



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



ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

**ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ФОРМУЛИРАЊЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА
ФУНКЦИОНАЛЕН ПРОИЗВОД – АЛБУМИНСКО СИРЕЊЕ ЗБОГАТЕНО СО
ОРГАНСКО ЦВЕКЛО ВО ПРАВ**

МЕНТОРИ/КОМЕНТОРИ:

ред. проф. д-р Татјана Калевска

вонр. проф. д-р Ѓоре Наков

ИЗРАБОТИЛ:

м-р Тања Стојановска

ВЕЛЕС 2025

ЧЛЕНОВИ НА КОМИСИЈА:

**д-р Татјана Калевска, редовен професор на
Технолошко-технички факултет-Велес**

**д-р Викторија Стаматовска, редовен професор на
Технолошко-технички факултет-Велес**

**д-р Ѓоре Наков, вонреден професор на
Колеџ- Сливен, Технички универзитет, Софија**

**д-р Везирка Јанкулоска, вонреден професор на
Технолошко-технички факултет-Велес**

**д-р Даниела Николовска Неделкоска, редовен
професор на Технолошко-технички факултет-
Велес**

ИЗЈАВА ЗА ОРИГИНАЛНОСТ НА ТРУДОТ

Јас, м-р Тања Стојановска, кандидат за одбрана на докторската дисертација со наслов **„ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ФОРМУЛИРАЊЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА ФУНКЦИОНАЛЕН ПРОИЗВОД – АЛБУМИНСКО СИРЕЊЕ ЗБОГАТЕНО СО ОРГАНСКО ЦВЕКЛО ВО ПРАВ“**, изјавувам под морална, материјална и друга одговорност дека при изработката на трудот ги почитував законските прописи од областа на заштитата на интелектуалната сопственост и не користев трудови на други автори без да бидат почитувани пропишаните методолошки стандарди. Користената литература достоино ја бележев во подбелешките и во литературата, составен дел на темата. Тоа значи дека трудот е оригинален, не е плагијат.

Велес, 2025

Кандидат: м-р Тања Стојановска

ИЗЈАВА ЗА ЛЕКТОРИРАЊЕ НА МАГИСТЕРСКИОТ ТРУД

Јас, м-р Тања Стојановска, студент на трет циклус студии, на студиската програма Иновативни технологии за храна и нутриционизам, со број на досие 22, изјавувам дека докторскиот труд под наслов: „**ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ФОРМУЛИРАЊЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА ФУНКЦИОНАЛЕН ПРОИЗВОД – АЛБУМИНСКО СИРЕЊЕ ЗБОГАТЕНО СО ОРГАНСКО ЦВЕКЛО ВО ПРАВ**“ е лекториран од лектор д-р Виолета Крстеска.

Извршеното лекторирање е документирано на соодветен начин во моето досие.

Велес, 2025

Кандидат: м-р Тања Стојановска

ТРУДОВИ ОБЈАВЕНИ ОД ОБЛАСТА НА ДОКТОРАТОТ

1. Stojanovska, T., Kalevska, T., Nakov, G. & Gruevska, N. (2025). Determination of the color and sensory characteristics of albumin cheese enriched with beetroot. *Knowledge-International Journal*, 69(3) 595-599. <https://ojs.ikm.mk/index.php/kij/article/view/7276>
2. Stojanovska, T., Kalevska, T., Nakov, G. & Ivanova – Petropulos, V. (2025). Spectrophotometric determination of betalains and total phenols in albumin cheese enriched with organic beetroot powder. *Knowledge-International Journal*, 69(3) 607-612. <https://ojs.ikm.mk/index.php/kij/article/view/7278>

Благодарност

Од сè срце ѝ упатувам најдлабока благодарност на мојата менторка, проф. д-р Татјана Калевска, за бескрајната поддршка, искрената посветеност и за вербата што ја имаше во мене во текот на целиот процес. Нејзиното несебично вложување, трпение и упорност беа клучни за мојот напредок. За тоа ќе останам вечно благодарна.

Искрена благодарност упатувам и до мојот коментор, проф. д-р Ѓоре Наков за несебичната поддршка, стручните совети и личната посветеност во текот на работата на овој докторат.

Посебна благодарност изразувам до членовите на Комисијата за оценка на дисертацијата проф. д-р Викторија Стаматовска, проф. д-р Везирка Јанкулоска и проф. д-р Даниела Николовска Неделкоска, за нивното време, ангажман и конструктивните забелешки што придонесоа за подобрување на оваа дисертација.

Се заблагодарувам и на Советот на трет циклус студии при Технолошко-технички факултет-Велес, за укажаната доверба и поддршката во текот на моите докторски студии.

Голема благодарност упатувам и до лабораториите при Технолошко-технички факултет-Велес и Технички Универзитет во Софија, Колеџ – Сливен, Бугарија кои ми овозможија соодветни услови, ресурси и техничка поддршка за реализирање на истражувањето. Огромна благодарност и до акредитираната лабораторија „ПРОАНАЛИЗ“ од Струмица.

Најпосле, но не и најмалку важно, мојата најдлабока, најлична и најискрена благодарност ја упатувам до моето семејство: мојот сопруг, моите деца и моите родители. Ви благодарам за љубовта, разбирањето, трпението и охрабрувањето. Вашата поддршка ми беше најголемата сила во секој чекор од ова патување.

м-р Тања Стојановска

СОДРЖИНА

АПСТРАКТ.....	10
ABSTRACT	12
1. ВОВЕД	14
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА	17
2.1 Сурутка	17
2.2 Слатка сурутка.....	19
2.2.1. Лактоза.....	21
2.2.2. Протеини.....	21
2.2.3. Масти	24
2.2.4. Минерални материи.....	25
2.2.5. Витамини	25
2.3 Албумински сирења (сирења од сурутка)	25
2.4 Урда – традиционално албуминско сирење	28
2.5 Процес на производство на урда	29
2.5.1. Физичко-хемиски состав на урда	32
2.5.2. Микробиологија на урдата.....	34
2.5.3. Нутритивен состав на урда	36
2.5.4. Здравствени придобивки од конзумирање на урда	37
2.6 Иновативни функционални албумински сирења	40
2.7 Цвекло (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	40
2.8 Макронутриенти во цвеклото	41
2.9 Микронутриенти во цвеклото.....	43
2.10 Биоактивни компоненти во цвеклото.....	45
2.10.1. Фенолни соединенија	46
2.10.2. Беталаини.....	46
2.10.3. Останати биоактивни соединенија.....	48
2.11 Здравствени бенефити од консумација на цвекло	49
2.12 Подобрување на функционалноста на млечните производи со додавање на цвекло 51	
3. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	53
3.1 Дефинирање на проблемот на истражување	53
3.2 Работна хипотеза.....	54
4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ.....	55

4.1	Материјали на истражување	55
4.2	Методи на истражување	55
4.2.1.	Прва фаза - анализа на суровините	55
4.2.2.	Втора фаза - производство на албуминско сирење.....	56
4.2.3.	Трета фаза – анализа на албуминските сирења.....	57
4.2.3.1.	Физичко – хемиски анализи на албуминските сирења	57
4.3	Методи за физичко-хемиски анализи на суровините и албуминските сирења 58	
4.4	Анализа на биоактивни компоненти во суровина (органско цвекло во прав) и албуминските сирења.....	60
4.4.1.	Определување на содржината на беталаини	60
4.4.2.	Определување на вкупни феноли во органското цвекло во прав и примероците од албуминските сирења.....	62
4.4.3.	Определување на антиоксидативен потенцијал на органското цвекло во прав и примероците од албуминско сирење	63
4.5	Пресметка на енергетска вредност, диететски влакна, сол, цинк и железо ...	63
4.6	Микробиолошка анализа.....	63
4.7	Сензорна анализа	64
4.8	Статистичка обработка на резултати	65
5.	РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	66
5.1	Физичко-хемиски карактеристики на сурутката и органското цвекло во прав 66	
5.1.1.	Микробиолошки карактеристики на сурутката и органското цвекло во прав.	73
5.2	Хемиски карактеристики на албуминското сирење	74
5.2.1.	Содржина на протеини во албуминските сирења.....	74
5.2.2.	Содржина на масти во албуминските сирења	76
5.2.3.	Содржина на шеќери во албуминските сирења	78
5.2.4.	Содржина на јаглехидрати во албуминските сирења.....	80
5.2.5.	Содржина на лактоза во албуминските сирења	81
5.2.6.	Содржина на диететски влакна	83
5.2.7.	Содржина на сол во албумински сирења.....	84
5.2.8.	Содржина на сува материја во албумински сирења	85
5.2.9.	Содржината на влага во албуминските сирења	88
5.2.10.	Содржина на пепел во албумински сирења.....	89
5.2.11.	Активитет на водата (a_w) во албуминските сирења.....	91

5.2.12.	Активна киселост (pH) во албуминските сирења	93
5.2.13.	Титрациона киселост на албуминските сирења	95
5.3	Маснокиселински профил во албуминските сирења.....	96
5.4	Есенцијални макро и микро минерали во албуминските сирења.....	104
5.5	Содржина на беталаини во албумински сирења	108
5.6	Вкупни феноли во абуминските сирења.....	113
5.7	Антиоксидативен потенцијал на албумински сирења со различно количество органско цвекло во прав	115
5.8	Боја на албуминските сирења	117
5.9	Енергетска и нутритивна вредност на албуминските сирења	122
5.10	Сензорна анализа на албуминските сирења	126
5.11	Микробиолошка анализа на албуминските сирења.....	129
6.	ЗАКЛУЧОЦИ	133
7.	КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....	138
8.	ПРИЛОЗИ	176

АПСТРАКТ

Кружната економија претставува концепт кој овозможува одржливо управување со ресурсите преку нивна повторна употреба и валоризација. Во млечната индустрија, нуспроизводите како сурутката се трансформираат во извори на протеини, биоактивни пептиди и функционални состојки. Со цел, подобрување на искористеноста на сурутката и поддршката на концептот на „нула отпад“, развиен е иновативен функционален производ – албуминско сирење збогатено со органско цвекло во прав. Произведени се четири примероци: контролен примерок (АСК) и три збогатени примероци со 2,5% (АС1), 5,0% (АС2) и 7,5% (АС3) органско цвекло во прав.

Збогатувањето со органско цвекло доведе до подобрување на функционалните и нутритивните својства на албуминските сирења. Иако содржината на протеини се намали со зголемување на количината на додадено цвекло (од 16,24% во АСК до 15,83% во АС3), со конзумирање на 100 g сирење се задоволуваат дневните потреби за протеини од околу 21,50% (АСК) до 21,10% (АС3), што го прави производот соодветен извор на протеини со висока биолошка вредност. Особено значаен аспект на збогатувањето со органско цвекло во прав е внесувањето на диететски влакна, кои природно не се присутни во сирењето. Со конзумирање на 100 g од збогатеното сирење се задоволуваат дневните потреби за диететски влакна од 5,32% (АС1), 9,84% (АС2) и 13,10% (АС3). Енергетската вредност на сирењата остана ниска (од 105 до 113 kcal/100g), додека содржината на масти и сол е во граници, што го прават производот соодветен за лица кои внимаваат на телесната маса и кардиоваскуларното здравје.

Со збогатувањето на албуминското сирење со органско цвекло во прав се подобри минералната композиција, особено има значајно зголемување на минералите железо и цинк. Со конзумирање на 100 g од примерокот АС3 се задоволуваат: 13,76% од дневните потреби за железо кај мажи и 6,12% кај жени и 4,08% кај трудници, како и 6,12% од дневните потреби за цинк кај жените. Сите наоди, производот го позиционираат како функционална храна со нутритивна корист, особено во борба против анемија.

Дополнително, производот покажа зголемена антиоксидативна активност со повисока содржина на беталаини и феноли, благодарение на присуството на цвеклото. Овие биоактивни компоненти придонесуваат за заштита од оксидативен стрес, иако се забележува нивно намалување со текот на складирањето.

Со сензорната евалуација примероците АСК, АС1 и АС2 се класифицирани

како производи со одличен квалитет, додека АСЗ со многу добар квалитет, што укажува на висока потрошувачка прифатливост и покрај измените во бојата и вкусот. Бојата на сирењето беше значајно подобрена со цвеклото, правејќи го производот визуелно привлечен.

Збогатувањето на албуминското сирење со органско цвекло во прав, резултира со функционален производ со подобрени нутритивни својства кој претставува иновативен и одржлив пример за валоризација на нуспроизводи од млечната индустрија во рамки на кружната економија.

Клучни зборови: иновативен, функционален производ, сурутка, албуминско сирење, цвекло.

ABSTRACT

The circular economy represents a concept that enables sustainable resource management through their reuse and valorization. In the dairy industry, by-products such as whey are transformed into sources of proteins, bioactive peptides, and functional ingredients. With the aim of improving whey utilization and supporting the “zero waste” concept, an innovative functional product has been developed—albumin cheese enriched with organic beetroot powder. Four samples were produced: a control sample (ACC) and three enriched samples containing 2.5% (AC1), 5.0% (AC2), and 7.5% (AC3) organic beetroot powder.

Enrichment with organic beetroot resulted in the improvement of the functional and nutritional properties of albumin cheeses. Although the protein content slightly decreased with the increase in beetroot addition (from 16.24% in ACC to 15.83% in AC3), the consumption of 100 g of cheese meets the daily protein requirements ranging from approximately 21.50% (ACC) to 21.10% (AC3), making the product a suitable source of high biological value proteins. A particularly significant aspect of the enrichment with organic beetroot powder is the introduction of dietary fiber, which is naturally absent in cheese. The consumption of 100 g of the enriched cheese meets daily dietary fiber requirements by 5.32% (AC1), 9.84% (AC2), and 13.10% (AC3). The energy value of the cheeses remained low (105–113 kcal/100 g), while the fat and salt contents were within acceptable limits, making the product suitable for individuals concerned with body weight and cardiovascular health.

The enrichment of albumin cheese with organic beetroot powder also improved the mineral composition, with a notable increase in iron and zinc content. Consumption of 100 g of the AC3 sample meets 13.76% of the recommended daily intake (RDI) for iron in men, 6.12% in women, and 4.08% in pregnant women, as well as 6.12% of the RDI for zinc in women. These findings position the product as a functional food with significant nutritional benefits, particularly in the prevention and management of anemia.

Additionally, the product demonstrated enhanced antioxidant activity, with higher contents of betalains and phenolic compounds, attributed to the presence of beetroot. These bioactive components contribute to protection against oxidative stress, although a gradual reduction during storage was observed.

Sensory evaluation classified samples ACC, AC1, and AC2 as products of excellent quality, while AC3 was rated as very good, indicating high consumer acceptability despite the changes in color and taste. The color of the cheese was significantly improved by beetroot

addition, making the product visually appealing.

The enrichment of albumin cheese with organic beetroot powder resulted in a functional product with improved nutritional properties, representing an innovative and sustainable example of by-product valorization within the framework of the circular economy.

Keywords: innovative, functional product, whey, albumin cheese, beetroot.

1. ВОВЕД

Сурутката е нуспроизвод од млечната индустрија која се добива во процесот на производство на казеински сирења. Глобалното производство на сурутка на годишно ниво достигнува приближно 200 милиони тони (Mohamed Ali et al., 2024). Поради големите количини и високото органско оптоварување сурутката претставува главен извор на загадување на животната средина (Chandrajith & Karunasena 2018; Malos et al., 2025).

Еден од најстарите и најраспространетите начини за валоризација на сурутката е производство на албуминско сирење - урда (Bleoussi et al., 2020). Во последните неколку години научниците, научноистражувачките капацитети и менаџментите на млечната индустрија се во постојана потрага по иновативни пристапи за валоризација на сурутката (Bolshakova, 2022), трансформирајќи ја во нутритивно вредни производи, истовремено минимизирајќи го отпадот и влијанието врз животната средина (Soumati et al., 2023).

Урдата е традиционално македонско албуминско сирење (Talevski, 2012), кое се произведува од овчја, козја или кравја сурутка (Chadikovski et al., 2022). Урдата се добива со топлинска коагулација на сурутките протеини и се вбројува во групата на меки сирења богати со албумински протеини и најчесто се користи како свежо сирење (Paskaš et al., 2019).

Свежото сирење или сирењето од сурутка е ценето поради неговите нутритивни придобивки, заштита на географското потекло и зачувување на традиционалните методи (Sulejmani & Amedi, 2025).

Составот на албуминските сирења е варијабилен и зависи од регионот каде се произведува, видот на сурутката како и технологијата на производство (Bojanic Rasovic et al., 2017). Според Paskaš et al. (2019) урдата содржи влага 79,59%, суви материи 20,41%, pepел (минерални материи), 0,99%, масти 5,63%, протеини 10,66%, лактоза 3,15% и NaCl 1,95%.

Најголемо нутритивно значење на урдата и даваат сурутките протеини. Нутриционистите препорачуваат консумирање на сирење со висока содржина на протеини и мала содржина на масти и сол (Tratnik, 2003). Консумирањето на албуминско сирење, богато со протеини во количина поголема од 25 mg на ден може да делува превентивно на ракот на дебелото црево (Cho et al., 2004). Дополнително, јаглехидратите во форма на лактоза кои се присутни во

албуминските сирења, не се сметаат за штетни по човековото здравје (Davoodi et al., 2013). Дополнително, сирењата со ниска содржина на масти и сол не го зголемуваат ризикот од кардиоваскуларни заболувања (Rozenberg et al., 2016; Jachimowicz-Rogowska & Winiarska-Mieczan, 2023).

Албуминските сирења поради ниската калорична вредност и високото ниво на искористеност на суруткните протеини во дигестивниот систем можат да заземат важно место во исхраната на децата и постарите лица (Rako et al., 2016; Paskaš et al., 2019). Според Alemán-Mateo et al. (2012), пронаоѓањето на различни начини за вклучување на производи богати со протеини, ниска калорична вредност и мала содржина на масти и холестерол, во исхраната на луѓето може да биде предизвик во иднина.

Со цел, да ја задоволи зголемената побарувачка за функционална храна, млечната индустрија денес активно бара нови идеи и технологии за производство на нови производи (Adachi et al., 2020; Abdullah et al., 2023; Mohamed Ali et al. 2024). Додавањето на растителни материјали, како нуспроизводи од индустријата за овошје претставува ветувачки пристап за подобрување на функционалноста и здравствените придобивки на млечните производи (Trajkovska et al., 2024).

