F., & Ferrari, G. (2022). Functionalization of pasta through the incorporation of bioactive compounds from agri-food by-products: Fundamentals, opportunities, and drawbacks. *Trends Food Sci. Technol.*, 122, 49-65. doi:doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.011
- Carpentieri, S., Orkusz, A., Ferrari, G., & Harasym, J. (2024). Effect of replacing durum wheat semolina with *Tenebrio molitor* larvae powder on the techno-functional properties of the binary blends. *Current research in food science*, 8(6), 100672. doi:10.1016/j.crfs.2023.100672
- Ciesarova, Z., Kukurova, K., Bednarikova, A., & Morales, F. (2009). Effect of heat treatment and dough formulation on the formation of Maillard reaction products in fine bakery products—Benefits and weak points. *J. Food Nutr. Res.*, 48, 20-30.
- Claus, A., Carle, R., & Schieber, A. (2008). Acrylamide in cereal products: A review. *J. Cereal Sci.*, 47, 118-133. doi:10.1016/j.jcs.2007.06.016
- Codex Alimentarius. (2009). (CAC/RCP, Producer) Retrieved from Code of Practice for the Reduction of Acrylamide in Foods. Retrieved from http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/11258/CXP_067e.pdf
- Commission Recommendation, 2. (2013). investigations into the levels of acrylamide in food (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union.
- COMMISSION REGULATION (EU), 2. (2017). Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of. Official Journal of the European Union.
- Dabash, V., Burešová, I., Tokár, M., Zacharová, M., & Gál, R. (2017). THE EFFECT OF ADDED PUMPKIN FLOUR ON SENSORY AND TEXTURAL QUALITY OF RICE BREAD. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 6(6), 1269-1271. doi:doi.org/10.15414/jmbfs.2017.6.6.1269-1271
- EFSA, E. F. (2011). In Results on Acrylamide levels in food from monitoring yeas 2007–2009 and exposure assessment. *EFSA*, 9, 2133.
- Falko, S., & Simone, G.-H. (2020). *Agronomic Strategies to Reduce Potential Precursors of Acrylamide Formation*

- in Cereals*. Leipzig: Faculty of Agricultural Sciences - Institute of Crop Science, University of Hohenheim.
- Fernández Peláez, J., Guerra, P., Gallego, C., & Gomez, M. (2021). Physical Properties of Flours Obtained from Wasted Bread Crusts and Crumbs. *Foods*, *10*, 282. doi:10.3390/foods10020282
- García-Segovia, P., Igual, M., & Martínez-Monzó, J. (2020). Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Bread Enriched with Alternative Proteins. *Foods* *2020*, *9*, 933. doi:doi.org/10.3390/foods9070933
- Ghendov-Mosanu, A., Netreba, N., Balan, G., Cojocari, D., Boestean, O., Bulgaru, V., . . . Resitca, V. (2023). Effect of Bioactive Compounds from Pumpkin Powder on the Quality and Textural Properties of Shortbread Cookies. *Foods* *2023*, *21*, 3907.
- Ghizdareanu, A.-I., Banu, A., Pasarin, D., Ionita, A., Nicolae, C.-A., Gabor, A., & Pătroi, D. (2023). Enhancing the Mechanical Properties of Corn Starch Films for Sustainable Food Packaging by Optimizing Enzymatic Hydrolysis. *Polymers*, *15*(8), 1899. doi:10.3390/polym15081899
- Gravel, A., & Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Food Science & Emerging Technologies*, *59*. doi:10.1016/j.ifset.2019.102272
- Hamzalioglu, A., Mogol, B. A., Lumaga, R. B., Fogliano, V., & Gökmen, V. (2013). Role of curcumin in the conversion of asparagine into acrylamide during heating. *Amino Acids*, *44*(6), 1419-1426. doi:10.1007/s00726-011-1179-5
- Harasym, J., Satta, E., & Kaim, U. (2020). Ultrasound Treatment of Buckwheat Grains Impacts Important Functional Properties of Resulting Flour. *Molecules*, *13*, 25. doi:10.3390/molecules25133012
- Hedegaard, R., Granby, K., Frandsen, H., Thygesen, J., & Skibsted, L. (2008). Acrylamide in bread. Effect of prooxidants and antioxidants. *European Food Research and Technology*, *227*, 519-525. doi:10.1007/s00217-007-0750-5
- Kaluđerski, G., & Filipović, N. (1998). Senzorno Ocenjivanje. Bo G. Kaluđerski, *Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda*. Novi Sad.
- Kampuse, S., Ozola, L., Straumite, E., & Galoburda, R. (2015). Quality parameters of wheat bread enriched with pumpkin (*Cucurbita moschata*) by-products. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology*, *19*(2), 1-14. doi:10.1515/aucft-2015-0010
- Katyal, M., Singh, N., Viridi, A. S., Kaur, A., Chopra, N., Ahlawat, A. K., & Singh, A. M. (2017). Extraordinarily soft, medium-hard and hard Indian wheat varieties: Composition, protein profile, dough and baking properties. *Food Research International*, *100*, 306-317. doi:10.1016/j.foodres.2017.08.050
- Köhn, C. R., Fontoura, A. M., Kempka, A. P., Demiate, I. M., Kubota, E. H., & Prestes, R. C. (2015). Assessment of different methods for determining the capacity of water absorption of ingredients and additives used in the meat industry. *International Food Research Journal*, *1*, 22.