Во последната декада, дел од истражувањата се насочени кон црвеното цвекло (*Beta vulgaris L. species*) и неговата употреба како додаток во прехранбените производи (Mudgal et al., 2022). Црвеното цвекло е богато со биоактивни соединенија, вклучувајќи нитрати, фенолни соединенија, диететски влакна, минерали (калиум, натриум, железо, бакар, магнезиум, калциум, фосфор и цинк) и витамини (ретинол, аскорбинска киселина и Б-комплекс) (Baião et al., 2017). Исто така, цвеклото содржи изобилство на пигменти помеѓу кои беталаини, природни растителни пигменти кои вклучуваат црвено-виолетов бетацијанин и жолт бетаксантин (Masithoh et al., 2024). Иако првичната цел за употреба на цвеклото како додаток во прехранбените производи била обојување и стабилизирање на постоечката боја, неодамнешните истражувања во поглед на функционалните својства отвораат можност за употреба на цвеклото како функционална состојка (Fernández-López et al., 2023). Сокот од цвекло кој е богат со беталаини, антиоксиданти, феноли и флавоноиди, може да го подобри нутритивниот профил на прехранбените производи (Soutelino et al., 2023).

Според Tianling et al. (2025), цвеклото има потенцијал да се употребува како компонента за збогатување при производството на сирење.

Соодветниот внес на протеини и антиоксиданти е клучен за сите, особено за спортистите, за да се промовираат мускулните перформанси и да се спречи оштетување на мускулите, посебно комбинацијата на висококвалитетни суруткени протеини со висока сварливост и биорасположивост и лушките од цвекло кои избобилуваат со антиоксиданти (Abdo et al., 2022).

Според Calva-Estrada et al. (2022), беталаините како антиоксидативни агенси ја задоволуваат растечката побарувачка за функционална храна и не треба да се занемаруваат, поради пигментацијата и сензорното влијание врз храната во која се додадени. Додавањето на природна боја во млечните производи ги прави производите попримамливи, со што се зголемува нивната побарувачка, а во исто време се подобрува и здравствената состојба на консументите (Salman et al., 2024). Потрагата по нови прехранбени производи кои го подобруваат здравјето на потрошувачите отсекогаш била од голем интерес. Млечната индустрија можеби е најдобар пример за појава на нови производи со здравствени придобивки (Pires et al., 2021a).

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

2.1 Сурутка

Главна причина за брзиот раст на млечната индустрија е богатиот нутритивен состав на млечните производи и развојот на нови производи со додадена вредност (Gasmalla et al., 2017). И покрај пандемијата COVID-19, која допринесе за зголемена цена на чинење на ресурсите, намалена работна сила и отежнат увоз и извоз, сепак, во преработката на млекото и производството на млечни производи е забележан континуиран раст, особено во производството на сирење и путер (FAO, 2022). Брзиот раст на млечната индустрија е придружен со производство на големи количини на нуспроизвод „сурутка“ (Deshmukh et al., 2024). Во процесот на производство на сирење, казеинот коагулира и претставува основна компонента на сирењето, додека растворливите суруткени протеини се одвојуваат во сурутката (Murata et al., 2023). При производство на 1 kg сирење, се одвојува околу 9-10 kg на сурутка (Zotta et al., 2020).

Во зависност од производствениот процес и финалните производи постојат два вида на сурутка: слатка сурутка и кисела сурутка (Limnaios et al., 2024). Главната разлика помеѓу двата вида сурутка е нивната киселост, односно содржината на млечна киселина. Киселата сурутка е производ добиен при ферментација на млекото со млечнокисели бактерии или минерални киселини (грчки јогурт и некои видови на млади сирења) (Deshmukh et al., 2024). Овој вид на сурутка се карактеризира со пониска pH- вредност (од 4,2 до 4,5), содржина на суви материи (околу 5-6,4%) од кои лактозата го сочинува главниот дел (3,9-4,9%), проследено со млечна киселина (~0,8%) и помали количини на галактоза и протеини (Zhao et al., 2023). Слатката сурутка се одвојува како резултат на таложеење на казеинот при производство на тврди и полутврди видови на сирења и се карактеризира со пониска содржина на млечна киселина ($0,25 \pm 0,03\%$) и повисока pH- вредност (6,0-6,5) (Limnaios et al., 2024).

Приближно 80-90% од млекото на глобално ниво се преработува во сирење при што се добива сурутка во количина од околу 180–190 милиони тони (Flinois et al., 2019). Врз основа на годишниот пораст на производство на млечни производи од 1-2 %, овие вредности на глобално ниво до 2030 година, се очекува да достигнат од 203 до 241 милиони тони. Од кои 40 милиони тони ќе бидат произведени во Европската Унија (ЕУ), и се претпоставува дека 13 милиони тони

од овој нуспроизвод ќе претставуваат годишен вишок и тие ќе се третираат како отпад (El-Tanboly et al., 2017; Buchanan et al., 2023).

Сурутката е нуспроизвод кој се создава во млечната индустрија во најголемо количество (Vožanić et al., 2014). Нејзиното отстранување без скапи третмани на отпадните води, претставува главен извор на загадување на животната средина поради големите количини и нејзината зголемена органска концентрација (El-Tanboly et al., 2017; Dinkci, 2021). Лактозата, како главна компонента на сувата материја од сурутката, придонесува за нејзината висока биохемиска (27-60 g/L) и хемиска побарувачка на кислород (50-70 g/L) (Dinkci, 2021; Pires et al., 2021b; Sar et al., 2022). Праксата, сурутката да се исфрла во водени површини, го намалува растворениот кислород во водата и претставува голем ризик за водниот живот, животната средина и здравјето на луѓето (Buchanan et al., 2023). Според Didukh (2017), еден тон слатка сурутка може да предизвика еколошка и економска штета подеднакво како 100 m³ комунален канализациски отпад. Tunick (2008), проценува дека 4000 L сурутка може да предизвика еднаква еколошка штета како и фекалниот отпад произведен од 1900 луѓе. Од друга страна, конвенционалните биолошки пречистителни станици не се погодни за преработка на сурутката, бидејќи се преоптоваруваат при нејзината обработка (Rocha-Mendoza et al., 2021).

Според Vožanić et al., (2014) околу 30% од сурутката сè уште се употребува за хранење на домашни животни или се користи како ѓубриво. Употребата на сурутка како ѓубриво за прскање на полињата доведува до значајни проблеми, вклучувајќи и ослободување на силни непријатни мириси и зголемено биолошко оптоварување кое придонесува за еутрофикација. Дополнително, инкорпорацијата на сурутка во добиточната храна е попречена од неможноста на зрелите животни да ја сварат лактозата (Limnaios et al., 2024). Искористувањето на сурутката како храна за свињи е традиција, но по специфична обработка, сурутката може да се употребува и за хранење на телиња и овци (El-Tanboly et al., 2017). Овие преработки како и биоконверзијата на сурутката во биогорива не се секогаш исплатливи, многу често високите трошоци за потребните процеси ја надминува цената на крајниот производ (Limnaios et al., 2024).

Поради неодамнешните напори за зголемување на одржливоста во земјоделско-прехранбениот сектор и во целост кореспонденција со целите за одржлив развој и „нула отпад“ забележан е зголемен раст на интересот за

валоризирање на ресурсите добиени при различни процеси на производство на храна (Larra et al., 2019; Levkov et al., 2021; Gralak et al., 2022).

Сурутката денес се користи за биотехнолошки и прехранбени апликации за развој на производи со додадена вредност, како што се сурутка во прав, функционална храна и пијалоци, биоетанол, биопластика, биогаз, пребиотици, органски киселини и едноклеточни протеини (Mollea, 2013; Królczyk et al., 2016; Lopes et al., 2019; Larra et al., 2019; Macedo et al., 2021; Barba, 2021; Zandona et al., 2021; Murata et al., 2023; Bendelja et al., 2023). Производството на сирење од сурутка има долга историја како одржлив начин за искористување на сурутката добиена од производство на сирења или путер. Во секој случај, експлоатацијата на сурутка за производството на суруткени сирења или „албумински сирења“ има многу практични и финансиски придобивки (Bintsis & Papademas, 2023).

Воглавно, околу 50% од светското производство на сурутка се третира и трансформира во хумана и добиточна храна. Околу половина од оваа количина се користи директно во течна форма, 30% како сурутка во прав, 15% како лактоза и нејзини нуспроизводи и остатокот како концентрати на протеини од сурутка (El-Tanboly et al., 2017).

2.2 Слатка сурутка

Слатката сурутка уште се нарекува и сурутка од сирење или сирна сурутка, (Zhao et al., 2023) и претставува основна сировина за производство на урда (Pintado et al., 2001). Слатката сурутка има рН- вредност приближно од 5,6 и се добива како нуспроизвод при производство на различни видови сирења со употреба на сириште кое го коагулира казеинот на рН- вредност од 6,5, што доведува до формирање на груш (Paskaš et al., 2019). Формираниот груш потоа се цеди од преостанатата течност која се нарекува „сурутка“ (Ryan & Walsh, 2016). Жолто-зелената боја на сурутката се должи на присуството на рибофлавин (витамин Б₂) (Kalevska et al., 2018). Сурутката содржи повеќе витамин Б₂ отколку млекото, поради активноста на некои млечнокисели бактерии за време на производството на сирење (Tratnik, 2003; Vožanić et al., 2014).

Сурутката е застапена со 85-90% од вкупниот волумен на млекото и содржи околу 50% од сувата материја на млекото (Kalevska et al., 2018).

Приближно, околу 20% од вкупната содржина на протеини од млекото се задржуваат во сурутката (Ryan & Walsh, 2016). Главна состојка на сурутката е водата со ~ 93% од вкупниот волумен. Од вкупните суви матери во сурутката со највисока содржина е застапена лактозата 70 -72%, потоа протеините 8-10%, минерални материји 12-15% и многу мала содржина на млечна маст (Zandona et al., 2021). Сурутката во својот состав вклучува и приближно 60 ензими (Madadlou & Abbaspourrad, 2017; Mangano et al., 2019).

Хемискиот состав на слатката сурутка (табела 1) е променлив и зависи од технологијата на производство на сирењето и квалитетот на употребеното млеко (Eugster et al., 2000; Johansen et al., 2002; Alsaed et al., 2013; Kalevska et al., 2018; Bendelja et al., 2023).

Табела 1. Хемиски состав на слатка сурутка (g/100g) (Bintsis & Papademas, 2023)

Вид сурутка / Сирење	pH	Млечна маст	Лактоза	Протеини	Вкупна цврста материја
Кравја сурутка Фета сирење	6,30	0,25	4,72	0,82	6,32
Кравја сурутка Graviera	6,30	0,60	4,90	0,90	6,90
Кравја сурутка Kefalotyri	6,40	0,40	4,85	0,80	6,55
Овча сурутка Фета сирење	/	0,39	5,33	1,61	7,87
Овча сурутка Graviera	6,30	1,26	5,27	1,52	8,74
Овча сурутка Kefalotyri	6,20	0,70	4,99	1,41	7,48
Кравја сурутка	5,7-6,3	0,20	5,00	0,80	6,60
Козја сурутка	н.а.	н.а.	4,10	0,40	5,10
Овча сурутка	н.а.	1,50	3,70	1,80	9,50

Хемискиот состав на слатката сурутка е под влијание на видот на млекото (овчо, козјо, кравјо), начинот на хранење на животните и времето на лактација (Casper et al., 1998). Поради составот на овчото млеко, овчата сурутка содржи повисоко ниво на вкупни суви материји, липиди и протеини во споредба со кравјата сурутка (Pintado et al., 2001). Сепак, составот и соодносот на протеините

и маснокиселинскиот состав на сурутката се во зависност од периодот на лактација, веројатно поради промените во квалитетот на составот на пасиштата (Casper et al., 1998; Nudda et al., 2005). Преттретманот на млекото од кое се произведува сирењето влијае врз составот на сурутката. Протеините, процентуално помалку биле застапени во сурутка добиена од ултра филтрирано млеко или млеко загреано на висока температура (Eugster et al., 2000; Vožanić et al., 2014; Chadikovski et al., 2022).

2.2.1. Лактоза

При производство на сирење, јаглехидратите поминуваат од млекото во сурутката вклучувајќи околу 90% лактоза, гликоза, галактоза, олигосахариди и аминокеќери (Vožanić et al., 2014). Лактозата е главната цврста компонента на слатката сурутка и претставува 70-75% од вкупните суви материи или 4,5–5,0% од вкупниот состав (Pires et al., 2021b). Лактозата е дисахарид составен од гликоза и галактоза поврзани со β -1-4 гликозидна врска и ензимски се хидролизира во своите моносахаридни единици од β -галактозидаза (Bleoussi et al., 2020). Гликозата директно се метаболизира преку гликолитички пат, додека галактозата се преработува преку метаболичкиот пат на „Leloir“, а взаемно формираат ефикасен извор на енергија (Malos et al., 2025).

Лактозата е поволен супстрат за гастроинтестиналната микрофлора која ја стимулира цревната перисталтика и претставува вреден извор на енергија (Zusammensetzung, 2016). Се одликува со голема хранлива вредност, затоа што ја промовира апсорпцијата на Ca, Mg и P во цревата и помага во искористување на витаминот Ц (Hernández-Ledesma et al., 2011).

Олигосахаридите се класа на јаглехидрати составени од 3-10 моносахаридни единици и во слатката сурутка тие обично содржат фукоза, N-ацетилглукозамин и N-ацетилневраминска киселина во различни пропорции (Oliveira et al., 2015).

2.2.2. Протеини

Суруткините протеини сочинуваат околу 20% од вкупната содржина на протеини од млекото (Malos et al., 2025). Се карактеризираат со поразличен

аминокиселински состав во однос на казеинот. Тие содржат поголема количина на amino групи кои содржат сулфур, лесно денатурираат под дејство на топлина и дефосфорилизираат (Mangano et al., 2019). Термичката лабилност на сурутчините протеини е резултат на отсуството на фосфор, ниска содржина на пролин и поголема содржина на цистин, цистеин и метионин (Budimir, 2023).

Сурутчините протеини содржат глобуларна структура со униформна дистрибуција на поларни, неполарни и наелектризирани групи. Присуството на овие групи е причина за нивната добра растворливост во однос на казеинските протеини (Jeličić et al., 2010; Mangano et al., 2019). Тие се карактеризираат со релативно висока површинска хидрофобност, што претставува основна причина за промена на структурата на протеините и капацитетот на пенење и емулгирање (Li et al., 2023). При рН-вредности каде протеините имаат нето нула полнеж (pI), привлечните сили доминираат и протеинските молекули имаат тенденција да се здружат што резултира со нивна нерастворливост (Chadikovski et al., 2023).

Најзастапени протеини во сурутката, наведени по опаѓачки редослед се: β -лактоглобулин (β -Lg), α -лакталбумин (α -La), имуноглобулини (Ig), гликомакропептид, серумски албумин бовин (BSA), лактоферин, лактопероксидаза и околу 60 различни ензими (Malos et al., 2025). Содржината на аминокиселини-антиоксиданси (метионин, цистин) во протеините од сурутка е речиси за 1,5 пати поголема отколку во обезмастеното млеко (Didukh, 2017). Исто така, тие имат 15% поголема биолошка вредност од протеините на јајцето (Ryan & Walsh, 2016).

β -лактоглобулин е доминантниот протеин во слатката сурутка и претставува околу 50% од вкупните протеини од сурутката (Dinika et al., 2020). β -лактоглобулин содржи 162 аминокиселински остатоци, кои формираат девет антипаралелни листови (Rodzik et al., 2020), со молекуларна тежина од приближно 18,4 kDa и pI вредност од 5,1 (Dinika et al., 2020; Pires, et al., 2021b). β -лактоглобулин е топчест протеин растворлив во вода кој има значителен импакт врз технолошките и функционалните својства на сурутчините протеини (Tsermoula et al., 2021).

При високи температури, β -лактоглобулинот денатурира, што резултира со формирање на агрегати, самостојно или во комбинација со други протеини (Vožanić et al., 2014). Содржи две дисулфидни врски (Cys-106 до Cys-119 и Cys-66 до Cys-160) кои го одржуваат неговиот структурен интегритет за време на

хидролиза и термичка обработка, како и една слободна цистеинска група (Cys-121) која служи како место за врзување на метални јони, како што се Fe^{2+}/Fe^{3+} , Cu^{2+} и Ag^{+} (Rodzik et al., 2020).

Топлинската обработка влијае на структурата на β -лактоглобулиноот кој на приближно 67,5 °C до 78 °C почнува да се расплетува, додека на повисоки температури од 78 °C до 82,5 °C се јавува агрегација. Денатурираниот β -лактоглобулиноот може да се агрегира со други β -лактоглобулински молекули, α -лакталбумин и други протеини (Svanborg et al., 2015). Покрај својствата за агрегација или желирање β -лактоглобулините имаат технолошки својства за емулзификација и пенење и се користат во производството на протеински хидролизати (Pires, et al., 2021b).

α -лактоалбумин е вториот најзастапен протеин во сурутката што претставува околу 20% од протеините во кравја сурутка и 3,5% од вкупниот протеин од содржината на полномасното млеко (Božanić et al., 2014). Нутритивно е највредниот протеин поради високата содржина на есенцијални аминокиселини, особено триптофан, цистеин и лизин (Barone et al., 2020).

α -лактоалбумин е калциум металопротеин составен од 123 аминокиселини и има голем афинитет за врзување на Ca^{2+} јоните. Неговата молекулска маса е околу 14,2 kDa и има pI вредност од 4,2 (Pires, et al., 2021b). Способноста да врзува калциум е резултат на четирите остатоци од аспарагин во неговата структура. Меѓутоа, при pH вредност под 5, аспарагинските остатоци се протонираат и ја губат способноста да врзат Ca^{2+} јони (Goulding et al., 2020).

α -лактоалбуминот се смета за топлински најстабилен суруткин протеин (Goulding et al., 2020). Во неутрална pH-средина под 75 °C, денатурацијата е реверзибилна. Содржи слободна тиол група и помалку придонесува за агрегација предизвикана од денатурација (Yadav et al., 2015; Svanborg et al., 2015).

Аминокиселинскиот состав на α -лактоалбуминот од кравја сурутка е сличен (72%) со хуманиот α -лактоалбумин што го прави идеален протеин, особено за употреба на неговите фракции во формули од храна за доенчиња (Merkel et al., 2021).

Слатката сурутка содржи и други протеински фракции како: ***имуноглобулини*** кои претставуваат глобуларни гликолизирани протеини во различни форми и структури, а нивната содржина изнесува ~10% од вкупните протеини од сурутката (Deeth & Bansal, 2019). Имуноглобулините се големи

гликопротеини кои се лабилни на топлина во присуство на другите протеини од сурутка (Ryan & Walstra, 2016).

Серумскиот албумин од кравја сурутка, изнесува околу 8% од вкупните суруткени протеини и има моларна маса од ~66 kDa. Тој е физички и имунолошки идентичен со албуминот во крвниот серум (Goulding et al., 2020).

Во својот состав слатката сурутка содржи и некои протеини во мали количества или во трагови, со изразени биолошки активности, како: *лактоферин, лактопероксидаза, лизозим, протеозен пептон 3, остеопонтин, фактори на раст и казеиномакропептид* (Tsermoula et al., 2021).

Казеиномакропептид природно е присутен во млечниот серум во многу ниски концентрации но, за време на производство на сирење и дејството на ензимот химозин, κ -казеин ја зголемува својата концентрација во слатката сурутка до 20 % од вкупните суруткени протеини. Околу половина од молекулите се гликолизирани и се нарекуваат гликомакропептиди (Neelima et al., 2013). Казеиномакропептидот има хранливи и технолошки својства како што се способност за емулгирање, пенење и контролирана денатурација и агрегација на протеини од сурутка при загревање (Tsermoula et al., 2021).

2.2.3. Масти

Свежата слатка сурутка содржи мал процент на масти (~0,05%), кои се состојат од речиси 66% неполарни липиди и 33% поларни липиди. Неполарната фракција, главно, содржи триацилглицероли и диацилглицероли, додека поларната фракција главно се состои од фосфолипиди со 38,5% фосфатидилетаноламин, ~14% фосфатидилхолин, ~32,6% сфингомиелини, ~5,2% фосфатидилинозитол и ~9,6% фосфатидилсерин (Ferreiro & Rodríguez-Otero, 2018).

Фосфолипидите се поларни липиди кои ја олеснуваат емулзификацијата на мастите во помали капки и придонесуваат за нивното брзо варење. Високата количина на сфингомиелини што го создава фосфолипидната фракција од сурутката е од посебен интерес, поради нивните позитивни ефекти врз когнитивните перформанси на доенчињата (Timby et al., 2015; Verardo et al., 2017).

Повисоката содржина на масти во сурутката влијае на физичко-хемискиот состав на албуминските сирења и притоа ги подобрува реолошките и сензорните

карактеристики и приносот (Kaminarides et al., 2020).

2.2.4. Минерални материи

Минералните профили на сурутката воглавно се засегнати од видот на сурутката (овча, кравја итн.) и во помала мера од минералниот профил на млекото (Amalfitano et al., 2024). По преработката на млекото, слатката сурутка содржи од 2,5 до 4,7 g/L минерални материи, што е намалување за околу 50% од почетната содржина на минерални соли во млекото (Macwan et al., 2016).

Во просек слатката сурутка содржи од 5,0 до 5,2 g/L- минерални материи (Papademas & Kotsaki 2019). Главни минерални соли присутни во сурутката се: Ca, P, Na, Cl и Mg (Bleoussi et al., 2020). Слатката сурутка содржи околу 1,1 g/L - хлориди, 0,4-0,6 g/L- калциум и 1,0-3,0 g/L -фосфати (Papademas & Kotsaki, 2019), 1,16 g/L- калиум, 0,068 g/L- магнезиум и 0,38 g/L- натриум (Fischer & Kleinschmidt, 2015). Солите на калциум, калиум, натриум и магнезиум го сочинуваат најголемиот дел од овие минерали (>50% NaCl и KCl, калциумови соли) со траги од метали како што се цинк и бакар (Venetsaneas et al., 2009). Се проценува дека 1 литар слатка сурутка содржи 8,5 g до 9,0 g минерални соли, вклучувајќи 1,2 g калциум и 0,95 g фосфор.

2.2.5. Витамини

Слатката сурутка ги содржи речиси сите витамини растворливи во вода што се присутни и во млекото. Таа е извор на комплексни витамини од групата Б, особено рибофлавин (Б₂) и витамин Б₁₂ (Magan et al., 2020). Во сурутката се присутни и фолна киселина и кобаламин, врзани за сурутките протеини (Tratnik, 2003; Vožanić et al., 2014).

2.3 Албумински сирења (сирења од сурутка)

Албуминските сирења или сирења од сурутка припаѓаат на посебна категорија сирења кои се произведуваат со топлотна обработка на сурутката на високи температури од околу 88–92 °C, со цел, формирање на коагулум по денатурација на сурутките протеини (Pintado et al., 2021; Bintsis & Papademas, 2023). Во минатото овие сирења биле произведувани во руралните средини по

традиционални методи, со цел, искористување на сурутката што е останата од производството на путер или сирење (Kamber, 2007). Сирењата од сурутка денес се произведуваат занаетчиски по традиционални методи или во стандардизирани индустриски процеси, како одржливи методи за искористување на сурутката, според принципите на кружната економија (Bintsis & Papademas, 2023). На глобалниот пазар можат да се сретнат различни видови на сурутчини сирења, кои меѓусебе се разликуваат според технологијата на производство и употребените суровини.

Најпознати сирења од сурутка кои се произведуваат во Италија се „Ricotta“, „Ricotta salata“ или „Ricottone“ и „Ricotta fresca“ (Niro et al., 2013; Casti et al., 2016; Pala et al., 2016). За производство на „Ricotta“ најчесто се користи слатка сурутка од овчјо млеко, но може да се користи и сурутка од биволско, кравјо и козјо млеко. Сурутката се меша со 5–10% млеко, се додава 0,1% сол и лимонска киселина од 0,11 kg/L, при загревање на температура од 80 °C до 85 °C (Pintado et al., 2001; Niro et al., 2013). Според Casti et al. (2016), „Ricotta salata“ се произведува на сличен начин како „Ricotta“ со употреба на слатка сурутка од овчо млеко. Додека „Ricotta fresca“ традиционално се произведува во Сардинија од сурутка која останува при производството на овчи сирења и, исто така, може да се сретне под називите „ricotta fresca ovina“ или „ricotta gentile“.

Со цел, да се подобри текстурата на производот и да се зголеми приносот, процесот на добивање на „Ricotta fresca“ може да се модифицира со употреба на мешавина на сурутка со млеко или со павлака (Pala et al., 2016).

„Anthotyros“, „Myzithra“ и „Manouri“ претставуваат традиционални грчки, сирења од сурутка (Arvanitoyannis et al., 2011; Kaminarides, 2015a; Bintsis et al., 2024). „Anthotyros“ се произведува од козја или овча сурутка со додавање на млеко или павлака (Arvanitoyannis et al., 2011).

„Myzithra“, се произведува од овча или козја слатка и кисела сурутка. Во случај кога производството е од слатка сурутка, потребно е делумно закиселување при загревањето (Kalantzopoulos, 1999). Според Kaminarides (2015a) „Myzithra“, се произведува од овча, козја или мешавина од двете сурутки кои се добиени од производство на тврди и полутврди сирења, но може да се произведуваат и модификации со додавање на концентрат од сурутчини протеини подготвени од овча и козја сурутка, стандардизирани со додавање на соодветни количини овчо млеко, павлака или вода.

Суруткното сирење „Manouri“ традиционално се произведува во северниот дел на Грција, исклучиво од козја сурутка добиена од производството на „Batzos“ бело саламурено сирење. Индустриско производство на „Manouri“ вклучува употреба на сурутка добиена од производство на овчи или козји сирења (на пр. Фета, Гравиера, Кефалотири), со додавање на павлака од овчо или козјо млеко со најмалку 2,5% масти (Bintsis et al., 2024).

„Log“ претставува традиционално сирење од Турција кое исклучиво се произведува од обезмастена кравја, козја или овча сурутка (Temiz et al., 2009; İrkin, 2011).

Традиционалното португалско сирење од сурутка „Requeijão“ се произведува од 90% овча сурутка и 10% козјо млеко, со загревање на 95 °C за време од 15 минути, проследено со континуирано мешање. Најчесто ова сирење се консумира свежо (Pintado et al., 1996). Во Латинска Америка е популарно суруткното сирење „Requesón“, а процесот на производство вклучува употреба на кравја, овча или козја сурутка и додавање на 10% млеко (Javier et al., 2016).

Сирењата од сурутка традиционално се произведуваат и на територијата на поранешните југословенски земји и тие најчесто се сретнуваат под називите „урда“, „скута“, „фурда“, „хурда“, „бјелава“, „чварог“, „провара“.

Името „провара“ можеби најдобро го опишува овој производ, затоа што за време на неговата подготовка млечната сурутка се „проварува“. Додека во Бугарија овој вид на производ се нарекува „извара“ (Baković, 1959).

Сирењето од сурутка „Скута“ претставува традиционално хрватско сирење кое се произведува од овча или кравја сурутка (Zandona et al., 2020). Во принцип, скутата се добива со концентрација на сурутка и обликување на концентрираниот производ или со топлинска коагулација на сурутката со или без додавање на киселина (İrkin, 2011).

„Урда“ е назив кој се користи за суруткното сирење кое се произведува од овча и козја сурутка во Грција (Pappa et al., 2016), додека на територијата на Црна Гора, Србија и Македонија се произведува од овча, кравја или козја сурутка (Bojanic Rasovic et al., 2017; Paskaš et al., 2019; Chadikovski et al., 2022).

Со развојот на технологијата и воведување на традиционалните албумински сирења во индустриското производство, денес на пазарот се сретнуваат модифицирани албумински сирења со додавање на определен процент на млеко, павлака, сурутка во прав, овошје, билки и др. (İrkin, 2011; Kaminarides et

al., 2013).

Според Codex Alimentarius (2010)¹, сирењата од сурутка се цврсти, полуцврсти или меки производи кои, главно, се добиваат преку еден од следниве процеси:

1. концентрација на сурутка и обликување на концентрираниот производ;
2. коагулација на сурутка со топлина, со или без додавање киселина.

Процесот на производство може да вклучува и додавање на млеко, павлака или други суровини од млечно потекло, пред или по концентрацијата или коагулацијата. Сирењето од сурутка добиено со коагулација се добива со топлотно таложење на сурутките протеини од сурутката или мешавина од сурутка со млеко или павлака, со или без додавање киселина. Сирењата од сурутка имаат релативно ниска содржина на лактоза и бела до жолтеникава боја. Сурутките сирења кои се добиваат со коагулација на сурутките протеини може да бидат зрели или незрели сирења. Дозволени состојки кои им се додаваат во овие сирења се натриум хлорид и starter-култури (млечно кисели бактерии).

2.4 Урда – традиционално албуминско сирење

Автохтоните млечни производи, не само што ги задоволуваат основните потреби за исхрана туку истовремено тие се дел од материјалната култура и традицијата на одредена земја (Budimir, 2023). Традиционалните сирења се произведуваат локално или регионално, обично сезонски, низ многу генерации и имаат важно место во руралната регионална и прехранбена култура. Исто така, тие ја одразуваат историјата, географската положба, климатските услови и земјоделството на една земја (Pappa et al., 2020). Според Sulejmani & Amedi, (2025) овој вид на сирења ја истакнуваат едноставноста и свежината на традиционалните вкусови.

Урдата претставува традиционално македонско суруткино сирење (Talevski, 2012), кое се произведува од овча, козја или кравја сурутка (Chadikovski et al., 2022), добиена од производство на кашкавал или биено сирење (Pintado et al., 2001). Во Полошкиот Регион во Република Северна Македонија, свежото

¹ <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/search/en/?cx=018170620143701104933%3Aq82jsfba7w&q=284-1971&cof=FORID%3A9>

сирење од сурутка има долгогодишна традиција како популарен млечен производ (Sulejmani & Amedi, 2025).

Главно, домаќинствата што ја произведуваат урдата ја користат за сопствена употреба, како свежа и несолена или ја чуваат на подолг временски период складирана во „каца“ и притоа се конзумира како зрела „урда“ (Војанис Rasovic et al., 2017). Свежата урда се карактеризира со мека текстура, бледо бела боја и пријатен вкус, додека зрелата урда се карактеризира со жолтеникава боја, тврда текстура, пикантен и прилично солен вкус и убава арома (Pappa et al., 2020). Свежата урда може да се конзумира како трпезно сирење, понекогаш со шеќер или мед, но може да се користи и за подготовка на одредена храна, како на пример пита со сирење, додека зрелата урда е прилично тврда и е погодна за рендање (Kandarakis, 1986). Според Pappa et al. (2016), зрелата урда има богата арома и вкус кој е високо прифатен кај потрошувачите на локалните пазари во Грција.

Урдата ги содржи сите есенцијални аминокиселини кои се неопходни за нормално функционирање на човечкиот организам и, исто така, се произведува и во регионот на Карпатите, традиционално од овча сурутка (Bilyk et al., 2017).

Според Правилникот за барања за квалитет на суровото млеко, стандардите за квалитет на консумното млеко, млечните производи и употребата на нивните називи, квалитетот и активноста на стартер-културите, сирилата и други специфични материи и начинот на нивната употреба, начинот на дополнително означување на млекото и млечните производи, како и дозволеното отстапување на тежината во однос на декларацијата (Сл. Весник на РМ. бр.96 од 18.07.2011)², урдата се класифицира во групата на сирења од сурутка (албумински сирења) и претставува полуцврст или цврст свеж или цврст зрел производ, добиен со издвојување на протеините од сурутката или концентрирана сурутка, со или без додаток на млеко, павлака или други производи.

2.5 Процес на производство на урда

Производството на „урда“ во индустриски услови може да заземе значајно место во асортиманот на млечни производи, бидејќи урдата има високо квалитетен вкус и висока биолошка вредност (Bilyk et al., 2017).

² <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mac151327.pdf>

Температурата е основен параметар во целокупниот процес на производство на албуминските сирења, вклучувајќи го и режимот и брзината на загревање на сурутката која влијае на фазата на агрегација на сурутките протеини и конечниот принос (Mangione et al., 2023). Сепак, денатурацијата и процесите на агрегација се разликуваат едни од други во зависност од рН-вредноста и јонската сила на медиумот (Anema et al., 2001).

Матрицата на албуминските сирења покажува структура слична на гел предизвикана од сурутките протеини, воглавно од β -лактоглобулин и α -лакталбумин, што резултира со формирање на врски кои генерираат меѓусебно поврзана молекуларна мрежа која ги заробува масните глобули и течната фракција, обезбедувајќи еластичност и цврстина на системот (Stading & Hermansson, 1991).

Формирањето на гел кај албуминските сирења настанува како резултат на агрегација на протеините предизвикана од зголемување на температурата (Svanborg et al., 2015). Под дејство на топлината, сурутките протеини делумно се расплетуваат, се зголемува изложеноста на неполарните групи и сулфидрилните групи од β -лактоглобулинот и серумскиот албумин, со што протеините стануваат реактивни (Mangione et al., 2023). Агрегација на сурутките протеини како резултат на вкрстено поврзување на дисулфидните врски, се јавува на температура од 70 °C до 90 °C и време на загревање од околу 10 минути (Chadikovski et al., 2022).

Важен параметар за агрегација на сурутките протеини е јонската сила на сурутката. Присуството на двовалентни катјони како што се калциум и магнезиум, го фаворизираат формирањето на големи агрегати со делумна заштита на негативниот полнеж на протеинот и намалување на електростатско одбивање (Salvatore et al., 2014).

Додавањето на сол за време на производство на албумински сирења допринесува за зголемување на интеракциите со протеините со негативен полнеж, со што се подобрува агрегацијата. Во една средина со јонска сила <20 mM, особено во отсуство на јони на калциум и со рН > 6,5, се спречува одбивноста на полнежите помеѓу протеините од агрегација дури и ако процентот на денатурација е >95% (Mucchetti & Neviani, 2006).

Откако ќе се загрее сурутката на површината се формира мрежа од агрегати, цврста и кохезивна урда, со што го олеснува нејзиното одвојување од

сурутката (Bilyk et al., 2017). Според Chadikovski et al. (2023), формирањето на првите агрегати кај сурутките сирења се забележуваат по постигнување на температура од 70 °C. Со зголемување на температурата се зголемува и денатурацијата на α -лактоалбуминот, а со тоа и приносот. Ова резултира со добивање на производ со позрнеста и попесоклива структура со помала содржина на влага и мазност (Mucchetti et al., 2017). α -лактоалбуминот од сурутката има поголема термичка отпорност за денатурација. Одржувањето на температура од 95°C и интеракцијата со β -лактоглобулинот ја подобруваат денатурацијата (Singh & Navea, 2003). Продолженото загревање на сурутката над 90°C доведува до 70–80 % поголема денатурација и агрегација на сурутките протеини со к-казеинот (Mangione et al., 2023). Максималните вредности за приносот на суруткото сирење биле постигнати по задржување на температура од 90 °C за време од 20 минути или вкупно задржување од 100 минути. Приносот се намалува линеарно во периодот помеѓу 100 и 130 минути од загревањето, што е резултат на зголемувањето на сувата материја во сурутката со продолжена термичка обработка и пенењето на сурутките протеини (Chadikovski et al., 2023).

pH-вредноста влијае врз топлотната коагулација и формирање на гелот (Wu et al., 2020). Неутралната средина (pH=7) за време на топлинската коагулација на сурутката резултира со поеластична структура на производот, додека киселата средина (pH<7) допринесува за позрнеста структура на урдата (Mangione et al., 2023). Овчата и козјата сурутката лесно коагулираат на природната pH-вредност на млекото (околу 6,50), без екзогено закиселување (Salvatore et al., 2014), додека кравјата и биволската сурутката треба да бидат малку закиселени (Mucchetti et al., 2017). За промовирање на агрегација на протеините, се користат синтетички закиселувачи (на пример, лимонска киселина, млечна киселина, магнезиум сулфат) (Mucchetti et al., 2017; Paskaš et al., 2019). Додавањето на органски киселини може да се интегрира или овие киселини можат да се заменат со употреба на калциумови и магнезиумови соли (Mucchetti et al., 2017). Овие замени најчесто се користат кога сурутката има ниско ниво на протеини, минерални материи и pH-вредност далеку од изоелектричната точка. При овие услови, иако се загрева сурутката, сепак, не се формира гел. Додавањето на магнезиумови или калциумови јони, промовира формирање на хидрофобни врски во растворливите денатурирани протеини и последователно се формира мрежна структура и хомоген гел (Guyomarc'H et al., 2015; Mucchetti et al., 2017).

Традиционалното производство на урда вклучува постепено загревање на сурутката до 85 °C за време од околу 1 час, со повремени промешувања. На крајот од загревањето се додава NaCl, по што урдата се одвојува на површината и се остава да се излади. По ладењето, урдата се собира со големи перфорирани лажици, се префрла во платнено цедило и се остава да се цеди во следните 10 до 14 часа. Исцедената урда се пакува во пластични кутии и се чува во ладилник од 3 до 4 дена (Војаниќ Расовиќ et al., 2017).