- Koszucka, A., Nowak, A., Nowak, I., & Motyl, I. (2020). Acrylamide in human diet, its metabolism, toxicity, inactivation and the associated European Union legal regulations in food industry. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, *60*, 1677-92. doi:10.1080/10408398.2019.1588222.
- Kotsiou, K., Tasioula Margari, M., Capuano, E., & Fogliano, V. (2011). Effect of standard phenolic compounds and olive oil phenolic extracts on acrylamide formation in an emulsion system. *Food Chem.*, *124*, 242-247. doi:10.1016/j.foodchem.2010.06.025
- Matoso, V., Bargi-Souza, P., Ivanski, F., Romano, M., & Romano, R. (2019). Acrylamide: A review about its toxic effects in the light of Developmental Origin of Health and Disease (DOHaD) concept. *Food Chem.*, *283*, 422-430. doi:10.1016/j.foodchem.2019.01.054
- Mencin, M., Abramovič, H., & Vidrih, R. &. (2020). Acrylamide levels in food products on the Slovenian market. *Food Control.*, *114*. doi:10.1016/j.foodcont.2020.107267
- Mildner-Szkudlarz, S., Róžańska, M., Piechowska, P., Waśkiewicz, A., & Zawirska-Wojtasiak, R. (2019). Effects of polyphenols on volatile profile and acrylamide formation in a model wheat bread system. *Food Chem.*, *297*. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125008
- Mollakhalili-Meybodi, N., Khorshidian, N., Nematollahi, A., & Arab, M. (2021). Acrylamide in bread: A review on formation, health risk assessment, and determination by analytical techniques. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, *28*, 15627-15645. doi:10.1007/s11356-021-12775-3
- Nematollahi, A., Kamankesh, M., Hosseini, H., Ghasemi, J., Hosseini-Esfahani, F., Mohammadi, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). Acrylamide content of collected food products from Tehran's market: A risk assessment study. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, *27*, 30558-30570. doi:10.1007/s11356-020-09323-w.
- Nguyen, H., & Van Boekel, M. (2017). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation during biscuit baking. Part II: Effect of the ratio of reducing sugars and asparagine. *Food Chem.*, *230*, 14-23. doi:10.1016/j.foodchem.2017.03.009
- Ou, S., Shi, J., Huang, C., Zhang, G., Teng, J., Jiang, Y., & Yang, B. (2010). Effect of antioxidants on elimination

- and formation of acrylamide in model reaction systems. *Journal of Hazardous Materials*, 182, 863-868. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.06.124
- Pundir, C., Yadav, N., & Chhillar, A. (2019). Occurrence, synthesis, toxicity and detection methods for acrylamide determination in processed foods with special reference to biosensors: A review. *Trends Food Sci. Technol.*, 85, 211-225. doi:10.1016/j.tifs.2019.01.003
- Raffan, S., & Halford, N. (2019). Acrylamide in food: Progress in and prospects for genetic and agronomic solutions. *Ann. Appl. Biol.*, 175, 259-281. doi:10.1111/aab.12536
- Raffan, S., & Halford, N. (2019). Acrylamide in food: Progress in and prospects for genetic and agronomic solutions. *Annals of Applied Biology*, 1-23. doi:10.1111/aab.12536
- Sazesh, B. (2020). Quinoa as a wheat substitute to improve the textural properties and minimize the carcinogenic acrylamide content of the biscuit. *J. Food Process. Preserv.*, 44, 145-163. doi:10.1111/jfpp.14563
- Shevkani, K., Singh, N., Kaur, A., & Rana, J. C. (2014). Physicochemical, pasting, and functional properties of amaranth seed flours: effects of lipids removal. *Journal of food science*, 79(7), 1271-1277. doi:10.1111/1750-3841.12493
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Törnqvist, M. (2002). Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 4998-5006. doi:10.1021/jf020302f. PMID: 12166997
- Wakaizumi, M., Yamamoto, H., Fujimoto, N., & Ozeki, K. (2009). Acrylamide degradation by filamentous fungi used in food and beverage industries. *Journal of bioscience and bioengineering.*, 108, 391-3. doi:10.1016/j.jbiosc.2009.05.004
- Yang, Y., Achaerandio, I., & Pujolà, M. (2016). Influence of the frying process and potato cultivar on acrylamide formation in French fries. *Food Control*, 62, 216-223. doi:10.1016/j.foodcont.2015.10.028
- Yousf, N., Nazir, F., Salim, R., Ahsan, H., & Sirwal, A. (2017). Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6, 2165-2168.
- Zamora, R., & Hidalgo, F. J. (2008). Contribution of lipid oxidation products to acrylamide formation in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6075-6080. doi:10.1021/jf073047d
- Zyzak, D., Sanders, R., Stojanovic, M., Tallmadge, D., Eberhart, B., Ewald, D., . . . Villagran, M. (2003). Acrylamide formation mechanism in heated foods. *J Agric Food Chem.*, 51, 4782-7. doi:10.1021/jf034180i
- Zhao, X., Yang, Z., Gai, G., & Yang, Y. (2009). Effect of superfine grinding on properties of ginger powder. *Journal of food engineering*, 91(2), 217-222.
- Службен весник на РСМ, (2019). Правилник за општите барања за безбедност на храната во однос на нивоата на референтните вредности за намалување на присуството на акриламид во храната, бр. 239.