За индустриско производство Bilyk et al. (2017), предлагаат загревање на сурутката на температура од 85-90 °C за време од 30 минути, при што се формираат агрегати. Авторите предлагаат ладењето на смесата да биде на температура 30±2 °C, а одвојувањето на протеинската маса и компресирането да се одвива на температура 19±1 °C за време од 1,5 до 2,0 часа. Потоа, следат процесот на солење на температура од 10±2 °C и пакувањето на урдата.

Paskaš et al., (2019), препорачуваат постепено загревање на кравјата сурутка со континуирано мешање до 85 °C и додавање на лимонска киселина (E-330) во количина од 0,05-0,1% како 2,5% воден раствор. Додавањето на лимонската киселина е со цел, да се намали рН-вредноста на сурутката на приближно 5,42. Откако температурата на смесата ќе достигне над 85 °C, се задржува на истата температура околу 30 минути или додека на површината не се формира дебел слој од урда. Потоа, урдата се одвојува и се цеди следните 6-7 часа на температура од 19-21 °C. По цедењето, урдата се соли со 1-2% сол, се полни во пластични чашки со термичко заварување и се складира на температура од 1-8 °C.

Според Chadikovski et al. (2022), пожелно е искористување на сурутката во првите 2 часа од нејзиното добивање, со што би се добил поголем принос и би се спречило намалување на квалитетот на сурутката. Млеко, павлака или други суровини од млечно потекло може да се додадат при производството на сирење од сурутка, пред или по нејзината концентрација или коагулација (Paskaš et al., 2019). Додавањето на обезмастено млеко при производството на традиционалното грчко сирење од сурутка (Myzithra) резултирало со нов диететски производ, со добар квалитет, потврда текстура и повисоки нивоа на минерални материи (Kaminarides et al., 2015).

2.5.1. Физичко-хемиски состав на урда

Урдата се карактеризира со бела до бело-сива боја. Таа е ситно грануларна, со мека конзистенција погодна за мачкање со пријатен и специфичен мирис и вкус на урда (Војаниќ Расовиќ et al., 2017).

Според Правилникот за барањата за квалитет на суровото млеко, стандардите за квалитет на конзумното млеко, млечните производи и употребата на нивните називи, квалитетот и активноста на стартер-културите, сирилата и други специфични материи и начинот на нивната употреба, начинот на дополнително означување на млекото и млечните производи, како и дозволеното отстапување на тежината во однос на декларацијата (Сл. Весник на РМ. бр.96/2011) албуминското сирење (урда или скута) која се става во промет треба да ги задоволува следниве стандарди за квалитет:

- 1) да има бела до белосивкаста боја;
- 2) да има хомогена конзистенција, да е нежна, да се мачка, без грутчиња и да не отпушта сурутка;
- 3) да има вкус и мирис карактеристичен за албумински сирења, и
- 4) сувата материја да изнесува најмалку 20 %.

Составот на урдата зависи од методот на коагулација, видот на сирењето кое се произведува и видот на сурутка што се користи. Како резултат на тоа, сирењата направени од сурутка немаат ист идентичен состав. Општо земено, свежите сирења се доволно различни по својот состав и својства, за да се класифицираат како посебна група млечни производи (Sulejmani & Amedi, 2025).

Хемискиот состав на сурутката зависи од хемискиот состав на млекото, кој зависи од фазата на лактација, хранењето и одгледувањето на животните и климата во која се собира млекото (Casper et al., 1998; Nudda et al., 2005; Maggira et al., 2023). Варијациите во хемискиот состав кај албуминските сирења, главно, се должат на видот на сурутката и практиките за нејзина преработка (Paskaš et al., 2019).

Урдата произведена од кравја сурутка добиена од производство на бело саламурено сирење со термички третман - пастеризација на млекото на 78 °C, се карактеризира со најниски вредности за сувата материја од 19,72%, масти 4,98%, протеини 8,25%, рН-вредност од 5,53 и највисока вредност за активитет на вода *aw* од 0,96%, во споредба со урда од кравја сурутка добиена од производство на бело саламурено сирење, каде млекото е пастеризирано на 72 °C и кравја сурутка добиена од производство на кашкавал (Chadikovski et al., 2022).

Урдата произведена од овча сурутка содржи: 56,97% влага, 28,80% масти, 14,57% протеини, 0,60% NaCl и рН-вредност од 6,39, додека урда произведена од козја сурутка при исти услови содржи: 54,13% влага, 29,70% масти, 12,63% протеини, 0,51% NaCl и рН-вредност 6,41 (Pappa et al., 2016).

Истарската скута содржи, просечно: сува материја 43,80%, млечни масти 28,90% и протеини 10,84% (Antunac et al., 2011). Брачката скута се карактеризира со содржината на сува материја од 38,03 g/100g, млечни масти 24,93 g/100g и протеини од 9,70 g/100g (Rako et al., 2016). Според Pires et al. (2024), албуминското сирење содржи 29,75% протеини, 21,07% масти и 7,72% пепел. Разликите во количината на масти се јавуваат поради разликите во квалитетот на суровината и технологијата на производство на сирењето (Bergamaschi & Bittante, 2017). Албуминско сирење со помали зрна, се добива кога поголема количина на масти ќе поминат во сурутката, а со тоа и во албуминското сирење (скута) (Antunac et al., 2011).

Во однос на казеинското сирење, во урдата се пронајдени вкупно 17 испарливи соединенија, и тоа: три јаглеводороди (тетрадекан, хексадекан, толуен), три кетони (ацетон, 2-хептанон, 2-нонанон), пет алкохоли (2-пропанол, етанол, хексанол, хексанол 2-етил, бутанол 3-метил), пет алдехиди (пентанал, хексанал, хептанал, октанал, нонанал) и еден терпен (лимонен), повеќето од овие соединенија се присутни и во други сирења од сурутка (Pappa et al., 2020).

Според Правилникот (Сл. Весник на РМ. бр.96/2011) албуминското сирење (урдата или скута) која се става во промет врз основа на содржината на млечни масти во сува материја се класифицираат како: масно албуминско сирење со содржина од 33% млечни масти во сувата материја; полумасно албуминско сирење со најмалку 10% и најмногу 33% масти во сувата материја и посно албуминско сирење со помалку од 10% млечни масти во сувата материја.

2.5.2. Микробиологија на урдата

Занаетчиските сирења се соочуваат со предизвици поради промените во сегашните пристапи кон безбедност на храната, здравјето и одржливоста на животната средина (Câmara et al., 2025).

Албуминските сирења поради својата неутрална рН-вредност, високата содржина на вода и активитет на вода (a_w), како и ниската содржина на сол, се

карактеризираат како сирења со краток рок на траење (İrkin, 2011; Zandona et al., 2020; Anli, 2020). Според Paskaš et al. (2019), рН-вредноста кај 15 примероци на урда се движела во опсег од 5,60 до 6,24, додека содржината на NaCl се движела во граници од 1,86 до 2,01%. Yilmaz et al. (2023), кај 10 примероци на анализирано албуминското сирење „Lor“ утврдиле рН-вредност која се движела во границите од 3,76 до 5,48 и содржина на NaCl од 0,446 до 1,855%. Урдата што е анализирана од Pappa et al. (2016), се карактеризирала со рН-вредност од 6,39, NaCl од 0,60% и активност на вода од (a_w) 0,948.

Албуминските сирења можат да бидат погоден медиум за развој на патогени микроорганизми особено на мезофилни, психротрофни, развој на мувли, квасци, како и развој на *Enterobacteriaceae* (İrkin, 2011).

Во истражувањето на, Pappa et al. (2016), свежата урда содржела разновидна микробиота која, воглавно, вклучувала различни типови на млечнокиселински бактерии, ентерококи и *Enterobacteriaceae*. Мезофилните млечнокиселински бактерии биле најзастапената група со почетна контаминација која се движела на ниво од 5 log cfu/g и 4 log cfu/g во овча и козја урда, соодветно. Аеробни грам-негативни бактерии (оксидаза-позитивни, пигментни колонии) биле на почетно ниво од 5,0 log cfu/g, стафилококите и други видови на каталаза-позитивни бактерии биле присутни од 4 log cfu/g, додека квасците биле под 2 log cfu/g кај двата вида на урда на првиот ден од производство. Во овча и козја урда на првиот ден од складирањето биле детектирани мезофилни млечнокиселински бактерии во содржина од 3,41 log cfu/g и 3,60 log cfu/g, термофилни млечнокиселински бактерии од 4,34 log cfu/g и 3,46 log cfu/g, мезофилни млечни коки од 3,49 log cfu/g и 3,36 log cfu/g и термофилни млечни коки од 4,05 log cfu/g и 3,70 log cfu/g, соодветно (Pappa et al., 2020). Кај 10 примероци од албуминско сирење „Lor“ биле детектирани мувли и квасци од <2 до 6,70 log cfu/g и колиформи од < 2 до 7,78 log cfu/g, (Yilmaz et al., 2023). Иако е познато дека млечнокиселинските бактерии се корисни и функционални, сепак, нивниот раст во суруткините сирења може да допринесе расипување (Vrdoljak et al., 2016).

Според Европската регулатива, храна готова за консумирање не го фаворизира растот на *L. monocytogenes* при следниве услови: храна со рН $\leq 4,4$, или храна со $a_w \leq 0,92$, како и при услови од рН $\leq 5,0$ и $a_w \leq 0,94$. Исто така,

L. monocytogenes не смее да биде присутна на ниво што надминува 100 CFU/g за време на рокот на траење на производот (Европска комисија, 2005)³.

Според Vrdoljak et al. (2016), албуминските сирења го фаворизираат присуството на *L. monocytogenes*. Во скута со рН-вредност од 5,8-6,5 и a_w 0,99-0,94, како и содржина од 0,3 до 1,2% NaCl. Растот на *L. monocytogenes* бил 0,43 log₁₀ cfu/g во текот на складирање од 8 дена на температура од 4 °C. Продложениот рок на траење на овој вид сирења е прифатлив само за пакување и складирање под дефинирани услови.

Во РС Македонија, според Правилникот за посебните барања кои се однесуваат на микробиолошките критериуми за храната (Сл. весник на РМ, број 100, 2013)⁴, се пропишува нулта толеранција за *L. monocytogenes*, односно не е дозволено присуство на *L. monocytogenes* во 25 g производ, пред храната да го напушти производствениот објект. Сепак, присуството на *L. monocytogenes* е многу често кај меките или албумински сирења (Pintado et al., 2005).

Воглавно, истражувањата во поглед на продолжување на рокот на траење кај албуминските сирења се насочени кон употреба на модифицирана атмосфера при пакување (Dermiki et al., (2008); Temiz et al., (2009); Arvanitoyannis et al., (2011)), додавање на билки (Akpınar et al., (2022); Tsiraki & Savvaidis, (2013)), биоконзервирање (Christaki et al., 2022), како и дополнителен топлински третман (Tripaldi et al., 2020).

2.5.3. Нутритивен состав на урда

Брзиот начин на живот што придонесува за одредена доза на стрес е причина луѓето сè повеќе да посветуваат внимание на правилната исхрана (Budimir, 2023). Најголемо нутритивно значење на урдата ѝ даваат сурутчините протеини. Тие се лесно сварливи, имаат високо ниво на искористеност во организмот и можат да заземат важно место во исхраната на лицата од различни возрастни групи (Rako et al., 2016).

„Брач“ скута содржела 9,70 g/100 g протеини, или 100 g скута задоволува 17% од дневните потреби на протеини кај мажи и 21% кај жени (Rako et al., 2016). Од нутриционистички аспект, сурутските сирења содржат изобилство на

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02005R2073-20140601&rid=1>

⁴ <https://fva.gov.mk/mk/zakon-bezbednost-hranata/pravilnik/2013-100-pravilnik-posebnite-barana-koi-se-odnesuvaat-mikrobioloskite-kriteriumi-hranata>

аминокиселини со разгранет синцир (леуцин, изолеуцин и валин) и мала содржина на масти и сол (Paskaš et al., 2019). Во своето истражување Tudor Kalit (2019), наведува дека 100 g скута задоволува 78,14% од дневните потреби на возрасно лице за есенцијални аминокиселини, а ниската содржина на сол ѝ дава дополнителна вредност. Урда произведена од кравја сурутка е богат извор на аминокиселини и вклучува: леуцин 0,80 g/100 g, лизин 0,45 g/100 g, треонин 0,68 g/100 g, фенилаланин 0,31 g/100 g и глутаминска и аспарагинска киселина како доминантни неесенцијални аминокиселини во содржина од 1,65 g/100 g и 0,80 g/100 g, соодветно (Paskaš et al., 2019).

Поради различните метаболички функции во човековиот организам, присуството на минералните елементи во сирењата, како што се макроелементите калциум (Ca), калиум (K), магнезиум (Mg), фосфор (P) и натриум (Na) и микроелементите како железо (Fe), манган (Mn) и цинк (Zn) се од фундаментално значење (Messias et al., 2021). Есенцијалните минерални материи во 100 g брачка скута се во просек од: калциум 51,728 mg, железо 0,213 mg, калиум 13,734 mg, магнезиум 7,667 mg, манган 0,029 mg, натриум 14,470 mg, фосфор 34,147 mg и цинк 0,228 mg. 100 g брачка скута задоволува 34% од референтниот внес на калиум во исхраната за возрасни мажи/жени. Покрај тоа, ниската концентрација на натриум (9,6% од диететскиот референтен внес) го прави погодно за лица со хипертензија (Rako et al., 2018).

2.5.4. Здравствени придобивки од консумирање на урда

Побарувачката за функционална храна е во постојан пораст, поради нејзината хранлива вредност, својствата кои ги поттикнува во поглед на здравјето на консументите и потенцијалот да го намали ризикот од некои болести (Mahato et al., 2020; Akan, 2021).

Сурутките протеини се едни од највредните протеини, бидејќи содржат висока концентрација на есенцијални аминокиселини, особено лизин, метионин и висока концентрација на цистин (Jeličić et al., 2010). Сурутките протеини и нивните фракции имаат специфични антиканцерогени ефекти. Ваквите ефекти, главно, се поддржани од *in vitro* и/или *in vivo* студии (Teixeira et al., 2019). α -лактоалбуминот се карактеризира со својство на потиснување на глад, антихипертензивни, антиоксидантни и антитуморни активности кои се

забележани во комплексот помеѓу човечката α -La и олеинската киселина (Argenta & Scheer, 2020).

Биоактивните пептиди од сурутките протеини се карактеризираат со антихипертензивни, антимикробни, антидијабетични својства и антиоксидантна активност (Dalaka et al., 2023). Тие ја промовираат активноста на глутатион пероксидазата кој е клучен ензим во борбата против оксидативниот стрес (Yu et al., 2020).

Во табела 2, претставени се главните протеински фракции во сурутката (или нивните пептидни деривати) и нивните функции.

Табела 2. Главни протеински фракции во сурутката (или нивните пептидни деривати) и нивните функции (Ryan & Walsh, 2016)

Протеини	% во сурутски протеини	Деривати пептиди	Функција и здравствени бенефити
β -лактоглобулин	50-55	β -лактофорин β -лактогензин	-Инхибиција на конвертирачкиот ензим на ангиотензин; -намалување на крвниот притисок; -регулација на апетит.
α -лактоалбумин	20-25	α -лактофорин	-Го зголемува серумското ниво на триптофан; - Го подобрува спиењето, расположението и перформансите под стрес; -Го намалува крвниот притисок; -Се користи во формулата за доенчиња; -Опиоиден агонист.
Имуноглобулин	10		-Превенција од болести како што се орални или цревни микробни инфекции.
Албумин во крвниот серум	5-10	Албутенсин Серофорин	-Превенција на канцер; -Потиснувач на апетитот; -Опиоиден агонист.
Лактоферин	~1-2	Лактоферицин	-Антимикробни и антивирусни својства; -Промотор за раст на коските; -Активност против канцер.
Лактопероксидаза	~0,5		-Заштита од микробна инфекција; -Превенција од забен кариес; -Конзервирање на сурово млеко.
Гликомакропептид	10-15		-Антитромботична активност; -Нутритивен додаток во формулата за доенчиња; -Се користи за формулирање на храна за болни од фенилкетонурија; -Потиснувач на апетит.

Сурутките протеини се карактеризираат како моќни антиоксиданси со модулирање на низа редокс-биомаркери и реактивен кислород (Kleekayai et al.,

2022). Антиоксидантната активност на сурутските пептидите се должи на синергетското дејство на сулфхидрилните групи, неутрализирање на слободните радикали со специфични аминокиселини и хелација на железото (Tong et al., 2000).

Антиоксидантната активност на протеините од сурутка е потврдена преку инхибиција на липидната пероксидација, што се должи на хелацијата на преодните метали од страна на лактоферинот, како и на неутрализацијата на слободните радикали преку аминокиселини што содржат сулфур (Khan et al., 2019). Консумирање на козја сурутка допринесува до зголемена синтеза на протеини, повисока активност на параоксоназа 1 (PON1) и поместување кон зголемени релативни пропорции на липопротеини со висока густина (High-Density Lipoprotein HDL), што укажуваат на тоа дека козјата сурутка има позитивен ефект врз функцијата на црниот дроб и намалување на ризикот од кардиоваскуларни заболувања (Gojković et al., 2019).

Гликопротеините (лактоферин, трансферин) и ензимите (лизозим, лактопероксидаза) во комбинација со имоноглобулинот се важни фактори кои придонесуваат за човечкиот имуноактивен систем (Tratnik, 2003). Гликопротеинот, односно лактоферинот кој претставува полипептид со еден синцир се карактеризира како врзувач за железо (Pires et al., 2021a). Околу 10% од лактоферинот е заситен со железо, односно најголемиот дел од него се наоѓа во Апо-форма. Бидејќи лактоферинот е протеин на трансферин, тој не само што ја регулира концентрацијата на железни јони во крвта и секретите туку има и силно антимикробно и антивирусно дејство (Didukh, 2017). Недостатокот на микроелементите кај ранливата популација (доенчиња, деца, бремени жени, доилки и постари лица) е сериозен проблем особено во земјите во развој (Wegmüller et al., 2014). Бидејќи неорганските комплекси со металите (на пр. хлорид, итн.) имаат многу несакани ефекти врз консументите, сè почесто се заменуваат со органски комплекси, протеини и пептиди кои покрај минимизирање на несаканите ефекти се и биолошки достапни (Rodzik et al., 2020).

Биолошката достапност на сурутските протеини во матрикс на храна го истражувале Lorieau et al. (2018). Според авторите, степенот на протеинска хидролиза бил поголем во геловите со сурутските протеини, во споредба со течниот контролен примерок, поради олеснетата хидролиза на денатурираните

сурутски протеини со помош на топлина. Биорасположивоста на аминокиселините, особено леуцинот, по консумација на суруткино сирење е 32 пати поголема за разлика од консумација на сирење на база на казеин. Овие резултати укажуваат на можноста за поефикасно стимулирање на мускулната синтеза кај постарите луѓе (Lorieau et al., 2019).

Лактозата иако не се дигестира во тенкото црево, сепак, може да ја користи цревната микробиота (пребиотик). Лактозата и другите шеќери во млекото, го промовираат и растот на бифидобактериите во цревата и може да помогнат во борбата против падот на одредени имунолошки функции поврзани со стареењето (Vleoussi et al., 2020). Лактозата ја подобрува и ресорпцијата на калциум и фосфор од храната и ја зголемува цревната перисталтика (Rako et al., 2016).

2.6 Иновативни функционални албумински сирења

Сирењата од сурутка или албуминските сирења се произведуваат уште од раните почетоци на практиките за правење сирење, како одржлив начин за искористување на сурутката која е главниот нуспроизвод од производството на сирење. Новите албумински сирења кои се фокусираат на функционалните својства се развиле во последните 10 години (Bintsis & Papademas, 2023).

За подобрување на функционалноста на рикота сирењето Azarashkan et al., (2022) користат екстракт од никулци од брокула. Zinina et al., (2021) додаваат цитрусни диететски влакна во количина од 1%, 3% и 5% во рикота. Подобрување на функционалноста на албуминското сирење со додавање на 2%, 4%, 6% и 8% семки од борови шишарки е докажана од страна на Semeniuc et al., (2015). Pires et al., (2021a) ја подобруваат функционалноста на албуминско сирење Requeijão, со додавање на павлака и кефир.

Воглавно, истражувањата во поглед на подобрување на функционалните својства на албуминските сирења е многу ограничена. За албуминското сирење „урда“ сè уште нема пријавено истражување за подобрување на неговата функционалност со додавање на органско цвекло во прав.

2.7 Цвекло (*Beta vulgaris* L.)

Коренот на репката (*Beta vulgaris* L.), ботанички е класифициран како

двегодишно растение од семејството *Chenopodiaceae* (Varshney & Mishra, 2022), од родот *Amaranthaceae* (Constantin, et al., 2025). Коренот од репка може да се сретне во жолта и црвена боја (Sobhy et al., 2020). Се претпоставува дека за првпат бил припитомен во Медитеранскиот Регион (Székely & Máté, 2022). Европските записи укажуваат дека цвеклото се одгледувало уште пред X век, кога Римјаните и Грците ги користеле коренот и листовите на цвеклото поради нивните лековити карактеристики (Kumar, 2015). Денес цвеклото најчесто се конзумира како свежо или варено во вид на салата или сок (Mudgal et al., 2022).

Свежото цвекло кое се користи како хумана храна, се чува под контролирани услови на температура од 0–5 °C на темно место со релативна влажност од 96–100%, за време од три до пет месеци. Секое отстапување од зададените параметри доведува до губење на квалитетот (Bianchi et al., 2021).

За долгорочно зачувување на хранливите својства, свежото цвекло се дехидрира на ниски температури, се меле до прав и се чува во добро затворени садови (Sahni & Shere, 2016). Цвеклото во форма на прав има мала содржина на влага, мала тежина и подолг рок на траење (Rahayu et al., 2022). Во оваа форма може да се додаде во различни прехранбени производи, со цел зголемување на хранлива вредност (Sahni & Shere, (2016); Baião et al., (2020)), или да се користи како додаток во исхраната во вид на капсули, таблети или прав (Brzezińska-Rojek et al., 2024).

Цвеклото во прав во прехранбената индустрија често се употребува како црвена природна боја (Chhikara et al., 2019), за подобрување на бојата на доматино пире, сосови, десерти, џемови, желеа, сладоледи, слатки и житарки (Khalid Shakir & Simone, 2024).

2.8 Макронутриенти во цвеклото

Цвеклото е алкална храна со pH-вредност од 7,5-8,0 (Chauhan et al., 2020), мала енергетска вредност од 43 kcal/100 g (Akan et al., 2021b), која се должи на малата содржина на масти 0,18 g (Chauhan, et al., 2020). Цвеклото содржи 0,2 g масти од кои 0,03 g заситени, 0,03 g незаситени и 0,01 g од кои 0,06 g Омега 3 и Омега 6 масни киселини (Bunkar et al., 2020). Според USDA-ARS, (2014)⁵ 100 g јадлив дел од цвеклото содржи 0,027 g вкупни заситени масни киселини, 0,032 g

⁵ https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/80400535/DATA/sr27/sr27_doc.pdf

мононезаситени масни киселини и 0,060 g полинезаситени масни киселини. Малата енергетска вредност и ниската содржина на масти го класифицира цвеклото како намирница препорачана за намалување на телесната маса од страна на нутриционистите (Székely & Máté, 2022).

Јаглехидратите во цвеклото се присутни на високо ниво и нивната содржина изнесува 9,96 g (Chauhan, et al., 2020), односно 7,23 g јаглехидрати од кои 6,76 g шеќери (Ceclu & Nistor, 2020). Се препорачува спортистите да конзумираат цвекло за зголемување на нивниот физички капацитет, затоа што содржи мала количина на фруктоза и поголема количина на сахароза (Bavec et al., 2010).

Цвеклото (*Beta vulgaris* L.) содржи диететски влакна кои го подобруваат здравјето на дебелото црево (Constantin, et al., 2025). Содржината на диететски влакна во цвеклото се движи од околу 2 g до 3,25 g (Chauhan, et al., 2020; Bunkar et al., 2020; Ceclu & Nistor, 2020).

Цвеклото содржи и одреден процент на протеини (околу 1,68 g) (Chauhan, et al., 2020), како и есенцијални и неесенцијални аминокиселини, како: триптофан (0,019 g), изолеуцин (0,048 g), леуцин (0,068 g), лизин (0,058 g), треонин (0,047 g), метионин (0,018 g), фенилаланин (0,046 g), тирозин (0,038 g), валин (0,056 g), цистин (0,019 g), аргинин (0,042 g), хистидин (0,021 g), аланин (0,060 g), глутаминска киселина (0,428 g), глицин (0,031 g), пролин (0,042 g), аспарагинска киселина (0,116 g) и серин (0,059 g) (Nemzer et al, 2011).

Според националната база на податоци за хранливи материи USDA, (2019)⁶ свежото цвекло има енергетска вредност од 43 kcal, и во својот состав вклучува: вода 87,58%, протеини 1,61%, масти 0,17%, јаглехидрати 9,56%, шеќери 6,76% и диететски влакна 2,80%. Овие содржини може да варираат во зависност од климатската состојба, почвата, состојбата на растење, периодот на берба, фазата на зрелост и агроеколошка состојба (Kazimierczak et al., 2011).

Цвеклото се конвертира во прав најчесто со процес на лиофилизација или конвективна дехидрација на парчињата, во вид на пулпа или во вид на сок (Neha et al., 2018). За сушење на цвеклото може да се употребат следниве технологии: микробраново сушење, микробраново вакуум сушење, лиофилизација, сушење со вакуум, сушење со топол воздух или сушење на сонце (Liu et al., 2024).

⁶ <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169145>

Во табела 3, претставен е хемискиот состав на свежо и сушено цвекло при различни услови.

Табела 3. Хемиски состав на свежо и сушено цвекло при различни температури и пристапи на сушење (Bunkar et al., 2020)

Примерок/Цвекло	Влага (%)	Маси (%)	Пепел (%)	Протеини (%)	Редуцирачки шеќери (%)	pH
Свежо цвекло	88,00	0,20	/	1,96	/	/
Сушено цвекло на сонце	10,00	0,20	5,26	1,54	21,80	6,8
Сушено цвекло на 40 °C	5,40	0,22	4,28	1,56	22,60	6,0
Сушено цвекло на 60 °C	4,00	0,20	5,23	1,12	21,90	6,5
Лиофилизирано цвекло	3,60	0,28	4,23	1,96	21,30	5,9

Приносот при сушење вообичаено се движи од 10-12 g на 100 g свежо цвекло (Bunkar et al., 2020). Според Alshehry (2019), цвеклото во прав содржи 12,80% протеини, 20,40% диететски влакна, 11,30% пепел и 54,06% вкупни јаглехидрати. Хемискиот состав не е униформен и варира во зависност од хемискиот состав на почетната суровина и начините на сушење (Tarasevičienė et al., 2024).

2.9 Микронутриенти во цвеклото

Минералните материи во животната средина се сретнуваат во мали количини, но играат суштинска улога во одржувањето на различни физиолошки и метаболички процеси во живите ткива, како структурата, функцијата на ензимите, одржување на коските и крвта, имунолошките реакции или пренос на нервни импулси (Silva et al., 2019). Цвеклото претставува богат извор на минерални материи како: калциум, калиум, магнезиум, фосфор, железо, натриум и цинк (USDA, 2019)⁷. Свежото цвекло содржи околу 16 mg/100 g калциум, 325 mg/100 g калиум, 1,44 mg/100 g магнезиум, 40 mg/100 g фосфор, 0,80 mg/100 g железо, 78

⁷ https://fdc.nal.usda.gov/download-datasets/?utm_source=chatgpt.com

mg/100 g натриум и 0,35 mg/100 g цинк (Akan et al., 2021; Razzak et al., 2024). Во цвекло во прав Alshehry, (2019), ги утврдиле следниве содржини на минерални материи: калиум 26,0 mg/g, натриум 6,26 mg/g, фосфор 3,50 mg/g, калциум 2,28 mg/g, магнезиум 1,84 mg/g, манган 1,05 mg/g, железо 0,06 mg/g и цинк 0,03 mg/g.

Калциумот претставува есенцијален минерал кој примарно е асоциран во процесите на формирање и одржување на коскениот ткиво. Приближно 99% од вкупната количина на калциум во организмот е депонирана во коските и забите во форма на хидроксиапатит $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, додека преостанатиот околу 1% се наоѓаат во екстрацелуларните и интрацелуларните течности. Овој минимален, но физиолошки критичен дел учествува во низа витални биолошки функции, вклучително и регулација на васкуларниот тонус (вазодилатација и васкуларни контракции), невронска спроводливост, мускулна контракција, хормонална секреција и интрацелуларна сигнална трансдукција (Lahhoba et al., 2023; Brzezińska-Rojek et al., 2024).

Калиумот е кофактор кој функционира во синтезата на протеини, активирање на ензимите и е главна растворена супстанца која функционира во водената рамнотежа, со што влијае на осмозата Soetan et al., (2010) и заедно со натриумот, калциумот и манганот учествуваат во одржувањето на осмотската и електролитната рамнотежа (Belitz et al., 2004).

Натриумот претставува системски електролит со суштинска улога во регулацијата на аденозинтрифосфатот (АТР), особено преку неговата интеракција со калиумот, при што заеднички учествуваат во одржувањето на електрохемиската рамнотежа и функцијата на Na^+/K^+ -АТР-азната пумпа (Tremblay et al., 2024). Истовремено, магнезиумот има значајна биолошка улога, вклучувајќи го и неговото учество во минерализацијата на скелетниот систем, одржувањето на телесната температура и регулацијата на крвниот притисок (Brzezińska-Rojek et al., 2024).

Магнезиумот, манганот, цинкот и железото се вклучени во синтетизирање и активирање на ензими (Sigel et al., 2013). Фосфорот е суштинска компонента и учествува во функцијата и формирањето на нуклеинската киселина и клеточните мембрани, покрај тоа фосфорот е важна компонента на аденозин три-фосфатот, тој е одговорен за енергијата на животот (Lahhob et al., 2021).

Железото е суштинска компонента која е потребна за формирање на антиоксиданси во борбата против реактивните видови на кислород (ROS).

Каталазата е ензим базиран на железо и го катализира водородниот пероксид до кислород и вода (Shah et al., 2019). Железото, исто така е компонента на хемоглобинот, вклучено во испорака на кислород до клетките. Тоа е неопходно за правилно функционирање на нервниот и имунолошкиот систем, а исто така е вклучено и во процесите на детоксикација на црниот дроб (Abbaspour, 2014).

Цвеклото содржи и различни видови на витамини како што се витамин А (2 µg), тиамин (0,31 mg), рибофлавин (0,27 mg), ниацин (0,331 mg), пантотенска киселина (0,145 mg), витамин Б₆ (0,067 mg), аскорбинска киселина (3,6 mg), фолати (80 µg) (Kumar, 2015).

Витаминот А се однесува на група сродни соединенија со биолошка активност и вклучува ретинол, ретинална, ретиноична киселина, како и ретинил естери. Виталните биолошки улоги на соединенијата на витамин А вклучуваат нормален раст на клетките, клеточна диференцијација и имунологија (Noh & Mustar, 2019).

Ниацинот е централен регулатор на физиолошките процеси како одржувањето на генетската стабилност на механизмите за епигенетска контрола, кои го модулираат метаболизмот и стареењето (Meuer-Ficca & Kirkland 2016).

Фолатите, витамините од групата Б кои се растворливи во вода и нивната форма - фолната киселина, се од клучно значење за здравјето на луѓето поради нивната улога во реакциите за пренос на еден јаглерод потребни за биолошка метилација и биосинтеза на нуклеотиди. Дефицитот на фолати е поврзан со различни негативни здравствени исходи, како што се мегалобластна анемија, дефекти на невралната туба, коронарна срцева болест и канцер, меѓу другите (Warzyszynska & Kim 2014).

2.10 Биоактивни компоненти во цвеклото

Цвеклото содржи голем број на биоактивни соединенија како беталаини, аскорбинска киселина, флавоноиди, каротеноиди, полифеноли, сапонини и високо ниво на нитрати кои можат да придонесат за промоција на здравјето (Clifford et al., 2015; Srivastava & Singh, 2017; Deshmukh et al., 2018; Sobhy et al., 2020). Поради одличниот нутритивен состав, цвеклото се вбројува помеѓу десетте најмоќни зеленчуци во однос на антиоксидантните својства (Ceclu & Nistor 2020). Со изразени антиинфламаторни и антиоксидантни ефекти кои ги отстрануваат

слободните радикали од клетките, промовирајќи превенција од рак со инхибирање на пролиферацијата на туморските клетки и намалување на ризикот од кардиоваскуларни заболувања (Sobhy et al., 2020).

2.10.1. Фенолни соединенија

Цвеклото во својот состав вклучува голема содржина на феноли и флавоноиди. Фенолните соединенија во својот состав вклучуваат фенолни киселини, флавоноиди како и органски и неоргански киселини, а нивната содржина во цвекло во прав е 0,51 mg/g, (Vasconcellos et al., 2016). Содржината на фенолни соединенија во цвеклото во прав е во зависност од режимот и процесот на сушење Nistor et al., (2017), односно со примена на слободна конвекција на 50°C, 60°C и 70°C, цвеклото содржело 1,95 mg/mL GAE, 1,82 mg/mL GAE и 1,43 mg/mL GAE, соодветно. Во своето истражување Desseva et al., (2020) ги утврдува следниве фенолни киселини во сок од цвекло: хлорогени, кофеински, p-кумарна и синапинска киселина.

Во поглед на човековото здравје, фенолите покажуваат извонредни антиоксидантни својства. Тие го подобруваат имунолошкиот систем, потенцијално намалувајќи го ризикот од хронични заболувања како што се срцеви заболувања и канцер (Del Rio et al., 2013).

Флавоноидите се вбројуваат меѓу биолошки активните соединенија и се карактеризираат со основна структура C₆-C₃-C₆, која овозможува голем број структурни варијации. Антиоксидативниот потенцијал на флавоноидите е директно зависен од нивната молекулска структура, при што нивната антиоксидативна ефикасност е позитивно корелирана со степенот на хидроксилација (Székely & Máté, 2022).

2.10.2. Беталаини

Беталаините се деривати на беталаминска киселина кои се растворливи во вода и содржат азот (Sadowska-Bartosz & Bartosz, 2021). Поради нивната растворливост во вода, својството на бојење и антиоксидативните својства, сè почесто се вградуваат/додаваат кон различни намирници (Azeredo, 2009; Calva-Estrada et al., 2022).

Беталаините се азотни пигменти кои потекнуваат од беталаминската киселина (4-(2-оксоетилиден)-1,2,3,4-тетрахидропиридин-2,6-дикарбоксилна киселина), која ја сочинува основната структура на овие пигменти. Од основната структура на беталаминската киселина се генерираат деривати со различни молекули кои потекнуваат од двете структурни класификации на беталаините. Првата група е составена од структури во кои беталаминска киселина е кондензирана од цикло-DOPA (цикло-L-3,4-дихидроксифенилаланин) или негови глюкозил деривати кои се познати како бетацијанини. Втората група се бетаксантините кои потекнуваат од кондензацијата на беталамична киселина со аминосоединенија (аминокиселини, амини или деривати). Видот на супституцијата поврзана со основната структура на беталаинот има силно влијание врз неговата примарна карактеристика, неговата пигментација, својство поврзано со резонанцата помеѓу електроните на конјугираниот систем на двојни врски во структурата (Ravichandran et al., 2013; Ben Haj Koubaier et al., 2014; Calva-Estrada et al., 2022; Koop et al., 2022; Masithoh et al., 2024).

Глави претставници на жолтите пигменти се вулгаксантин I, II и индиаксантин со максимална апсорпција од 460 до 480 nm, додека бетацијанините во својот состав ги вклучуваат бетанините, пребетанините, избетанините и необетанин, со максимална апсорпција од 535 до 540 nm (Ravichandran et al., 2013). Вообичаениот сооднос на бетацијанини: бетаксантини во цвеклото е 1:3, додека просечната содржина на беталаин во цвеклото е 120 mg/100g свежа маса (Milton-Laskibar et al., 2021). Иако, структурно се поврзани со алкалоиди и честопати се наречени хромоалкалоиди, беталаините немаат токсични ефекти во човечкото тело (Bucur et al., 2016). Напротив, имаат изразено антиоксидативно, антиинфламаторно, антивирусно и антитуморно својство (Baião et al., 2020).

Антиоксидативната способност на бетанинот се припишува на неговата молекуларна структура, која овозможува донирање на електрон и атом на водород. Оваа активност, главно, произлегува од присуството на цикличен амин и хидроксилни (-OH) групи, кои се ефективни донатори на водород (Kanner et al., 2001). Поради неговата способност да ги отстранува реактивните видови на кислород, бетанинот го спречува оксидативното оштетување на липидните макромолекули и ДНК, (Sakihama et al., 2012). Во васкуларното ткиво, антирадикалната активност на бетанинот ја одржува функцијата на ендотелијата и

го намалува процесот на атерогенеза. Покрај тоа, бетанинот може да ја модулира трансдукцијата на сигналите посредувани од редокс-патиштата, вклучени во воспалителните реакции во ендотелијалните клетки, што резултира со антипролиферативни ефекти врз човечки туморски клетки (Karadia et al., 2011).

Биорасположивоста на хуманиот бетанин е ниска и изнесува околу 2,7% од вкупниот орален внес, според da Silva et al., 2019, и е во зависност од метаболизмот на консументот и храната во која се наоѓаат (Baião et al., 2020). Апсорбируваниот бетанин се излучува првенствено преку урината и фецесот (Netzel et al., 2025). Цвеклото претставува добар извор на беталаини, а нивната содржина во цвекло во прав изнесува 2458,07 mg/100 g (Farhan et al., 2024), 3,10 mg/g во цвекло сушено на сонце и 4,89 mg/g во лиофилизирано цвекло (Bunkar et al., 2020).

Во последните години, примената на бетанинот како природна боја доживува подем во прехранбената индустрија, бидејќи е нетоксичен, неотровен, антиалергиски и има антиоксидативни и антиканцерогени својства (Dias et al., 2020). Според EFSA (2015)⁸ и агенцијата за храна и лекови FDA (2009)⁹, бетанинот е препознатлив под Е-ознаката E162.

Биоактивните соединенија имаат извонредни биолошки активности во поглед на зачувување на здравјето на луѓето, како и зачувување на храната. Сепак, овие соединенија се хемиски нестабилни особено кога се изложени на високи температури, светлина и влажност (Herbach et al., 2006; Коор et al., 2022). Дополнително врз нивната стабилност делува додадената количина, храната како матрица, ензимите, рН-вредноста, активноста на водата, присуството на кислород и условите на складирање (Kujala et al., 2000; Ceclu & Nistor, 2020; Schneider-Teixeira et al., 2022).

2.10.3. Останати биоактивни соединенија

Вниманието кое го привлекува цвеклото (*Beta vulgaris* L.) се должи на значајната содржина на нитратни соединенија (NO_3^-) со потенцијални здравствени придобивки за кардиоваскуларното здравје (Milton-Laskibar et al., 2021), како резултат на ендогено производство на азот моноксид (NO) (Baião et

⁸ <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4318>

⁹ <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=73.260>

al., 2017). Содржината на NO_3^- во цвекло во прав изнесува 1,689mg/kg (Vasconcellos et al., 2016).

Каротеноидите присутни во цвеклото имаат функција на антиоксиданси, антиканцерогени и имунолошки засилувачи, покрај тоа, тие ја инхибираат активноста на мутагенезата и може да го намалат ризикот од развој на ракцер (Sardana et al., 2018). Каротеноидите во цвеклото се сретнуваат како β -каротен и лутеин, додека ликопенот е помалку присутен во споредба со доматиите. Содржината на ликопен во цвеклото според Sentkowska & Pyrzyńska, (2023) е 30,0 μg на 100 g, додека содржината на каротеноиди во цвеклото изнесувала 20,0 mg/100g (Ceclu & Nistor, 2020).

Сапонините се биоактивни соединенија што ги произведуваат растенијата и во цвеклото се присутни 11 тритерпеноидни сапонини. Секој од сапонините содржи деривати на олеанолна киселина (Mroczek et al., 2012). Содржината на сапонини во различна храна на база на цвекло се движи од 2 599,00 до 8 648,00 mg/100 g (Baião et al., 2020). Сапонините имаат ефект на намалување на холестеролот во плазмата кај луѓето и се важни за намалување на ризикот од многу хронични болести. Покрај тоа, тие покажуваат силни цитотоксични ефекти против клеточните линии на ракот (Singh et al., 2017).

2.11 Здравствени бенефити од консумација на цвекло

Цвеклото е функционална храна која содржи различни биоактивни соединенија како фолна киселина, аскорбинска киселина, каротеноиди, беталаини, калциум, магнезиум, калиум, натриум и диететски влакна, кои делуваат синергистички (Georgiev et al., 2010).

Биоактивните компоненти во цвеклото имаат широк спектар на здравствени придобивки како: антиоксиданси, антидепресиви, антимутагени, антиканцерогени, антихипертензивни, антихиперхолестеролемични, антихипергликемични, хематопоетски, антибактериски, антиинфламаторно, антинефротоксичност, хепатопротективно, антипролиферативно, имуномодулаторно и дејствуваат како диуретик (Ceclu & Nistor, 2020).

Кардиоваскуларните болести се препознаваат како главна причина за смрт во последната деценија (Lozano et al., 2012). Интервенциите на начинот на живот и исхраната можат да спречат атерогенеза и да го намалат ризикот од срцеви

заболувања (Bahrami et al., 2022). Цвеклото е богато со неоргански нитрати (NO_3^-) и нитрити (NO_2^-) кои претставуваат биолошки активни соединенија со изразена антиоксидативна функција. Овие соединенија делуваат како неутрализатори на слободните радикали, со што придонесуваат кон спречување на оксидацијата на биолошки молекули (Srivastva & Singh, 2017). Нитратите, по нивната редукција во нитрити, се вклучуваат во таканаречената ентеросаливарна NO_3^- – NO_2^- /NO патека, преку која се синтетизира азот моноксид (NO), молекула со клучна улога во васкуларната хомеостаза и кардиоваскуларната заштита (Bahrami et al., 2022).

Мета-анализа на Bahadoran et al. (2017) од рандомизирани клинички испитувања (2009–2017) покажала дека конзумацијата на сок од цвекло значајно го намалува систолниот ($-3,55$ mm Hg) и дијастолниот крвен притисок ($-1,32$ mm Hg) кај лица во мирување, споредено со контролни групи. Цвеклото како извор на полифеноли, флавоноиди, нитрати и други корисни хранливи материи, може да обезбеди холистички средства за спречување на канцер и несакани ефекти поврзани со хемотерапијата (Tan & Hamid, 2021). Кај 76-годишен пациент со β -клеточна хронична лимфоцитна леукемија (B-CLL), сокот од цвекло и морков бил користен како дополнение на хемотерапијата со хлорамбуцил. По 45 дена, биле забележани подобрување на апетитот, општата состојба и енергијата, како и значително намалување на леукоцитите и лимфоцитите, со подобрување на биохемиските параметри (Shakib et al., 2015). Од страна на Lee et al. (2014), оценета е *in vitro* цитотоксичност на канцерогените клетки со користење на 3-(4,5-диметилтиазол-2-ил)-2,5-дифенил тетразолиум бромид на клетките HepG2 по изложување на бетанин и бетаин во концентрации кои се движат од 0 до 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ и од 0 до 800 $\mu\text{g}/\text{mL}$ за време од 48 часа, соодветно. Бетанинот резултирал со инхибиција од 49% на клеточната пролиферација на HepG2 на 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Бетаинот, исто така, допринел за 25% инхибиција при 800 $\mu\text{g}/\text{mL}$, што значи повисока цитотоксичност на бетанинот во споредба со бетаинот.

Во *in vivo* студија со глувци докажано е дека цвеклото е богато со антиоксидантни состојки и има заштитен ефект во однос на оксидативниот стрес. Диметилнитрозамин (NDEA) е индуктор кој предизвикува оштетување на црниот дроб. По инјектирање на NDEA на глувци кои биле долгорочно хранети со сок од цвекло Krajka-Kuźniak et al. (2012), откриле дека сокот од цвекло спречува системско оштетување на црниот дроб, преку зголемување на ензимската активност во фаза I и фаза II. Покрај заштитата на црниот дроб, цвеклото има

заштитно дејство и на бубрезите. Взаемното дејство на етанолен екстракт од цвекло и гентамицин покажале обратен ефект, односно ја намалиле експресијата на TNF- α , IL-6, p65 во јадрото и ја намалиле активноста на врзувањето на NF- κ B-DNA, миелопероксидаза азотен моноксид кај стаорци (Iahtisham-Ul-Haq et al., 2019). Ефектот на цвеклото против токсичноста на црниот дроб и бубрезите, иницирана од лекови се припишуват на неговите антиинфламаторни, антиоксидантни и анти-апоптозни својства (Albasher et al., 2020).

Анемијата е честа кај трудниците. Истражувања покажуваат дека сокот од цвекло ја подобрува крвната слика: кај 34 трудници, хемоглобинот се зголемил од 9,75 на 10,7 g/dL (Silitonga & Hayati, 2024). Во друго испитување, интервентната група што примала таблети железо и сок од цвекло имала повисок пораст на хемоглобинот (од 6,33 на 11,20 g/dL) во споредба со контролната група што примала само железо (од 6,93 на 4,80 g/dL) (Khairiah & Butar-Butar, 2023).

2.12 Подобрување на функционалноста на млечните производи со додавање на цвекло

Зголемената свест на потрошувачите за здравствените придобивки од храната резултира со развој на таканаречената функционална храна или производи со додадена вредност.

Додадената вредност на храната се однесува на нејзините позитивни ефекти врз здравјето, како што се превенција или лекување на болести, покрај основната хранлива вредност. Овие ефекти се особено корисни за подобрување на здравјето и за намалување на трошоците за медицинска нега (Anastasova et al., 2018). Цвеклото е едно од намирниците кое има широка примена во прехранбената индустрија, како природна боја или компонента за збогатување на производот (Mudgal et al., 2022). Широката примена на цвеклото, пред сè, се должи на неговата добра растворливост и нетоксичност (Ceclu & Nistor, 2020) и неговиот состав кој вклучува низа биоактивни компоненти со изразени позитивни здравствени ефекти (Razzak et al., 2024).

Во последната декада истражувачите се насочени кон истражување на влијанието на додаденото цвекло, како и карактеристиките на новиот производ. Најголем број од овие истражувања се во делот на кондиторските производи, производите од месо и пијалоците (Ingle et al., 2017; Alshehry et al., 2021; Aykin-

Dinçer, et al., 2021; Baycar et al., 2021; Munekata, et al., 2021; Lazăr et al., 2022; Tikhii et al., 2022; Mitrevski et al., 2023; Farhan et al., 2024).

Од млечните производи најчесто истражуван производ е јогуртот (Kumar & Ramasamy, 2016; Dabija et al., 2019; Abdo et al., 2023; Ahmed et al., 2025). Според Adjei et al. (2024), оптимални формулации на јогурт се добиле со додавање на 2,03% пире од цвекло по инкубација од 2,5 часа. Додавањето на екстракт од цвекло значително ја зголемува антиоксидативната активност на јогуртот (Flores-Mancha et al., 2021b). Највисоката антиоксидативна активност била забележана по 14 дена кај јогуртот со додаден сок од цвекло (ABTS' 0,819 mM TE/100 g и DPPH' 0,343 mM TE/100 g), во однос на контролата на 14-тиот ден (ABTS' 0,526 mM TE/100 g и DPPH' 0,094 mM TE/100 g) (Flores-Mancha et al., 2021a). Во примерок мешавина од 50 mL јогурт + 50 mL сок од цвекло содржината на минералите била: магнезиум 0,40 mg/100 mL, калциум 63 mg/100 mL, натриум 1,6 mg/100 mL, калиум 15 mg/100mL и витамин Ц 15,0 mg/mL, во споредба со контролата магнезиум 0,20mg/100 mL, калциум 77 mg/100 mL, натриум 1 mg/100 mL, калиум 14 mg/100 mL и витамин Ц 7,15 mg/mL (Damunipola et al., 2014). Зголемувањето на содржината на минерални материи во грчки јогурт, како резултат на аплицирање на сируп од цвекло го потврдуваат и de Oliveira et al., (2024). Додавањето на беталаини во сирење немало големо влијание врз содржината на масти, pepел и pH-вредност (Setiaji et al., 2019), но ја намалило содржината на протеини (Prudencio et al., 2008). Junqueira-Goncalves et al., (2011) предлагаат да се користи гама-зрачено цвекло во прав со дози на зрачење од 4,0 и 5,0 kGy за ефикасно микробиолошко зачувување на екстрактот, кој потоа може да се користи во крем сирење. Други автори како што се Ashraf et al., (2022), Evstigneeva et al., (2017), Ateteallah et al., (2019) ги испитувале можностите на апликација на цвекло во млеко и сладолед, додека Kamate & Padghan, (2018), ги разгледувале сензорните карактеристики на напиток од сурутка збогатен со цвекло.

3. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

3.1 Дефинирање на проблемот на истражување

Целта на истражувањето од докторската дисертација е формулација и производство на иновативни функционални млечни производи, албуминско сирење збогатено со органско цвекло во прав и утврдување на неговите нутритивни, функционални и сензорни својства.

Тргувајќи од фактот дека бојата е еден од клучните фактори за прифатливост на производите од страна на потрошувачите, додавањето на природна боја во албуминското сирење ќе го направи попримамливо, особено за помладата генерација. Со додавањето на органско цвекло во прав во албуминското сирење, не само што ќе се постигне природно обојување на производот туку дополнително ќе се подобри неговиот нутритивен и антиоксидативен потенцијал поради содржината на беталаини и феноли.

Стабилноста на бојата (розева боја) и биоактивните компоненти како фенолите и беталаините кои, главно, потекнуваат од додаденото органско цвекло во прав во периодот на складирање се под влијание на низа фактори како: количината на додадено цвекло во прав, адитивите кои се присутни во храната, содржината на вода, активноста на водата (a_w), условите на складирање, присуството на кислород и светлина, а особено рН-вредноста на храната и топлотната обработка.

Микробиолошка стабилност - албуминското сирење (урда) е со неутрална рН-вредност, висока содржина на вода и активитет на вода (a_w), како и ниска содржина на сол, што го вбројува во млади меки сирења со краток рок на траење. Ова е причина албуминските сирења да се погоден медиум за развој на патогени микроорганизми, особено на мезофилните и психротрофните бактерии, мувли, квасци како и бактерии од родот *Enterobacteriaceae*. Врз микробиолошката стабилност на иновативниот функционален производ влијае и додаденото органско цвекло во прав, што го поттикнува развојот на квасци и мувли.

Сензорна прифатливост - Еден од најголемите проблеми кај новите иновативни функционални производи е сензорната прифатливост од страна на потрошувачите и влијанието на додадените компоненти, во случајот влијанието на органското цвекло во прав врз сензорните својства на албуминското сирење.

3.2 **Работна хипотеза**

Во контекст на глобалните напори за зголемување на одржливоста во земјоделско-прехранбениот сектор преку примена на концептот на циркуларна економија, се предвидува ефикасно искористување на нуспроизводите со висока додадена вредност во синцирот на снабдување со храна. Овие практики не само што придонесуваат кон создавање на процеси со „нула отпад“ туку и отвораат нови можности за развој на иновативни и функционални прехранбени производи.

Интеграцијата на органско цвекло во прав, богато со природни пигменти и биоактивни соединенија, во формулацијата на албуминско сирење (урда) произведено од сурутка, ќе резултира со финален производ со подобрени сензорни својства, зголемена нутритивна вредност и антиоксидативен потенцијал.

Се очекува дека збогатувањето со различни концентрации на цвекло во прав (2,5%, 5,0% и 7,5%) ќе овозможи идентификација на оптималната формулација со најдобар баланс помеѓу сензорна прифатливост, стабилност на функционалните компоненти и визуелна атрактивност на албуминското сирење за време на складирањето. На тој начин, истражувањето има за цел не само да ја унапреди вредноста на албуминското сирење туку и да придонесе кон одржливо искористување на сурутката како нуспроизвод и нејзино вклучување во нови функционални производи.

4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

4.1 Материјали на истражување

За потребите на овој докторски труд, беа анализирани примероци од албуминско сирење збогатени со различни концентрации на органско цвекло во прав. Како основен материјал за производство на албуминското сирење користена е сурутка, нуспроизвод од процесот на производство на бело саламурено сирење во млекарата „Маврово“ село Ижиште, Кичевско. Органското цвекло во прав, кое беше користено за збогатување на албуминското сирење, комерцијално е достапно и обезбедено од производителот „We are one“, Србија.

4.2 Методи на истражување

Експерименталниот дел од истражувањето беше поделен на три фази. Во првата фаза беа вклучени анализите на суровините кои се користеа во истражувањето (сурутка и органското цвекло во прав), во втората фаза, беше дефинирана формулацијата и спроведено производството на албуминското сирење збогатено со органско цвекло во прав од (2,5%; 5,0% и 7,5%), и во третата фаза беа вклучени анализите на албуминско сирење (контролен примерок и примероците од албуминско сирење кои беа збогатени со различна количина на органско цвекло во прав).

4.2.1. Прва фаза - анализа на суровините

Во првата фаза извршени се физичко-хемиски анализи на сурутката, и тоа: одредување на содржината на протеини, масти, шеќери, јаглехидрати, лактоза, вода, сува материја, пепел, сол, есенцијални минерали, масни киселини, активитет на вода (a_w), титрациона и активна киселост (pH).

Со анализите на органското цвекло во прав кое е користено за збогатување на албуминското сирење беа опфатени следните физичко-хемиски параметри: протеини, масти, шеќери, јаглехидрати, сол, содржина на вода, содржина на сува материја, пепел, активитет на вода (a_w), киселост, активна киселост (pH), есенцијални минерали, диететски влакна. Дополнително беше определена содржината на биоактивните компоненти присутни во органското цвекло во прав

(беталаини, вкупни феноли и антиоксидативен потенцијал). Со микробиолошки анализи на сурутката и органското цвекло во прав определен е бројот и присуството на: *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacteriaceae*, квасци, мувли, коагулаза позитивни стафилококи и колиформни бактерии.

4.2.2. Втора фаза - производство на албуминско сирење

Примероците на албуминското сирење од сурутка произведени се во индустриски услови во млекара „Маврово“. Процесот на производство е претставен на слика 1.

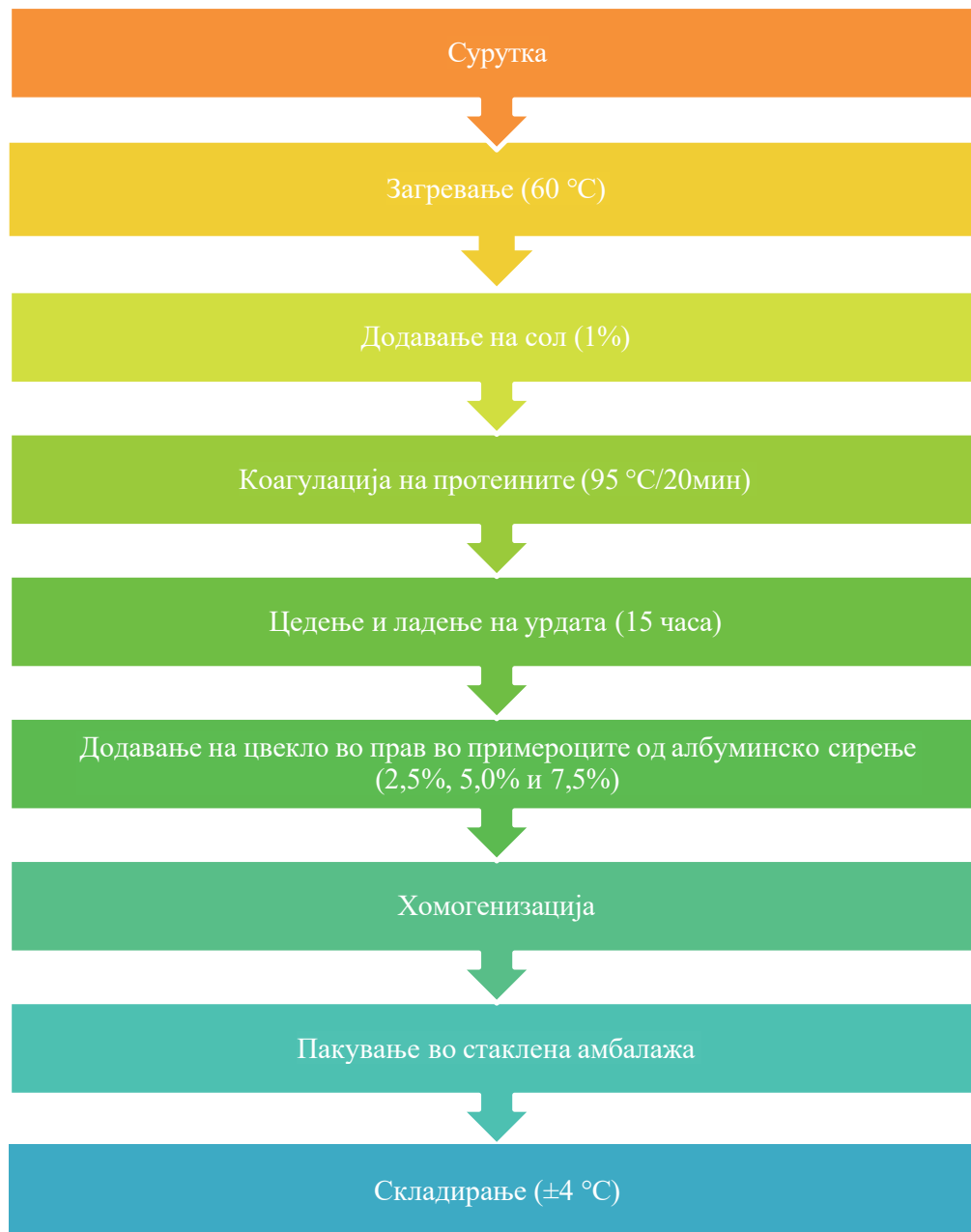
Сурутката (нуспроизвод од производството на бело саламурено сирење) со рН-вредност од 5,5 се загрева во дупликатор до температура од 60°C. По постигнување на оваа температурата се додава сол во количество од 1%, во однос на вкупната количина на сурутка. Потоа, загревањето продолжува до постигнување на температура од 95°C при која доаѓа до интензивна коагулација на сурутките протеини и нивно издвојување на површината во период од 20 минути. По завршување на процесот на коагулација на протеините, целата количина на сурутка (цвика) се испушта од дупликаторот, а коагулираните протеини (урда) се префрлаат на платнена цедилка, каде се цедат околу 15 часа.

За припрема на примероците користено е по 2 kg од албуминското сирење, на кое е додадено предвиденото количество на органско цвекло во прав од 2,5%, 5,0% и 7,5%, со исклучок на контролниот примерок. Примероците со додадено цвекло во прав, добро се хомогенизирани, за да се добие еднолична проба.

Произведени се четири видови албуминско сирење од сурутка, збогатени со различно количество цвекло во прав:

- Албуминско сирење без додадено цвекло во прав, контролен примерок (АСК).
- Албуминско сирење збогатено со 2,5% органско цвекло во прав (АС1).
- Албуминско сирење збогатено со 5,0% органско цвекло во прав (АС2).
- Албуминско сирење збогатено со 7,5% органско цвекло во прав (АС3).

Сите произведени примероци албуминско сирење до испитувањето се чувани на температура од $\pm 4^{\circ}\text{C}$.



Слика 1. Дијаграм на тек на производство на албуминско сирење од сурутка, со различно количество цвекло во прав

4.2.3. Трета фаза – анализа на албуминските сирења

4.2.3.1. Физичко – хемиски анализи на албуминските сирења

Промените на физичко-хемиските карактеристики на албуминските сирења (содржина на протеини, масти, шеќери, јаглехидрати, лактоза, сол, вода,

сува материја, пепел, активитет на вода (a_w), киселост, активна киселост (pH), боја, содржина на нитрати) беа следени на 1-от, 3-от, 7-от, 10-от ден од складирањето. Промените на содржината на диететски влакна, маснокиселински профил и есенцијални минерали е определена на 1-от и 10-от ден од складирањето.

Анализата на биоактивни компоненти на албуминските сирења, како содржина на беталаини, вкупни феноли и антиоксидативен потенцијал е направена на 1-от, 3-от, 7-от, 10-от ден од складирањето.

Микробиолошкиот квалитет на произведените албумински сирења со различна содржина цвекло во прав (определување на *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacteriaceae*, квасци, мувли, коагулаза позитивни стафилококи и колиформни бактерии) е следен на 1-от, 3-от, 7-от, 10-от ден од складирањето.

Сензорната анализа на произведените албумински сирења со различна содржина цвекло во прав е направена на 1-от и 10-от ден од складирањето.

4.3 Методи за физичко-хемиски анализи на суровините и албуминските сирења

Анализите за физичко-хемиските карактеристики на суровините (сурутката и органско цвекло во прав), како и на контролните примероци албуминско сирење АСК и збогатените албумински сирења со органско цвекло во прав АС1, АС2 и АС3 изработени се во акредитираната лабораторија „ПРОАНАЛИЗ“ - Струмица, во лабораторијата на Технолошко-технички факултет – Велес, Институт за јавно здравје на РСМ, Скопје, ЈЗУ „Центар за јавно здравје“, Велес и Технички Универзитет во Софија, Колеџ – Сливен, Бугарија.

Анализата на **протеини** е вршена според акредитираниот метод: МКС EN ISO 8968-3:2011 TS EN ISO 8968-4:200, **масните** се анализирани по акредитираниот метод: МКС EN ISO 2450:2010 TS EN ISO 8968-1:2014. Анализата на заситени масти во органско цвекло во прав е работена според акредитираниот метод TS EN ISO 12966-1/ TGK 2014/53.

Содржината на **шеќери** во суровините и примероците албуминско сирење е одредена според методот претставен во Правилникот за начинот и постапката за земање примероци, начин и методи на вршење на лабораториски анализи на

храната за животни, Сл. Весник на РМ бр.151/12. Содржината на *јаглехидратите* е добиена пресметковно според методот : FAO Food and nutrition paper 77- Food Energy – Methods of Analysis and conversion factors, односно според разликата: 100 – (тежина во грамови [протеини + масти + вода + пепел + алкохол] во 100 g храна), додека *лактозата* според акредитираниот метод : ISO 22662-2024. Содржината на сол е утврдена според акредитираниот метод : TS 1747-1 ISO 1841-1:1996.

Содржината на *влага и сува материја* во суровините и примероците албуминско сирење се утврдени според методот МКС 1743 ISO 1442:2024, додека содржината на *пепел-* според акредитираниот метод TS 1746 ISO 936:2022.

Титрациската киселост е определена според акредитираниот метод TS 1125 ISO 750, додека *активна киселост (pH)* е утврдена според акредитираниот метод МКС EN ISO 2917:2021.

Анализата за утврдување на *активноста на водата (a_w)* во суровините (сурутка, органско цвекло во прав) и примероците на албуминско сирење (АСК, АС1, АС2 и АС3) изведена со помош на a_w - метар, LabTouch-aw (Novasina, Switzerland).

Определувањето на вкупните *диететски влакна* во органското цвекло во прав и збогатените примероци на албуминско сирење АС1, АС2 и АС3 е според акредитираниот метод АОАС 985.29.

Есенцијалните минерали во суровините и примероците на албуминско сирење се определени на инструмент Optima 2000 DV ICP-Emission Spectrometer. Припремата на примерокот вклучува, жарење на 10g примерок на 450°C во печка за жарење за време од 8 часа. По ладењето се додава 1-3 mL дестилирана вода, се испарува во водена бања и повторно се жари на 450°C за време од 1 до 2 часа. Примерокот повторно се лади и се додава 5 mL 65% HNO₃, и повторно се испарува на водена бања. Сувиот примерок се раствора до 25 mL со 0,1 M HNO₃, по што следи определувањето на есенцијалните минерали со помош на ICP-емисионен спектрометар.

Определувањето на *маснокиселинскиот* профил на сурутката и примероците од албуминското сирење е изведено на гасен хроматограф со пламено јонизациски детектор (SHIMADZU GC-2010 Plus со FID детектор) со колона SUPELCO SP-2380, 60 m; 0,25 mm i.d., df = 0,2 µm.

Определувањето на боја е извршено со помош на компјутерска обработка на слики (Lukinas Šačić, 2012; Nakov et al., 2019). Методот кој е користен вклучува неколку чекори, и тоа:

1. дигитализација на примероците;
2. обработка и анализа на дигиталните слики со помош на компјутерска програма;
3. конвертирање на резултатите од RGB во CIE $L^*a^*b^*$ модел.

4.4 Анализа на биоактивни компоненти во суровина (органиско цвекло во прав) и албуминските сирења

Беталаини, вкупни феноли и антиоксидативен потенцијал на органското цвекло во прав и албуминското сирење се определени со спектрофотометриски методи со употреба на спектрофотометар LLG-uni SPEK 1 UV/VIS во производство на LLG Labware - Германија. Определувањето на содржината на биоактивните компоненти во цвеклото во прав и албуминските сирења со различна содржина цвекло во прав, вклучуваат неколку чекори: подготовка на примероците, спектрофотометриско мерење на определена бранова должина и пресметка на отчитаните вредности.

4.4.1. Определување на содржината на беталаини

За подготовка на супернатантот кој се користеше за определување на содржината на беталаини, користено е 0,2 g цвекло во прав и 10 g од албуминското сирење со различна содржина на цвекло во прав. Изваганите количества со точност $\pm 0,001$ се префрлени во ерленмаерова колба од 200 mL во која е додадено 20 mL 50% етанол. Отворот на колбата е затворен со парафилм, со цел да се спречи испарување на користениот органски растворувач. Така подготвените примероци се хомогенизирани со помош на ротационен тресач за време од 30 минути. По истекот на времето за хомогенизација, целата содржина се префрла во епрувети за центрифугирање, кои се центрифугирани на 4000 rpm за време од 45 минути. По истекот на времето за центрифугирање, супернатантот се одделува и понатаму во постапката за определување на содржината на беталаини се работи со него.

Определување на содржината на беталаини е според методот претставен од страна на Giusti (2001) и Tumbas et al., (2016). Анализата за определување на содржината на беталаини вклучува подготовка на 0,05 М фосфатен пуферен раствор со рН 6,5. Фосфатниот пуферен раствор се употребува како слепа проба за мерењата кои се на бранова должина од 535 nm за определување на бетанин, 476 nm за вулгасантин-I, додека добиените вредности од мерењата на 600 nm се користат за корекција. Подготовката на супернатантот вклучува негово разредување со помош на фосфатниот пуферен раствор до степен кога добиените вредности од мерењето на 538 nm бидат во опсег од 0,4 до 0,5. Вака разредените примероци се мерат на 535 nm, 476 nm и 600 nm, по исчитување на вредностите се пристапува кон пресметка.

Пресметката на исчитаните вредности е според емпириски формули. Пресметувањето на бетацијанините е преку добиената вредност од апсорбанцата на бетанин, додека бетаксантините се пресметуваат според вредностите добиени од апсорпцијата на вулгасантин-I, со помош на следниве формули:

$$x = 1,095 \times (a - c) \quad (1)$$

$$y = b - z - x/3,1 \quad (2)$$

$$z = a - x \quad (3)$$

Каде што:

a - апсорбанца на 538 nm,

b - апсорбанца на 476 nm,

c - апсорбанца на 600 nm,

x - апсорбанца на бетанин коригирана за обоени нечистотии,

y - апсорбанца на вулгасантин-I коригирана за обоени нечистотии,

z - апсорбанца на нечистотии.

Концентрациите на бетанин и вулгасантин-I во екстрактот од органско цвекло во прав и албуминско сирење збогатено со органско цвекло во прав се пресметани со помош на следната формула:

$$C \text{ (mg/100 mL)} = x(y) \times F \times 1000/A1\% \quad (4)$$

Каде што F е фактор на разредување, A1 % е коефициент на апсорпција

(1120 за бетанин, 750 за вулгаксантин-I).

Содржината на бетацијанини е изразена како mg еквиваленти на бетанин на 100 mL (mg VE/100mL), а содржината на бетаксантин е изразена како mg вулгаксантин-I еквиваленти на 100 mL (mg VE/100mL).

Вкупната сорджина на беталаини е пресметана како сума од бетацијанини и бетаксантини.

4.4.2. Определување на вкупни феноли во органското цвекло во прав и примероците од албуминските сирења

За определување на вкупните феноли и антиоксидантниот потенцијал беше користено 0,2 g од цвеклото во прав и по 10 g од албуминските сирења со различна содржина на цвекло во прав. Изваганите количества со точност $\pm 0,001$ се префрлени во ерленмаерова колба од 200 mL во која е додадено 20 mL 50 % етанол. Отворот на колбата е затворен со парафилм со цел да не се спречи испарување на користениот органски растворувач. Така подготвените примероци се хомогенизирани со помош на ротационен тресач за време од 30 минути. По истекот на времето за хомогенизација, целата содржина е префрлена во епрувети за центрифугирање, кои се центрифугирани на 4000 rpm за време од 45 минути. По истекот на времето за центрифугирање супернатантот се одделува и понатаму во постапката за определување на вкупните феноли и антиоксидативниот потенцијал се работи со него.

Определувањето на вкупни феноли е според методот на Nakov et al. (2023), со одредени модификации. Со помош на автоматска пипета се пипетира по 0,1 mL од супернатантот и се префрла во епрувета во која се додава 0,2 mL 50 % етанол и 1,5 mL Folin-Ciocalteu (1:10), се промешува содржината на вортекс, по што се остава да стои 5 минути. Потоа се додава 1,5 mL 6 % раствор на Na_2CO_3 , повторно се хомогенизира со помош на вортекс и пробата се остава да стои на темно за време од 90 минути. Мерењето на апсорбанцата за вкупни феноли е на бранова должина од 760 nm. Како слепа проба се користеше 50 % етанол + 1,5 mL Folin-Ciocalteu (1:10) + 1,5 mL 6 % раствор на Na_2CO_3 . Резултатите за вкупните феноли се претставени како mg гална киселина на 100 g производ. Пресметката на вкупните феноли е направена според калибрациска крива ($y=2,4563x+0,1269$; $R^2=0,9924$).

4.4.3. Определување на антиоксидативен потенцијал на органското цвекло во прав и примероците од албуминско сирење

Определувањето на антиоксидативниот потенцијал на цвеклото во прав и албуминското сирење е вршено според методот на Nakov et al. (2023). Се питетира 0,2 mL од претходно подготвениот супернатант во епрувета во која се додава 3,9 mL 0,1 mM раствор на 2,2-дифенил-1-пикрилхидразил (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)). Пробата се хомогенизира на вортекс и се остава да стои на темно за време од 30 минути. Како слепа проба за ова мерење се користи 0,1 mM раствор на DPPH. Мерењата на апсорбанцата е на бранова должина од 517 nm. Додека пресметката е според следната формула:

$$\% \text{ на инхибиција} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \quad (5)$$

Каде што:

A_0 - Апсорбанца на 0,1 mM раствор на DPPH,

A_1 – Апсорбанца на пробата.

4.5 Пресметка на енергетска вредност, диететски влакна, сол, цинк и железо

Енергетската вредност е пресметана користејќи Атватерови фактори (9 kcal/g за масти, 4 kcal/g за јаглехидрати и протеини, и 2 kcal/g за диететски влакна). Дневните потреби (%) за протеини, масти, јаглехидрати и диететски влакна се пресметани преку консумација на 100 g албуминско сирење, според препорачаната дневна количина од 2000 kcal, со 55% јаглехидрати, 30% масти и 15% протеини. Диететските влакна се пресметани врз основа на препорачана дневна количина од 25 g. Содржината на сол е според препораката на СЗО (WHO, 2022)¹⁰ од 5 g дневно. Дневните потреби за цинк и железо се пресметани според препораките на (Mahan & Raymond 2017). Пресметки се направени врз основа на средна вредност од 1-от и 10-от ден на складирање.

4.6 Микробиолошка анализа

¹⁰ <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction#.X6R3-UY1>

За утврдување на микробиолошкиот квалитет на користените суровини (сурутка и органско цвекло во прав), како и на примероците од албуминското сирење, анализирано е присуството на: *Escherichia coli* (МКС ISO 16649-1:2008), *Listeria monocytogenes* (МКС EN ISO 11290-1:2018), *Enterobacteriaceae* (МКС EN ISO 21528 -2:2017), квасци (МКС ISO 21527-1:2008), мувли (МКС ISO 21527-1:2008), коагулаза позитивни стафилококи (МКС EN ISO 6888-1:2008) и колиформни бактерии (ISO 4832:2006).

4.7 Сензорна анализа

Сензорната анализа на примероците од албуминско сирење (АСК, АС1, АС2 и АС3) е спроведена според системот на бодување коригиран петобален бод, според Radovanovic & Popov-Raljić (2000/2001), од 15 оценувачи од различен пол и различна возрасна категорија. Испитувањето на сензорните карактеристики опфаќаат: изглед, боја, вкус, мирис, конзистенција на албуминско сирење со различна содржина цвекло во прав. Во табела 4 е претставена сензорна карта за оценка на албуминските сирења со различна содржина на цвекло во прав.

Табела 4. Сензорно оценување на албуминските сирења со различна содржина на цвекло во прав

ПОКАЗАТЕЛ НА КВАЛИТЕТОТ	CV	ПРИМЕРОК АСК		ПРИМЕРОК АС1		ПРИМЕРОК АС2		ПРИМЕРОК АС3	
		ОЦЕНКА	КОРЕКЦИЈА	ОЦЕНКА	КОРЕКЦИЈА	ОЦЕНКА	КОРЕКЦИЈА	ОЦЕНКА	КОРЕКЦИЈА
ИЗГЛЕД	4								
БОЈА	5								
ВКУС	5								
МИРИС	3								
КОНЗИСТЕНЦИЈА	3								
ОПШТА ОЦЕНКА	Σ 20								
ЗБИР НА ОЦЕНКИ									
ПОНДЕРИРАНА СРЕДИНА									
% ОД МАХ МОЖЕН КВАЛИТЕТ									

За секое од испитуваните својства е определен коефициент на важност. Оценуваните својства се вреднувани со оценки од 1 до 5. Оцената за секое својство е помножена со коефициентот на важност, а нивниот збир изразен во проценти (%) означува процент од максималниот можен квалитет. Кога оваа вредност ќе се подели со збирот на коефициентот на важност ($\Sigma=20$), се добива пондерирана средна вредност, односно општа оценка на квалитетот на испитуваните примероци.

Категоризацијата на општата оценка за квалитет е направена според Германскиот стандард за сензорна проценка (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft-DLG) според кој, испитуваните производи се категоризираат во неколку групи (табела 5) (Nakov et al., 2018).

Табела 5. Категоризацијата според германскиот стандард за сензорна проценка

Германски стандард за сензорна проценка	
Квалитет	Оцена
Производ со одличен квалитет	од 4,50 од 5,00
Производ со многу добар квалитет	од 3,50 до 4,50
Производ со добар квалитет	од 2,50 до 3,50
Производ кој не ги исполнува барањата за квалитет	< 2,5

4.8 Статистичка обработка на резултати

Резултатите од истражувањето се претставени како средни вредности добиени од три повторени мерења. Сензорната оценка на албуминските сирења со различен процент цвекло во прав е изведена врз основа на просечните резултати од 15 обучени испитаници. За визуализација на податоците и за статистичка анализа на значајност на разликите меѓу примероците, применети се ANOVA анализа и Fisher LSD тест ($p < 0,05$), со користење на софтверските алатки XLSTAT 2019 и Microsoft Office Excel 2019.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1 Физичко-хемиски карактеристики на сурутката и органското цвекло во прав

Резултатите од испитувањата на физичко-хемискиот состав на употребената сурутка за производство на албуминските сирења и органското цвекло во прав, прикажани се во табела 6.

Табела 6. Физичко-хемиски карактеристики на кравјата сурутка за производството на албуминските сирења и органското цвекло во прав

Испитувани параметри	Сурутка	Органско цвекло во прав
Протеини (%)	0,95±0,07	14,05±0,07
Масти (%)	0,07±0,00	0,47±0,00
Шеќери (%)	4,80±0,00	65,00±0,00
Јаглехидрати (%)	5,20±0,14	82,50±0,00
Лактоза (%)	4,70±0,00	/
Диететски влакна (%)	/	24,17±0,01
Сол (%)	0,25±0,07	0,64±0,01
Влага (%)	95,37±0,25	2,01±0,06
Сува материја (%)	4,63±0,25	98,00±0,06
Пепел (%)	0,90±0,00	1,31±0,24
Активитет на вода	0,98±0,00	0,33±0,00
Киселост (%)	0,10±0,00	0,10±0,00
pH	5,95±0,07	5,15±0,07

Од прикажаните резултати во табела 6, може да се види дека кравјата сурутка содржи: сува материја 4,63±0,25%, протеини 0,95±0,07%, масти 0,07±0,00%, шеќери 4,80±0,00%, јаглехидрати 5,20±0,14%, лактоза 4,70±0,00%, NaCl 0,25±0,07%, влага 95,37±0,25%, пепел 0,90±0,00%, и се карактеризира со a_w 0,98±0,00, титрациска киселост 0,10±0,00 и pH-вредност од 5,95±0,07.

Според Eugster et al. (2000), сурутката добиена од производството на казеинско сирење содржела 6,5–6,8% сува материја. Содржината на состојките во сувата материја изнесувала: лактоза 5,0–5,2%, пепел 0,4–0,5%, масти 0,2–0,5%, протеини 0,4–0,5% и други азотни материи 0,15–0,20%.

Во сурутката добиена од производство на бело саламурено кравјо сирење користена од страна на Chadikovski et al. (2022), е определено 6,56% сува материја, 0,23% масти, 0,67% протеини и рН-вредност од 6,14. Сувата материја кај слатката сурутка се движела во границите од 6% до 7%, а нејзината варијација се должела на доденото количество сол при производството (Alsaed et al., 2013). Сепак, најголем дел од сувата материја во сурутката ја сочинувала лактозата (Bendelja et al., 2023) и таа се движела во граница од 46 g/L до 52 g/L (Pires et al., 2021b). рН-вредноста на слатката сурутка добиена од производство на сирење со сириште како коагулант се движела во границата од 6,0 до 7,0 (Malos et al., 2025). Според Alsaed et al. (2013), на содржината на сол во сурутката влијае додадената сол во текот на производство на сирењето.

Хемискиот состав на сурутката е променлив, во зависност од повеќе фактори како: начинот на хранење на животните, периодот на лактација, квалитетот на употребеното млеко и технологијата на производство на сирењето (Casper et al., 1998; Kalevska et al., 2018). Кравјата сурутка добиена од производство на моцарела се карактеризирала со следните параметри: масти 0,59 g/100g, протеини 1,23 g/100 g, лактоза 4,85 g/100 g, сува материја 7,57 g/100 g и рН-вредност од 5,84 (Fretze, 2024). Сурутката од производство на чедар сирење содржела: вкупни суви материи 6,69%, лактоза 4,76%, протеини 0,91%, пепел 0,54% и 0,33% масти. Сурутката добиена од производство на сирење гауда содржела: 6,57% вкупни суви материи, 4,69% лактоза, 0,88% протеини, 0,52% пепел и 0,26% масти (Johansen et al., 2002).

Органското цвекло во прав кое во истражувањето е користено за збогатување на албуминските сирења содржи: протеини 14,05±0,07%, масти 0,47±0,00%, шеќери 65,00±0,00%, јаглехидрати 82,50±0,00%, диететски влакна 24,17±0,01%, сол 0,64±0,01%, влага 2,01±0,06%, сува материја 98,00±0,06%, пепел 1,31±0,24%, активитет на вода 0,33±0,00, титрациона киселост 0,10±0,00% и рН-вредност од 5,15±0,07 (табела 6).

Составот на цвеклото е променлив во зависност од сортата на цвеклото, но најчесто содржината на сувата материја во органско цвекло во прав е во зависност од начинот на сушење. Органското цвекло во прав од сортата „Jolie“ содржело 92,98% суви материи, кога е произведено со примена на конвенционално сушење, 95,42% суви материи со сушење со спреј- технологија и 93,28% суви материи кога е произведено со лиофилизација (Tarasevičienė et al., 2024). Во зависност од

технолошкиот процес или методот кој бил употребен за сушење на цвеклото, неговиот состав се движел во граници од: влага 10,00%, протеини 1,54%, масти 0,20%, редуцирачки шеќери 21,80%, pepел 5,26% и рН- вредност од 6,80 за цвекло сушено на сонце. Додека, лиофилизираното цвекло содржело влага 3,60%, протеини 1,96%, масти 0,28%, редуцирачки шеќери 21,30%, pepел 4,23% и рН- вредност од 5,9 (Bunkar et al., 2020).

Цвеклото во прав кое Mitrevski et al. (2023) го користеле за збогатување на бисквити во својот состав вклучувало: масти 0,59%, протеини 11,40%, шеќери 51,82%, јаглехидрати 77,41%, диететски влакна 19,90%, pepел 3,80% и влага 6,80%. Цвеклото во прав користено од Tikhii et al. (2022) за збогатување на крекери содржело протеини 9,80%, масти 0,70% и јаглехидрати 59,80%. Правот од лушпата на цвеклото се карактеризирала со следниов состав: влага 8,05%, pepел 6,51%, масти 0,59%, протеини 17,12%, јаглехидрати 67,73% од кои 33,10% диететски влакна (Constantin, et al., 2025).

Резултатите од маснокиселинскиот профил на органското цвекло во прав се прикажани во табела 7.

Табела 7. Маснокиселински профил на органското цвекло во прав

Масни киселини	Органско цвекло во прав (%)
Заситени масни киселини (SFA)	
Миристинска C14:0	3,84±0,02
Палмитинска C16:0	52,60±0,14
Стеаринска C18:0	19,30±0,01
Арахидинска C20:0	3,38±0,01
Лигноцеринска C24:0	4,16±0,02
Мононезаситени масни киселини (MUFA)	
Олеинска C18:1 n-9	14,25±0,21
Полинезаситени масни киселини (PUFA)	
Линолна C18:2 n-6	2,71±0,12

Гасната хроматографија е моќен инструмент за одвојување и идентификување на маснокиселинскиот профил, но, не е во можност целосно да ја одвои мешавината од масни киселини кои често се присутни во млечните производи, особено на масните киселини присутни во мали количини (на пр. маргаринска, сикозапентаеноична, докозапентаеноична, докозахексаеноична и арахидонска киселина) или доколку примерокот содржи мала содржина на масти

(Bergamaschi & Bittante, 2017). Поради ниската содржина на масти во сурутката од $0,07 \pm 0,00\%$ (табела 6), не е извршено раздвојување (детектирање) на масните киселини.

За разлика од сурутката, органското цвекло во прав содржи $0,47 \pm 0,00\%$ масти (табела 7), од кои заситени масни киселини (SFA) $83,27 \pm 0,07\%$, мононезаситени масни киселини (MUFA) $14,25 \pm 0,21\%$ и полинезаситени масни киселини (PUFA) $2,71 \pm 0,12\%$. Од заситените масни киселини во органското цвекло во прав најзастапена е палмитинска (C16:0) со $52,60 \pm 0,14\%$, потоа стеаринска (C18:0) $19,30 \pm 0,01\%$, лигноцеринска (C24:0) $16 \pm 0,02\%$, миристинска (C14:0) $3,84 \pm 0,02\%$ и арахидинска (C20:0) $3,38 \pm 0,01\%$. Од мононезаситените масни киселини (MUFA) во цвеклото во прав е застапена олеинската масна киселина со $14,25 \pm 0,21\%$, а од полинезаситените масни киселини (PUFA) линолната масна киселина со $2,71 \pm 0,12\%$ (табела 7).

Според Punia Bangar et al. (2023), во свежо цвекло заситените масни киселини се застапени со $0,027$ g од кои $0,026$ g припаѓале на палмитинска к-на, додека $0,01$ g на стеаринска к-на. Од мононезаситените масни киселини, олеинската киселина била застапена со $0,032$ g, а од полинезаситените масни киселини, линолната к-на со $0,005$ g.

Минералите имаат силен ефект врз производството на сирење, од нутритивна и технолошка гледна точка (ефикасност на коагулација, зацврстување на грушот, синерезис и задржување на хранливи материи во сирењето) (Stocco, Et al., 2021). Сурутката изобилува со минерални материи, особено со калциум кој е во добар сооднос со фосфорот, како и калиум кој е во добар сооднос со натриум. Сурутката, исто така, содржи хлор (Cl), бакар (Cu), цинк (Zn), железо (Fe), манган (Mn) и молибден (Mo) во траги кои го одржуваат клеточниот тонус, спречуваат висок крвен притисок, мозочен и срцев удар (Tomska et al., 2024). Сепак, нивната содржина во сурутката е под влијание на начинот на добивање на сурутката (ензимска или кисела), видот на сурутката (овча, кравја итн.) и во помала мера од минералниот профил на млекото (Amalfitano et al., 2024).

Содржината на есенцијални минерали во сурутката и во органско цвекло во прав е претставена во табела 8.

Табела 8. Содржина на есенцијални минерали во сурутката и органското цвекло во прав

Есенцијални минерали	Сурутка (ppm)	Органско цвекло во прав (ppm)
Макроминерали		
Натриум (Na)	0,38±0,01	2,34±0,01
Магнезиум (Mg)	0,07±0,01	1,42±0,01
Фосфор (P)	0,31±0,01	1,88±0,02
Калциум (Ca)	0,47±0,01	1,38±0,01
Калиум (K)	1,14±0,02	18,68±0,02
Микроминерали		
Цинк (Zn)	0,26±0,01	23,95±0,07
Бакар (Cu)	0,02±0,01	4,38±0,01
Железо (Fe)	2,33±0,01	51,35±0,07
Манган (Mn)	0,04±0,01	20,42±0,03

Според резултатите прикажани во табела 8, сурутката ги содржи следните макроминерали: K 1,14±0,02 ppm > Ca 0,47±0,01 ppm > Na 0,38±0,01 ppm > P 0,31±0,01 ppm > Mg 0,07±0,01 ppm. Од микроминералите сурутката содржи Fe 2,33±0,01 ppm > Zn 0,26±0,01 ppm > Mn 0,04±0,01 ppm Cu > 0,02±0,01 ppm. Од приложените резултати може да се види дека најзастапени макроелементи во сурутката се калиум, калциум и натриум, додека од микроелементите железо и цинк. Според Amalfitano et al. (2024), калиумот е единствениот минерал кој скоро подеднакво се распоредува од млекото во казеинското сирење и сурутката, додека магнезиумот, натриумот и фосфорот се позастапени во казеинското сирење за разлика од сурутката. Во кравја сурутка калциумот бил застапен со 0,06%, фосфор со 0,03% и магнезиум со 0,01% (Islam et al., 2021).

Во истражувањето на Amalfitano et al. (2024), содржината на есенцијалните макроминерали застапени во кравјата сурутка изнесувала: Na 225 mg/kg, Mg 48 mg/kg, P 287 mg/kg, S 99 mg/kg, K 962 mg/kg, Ca 216 mg/kg и есенцијалните микроминерали во содржина од Cr 0,01 mg/kg, Fe 0,21 mg/kg, Cu 0,02 mg/kg и Zn 0,16 mg/kg. Во сурутка од чедар сирење произведено во пролетниот период минералите во сурутката изнесувале: K 1,513 g/L, P 0,462 g/L, Ca 0,418 g/L, Na 0,383 g/L и Mg 0,081 g/L (Johansen et al., 2002). Во сурутка од мешано сирење произведено во млекарата „Идеал Шипка“ определени биле следните минерали: K

26,6 mmol/L, Ca 9,47 mmol/L, P 9,39 mmol/L, додека Fe било застапено во помала содржина од 11,74 $\mu\text{mol/L}$ (Tomska et al., 2024).

Како што е прикажано во табела 8, содржината на макроминерални материи во органското цвекло во прав изнесува: K 18,68 \pm 0,02 ppm, Na 2,34 \pm 0,01 ppm, P 1,88 \pm 0,02 ppm, Mg 1,42 \pm 0,01 ppm и Ca 1,38 \pm 0,01 ppm. Од микроминералите органското цвекло во прав содржи: Fe 51,35 \pm 0,07 ppm, Zn 23,95 \pm 0,07 ppm, Mn 20,42 \pm 0,03 ppm и Cu 4,38 \pm 0,01 ppm. Од приложените резултати може генерално да се констатира дека есенцијалните микроминерали се застапени во поголема содржина од макроминералите, особено содржината на железо, цинк и манган.

Високата содржина на микро и макроминерали во цвеклото ја оправдуваат неговата употреба како додаток во исхраната, како функционална состојка за збогатување на производите (Brzezińska-Rojek et al., 2024), сепак, нивната содржина е под влијание на генотипот, временските услови при одгледување, количината на хранливи материи во почвата, употребата на ѓубрива и состојбата на зрелост за време на бербата на цвеклото (Wruss, et al., 2015; Vaitkevičienė et al., 2022). Во прав добиен од кора од цвекло застапени биле следните есенцијални минерални материи: K 282,60 mg/100g, P 90,87 mg/100g, Na 76,96 mg/100g, Ca 27,82 mg/100g, Mg 26,31 mg/100g, Fe 0,84 mg/100g, Mn 0,46 mg/100g, Zn 0,44 mg/100g, и Cu 0,06 ng/100g (Constantin, et al., 2025). Во цвеклото во прав користено од страна Alshehry, (2019) се определени следните количества микро и макроминерали: K 26,0 mg/g, Na 6,26 mg/g, F 3,5 mg/g, Ca 2,28 mg/g, Mg 1,84 mg/g, Mn 1,05 mg/g, Fe 0,06 mg/g и Zn 0,03 mg/g.

Содржините на беталаини како сума од бетацијанини и бетаксантини, вкупните феноли и антиоксидативниот потенцијал на органско цвекло во прав се прикажани во табела 9.

Табела 9. Содржина на бетацијанини, бетаксантини, беталаини, вкупни феноли и антиоксидативен потенцијал на органско цвекло во прав

Органско цвекло во прав				
Бетацијанин mg/100mL	Бетаксантин mg/100mL	Беталаини mg/100mL	Феноли mg GAE/100 g	Процент на инхибиција
4,34 \pm 0,01	3,59 \pm 0,02	7,92 \pm 0,03	14,49 \pm 0,76	63,49 \pm 0,18

Органското цвекло во прав се карактеризира со содржина на бетацијанини од $4,34 \pm 0,01$ mg/100mL, бетаксантини $3,59 \pm 0,02$ mg/100mL и беталаини од $7,92 \pm 0,03$ mg/100mL. Вкупните феноли се застапени со $14,49 \pm 0,76$ GAE mg/100 g, додека антиоксидативниот потенцијал изразен како процент на инхибиција на DPPH- радикалот изнесува $63,49 \pm 0,18\%$.

Содржината на бетацијанини и бетаксантини во органско цвекло во прав зависи од процесот на сушење и се движи од $97,75$ mg/100 g за цвекло кое било конвенционално сушено, до $133,02$ mg/100 g кај лиофилизирано цвекло (Tarasevičienė et al., 2024). Исто така, содржината на бетацијанини и бетаксантини е под влијание на сортата на цвеклото. Цвекло во прав од сортата „Namryeong“ содржело повисоки вредности за бетацијанини и бетаксантини ($0,961$ mg/g и $0,490$ mg/g соодветно), во однос на цвеклото во прав добиено од сортата „Hainan“ кое содржело $0,741$ mg/g бетацијанин и $0,334$ mg/g бетаксантин (Masithoh et al., 2024). Цвеклото третирано со замрзнување и одмрзнување и сушено со вакуум во микробранова печка имало повисоки вредности за вкупни феноли $8,58$ GAE mg/g и $13,64$ mg TE/g, во однос на останатите третмани (Liu et al., 2024).

Според Kujala et al. (2000), содржината на фенолни соединенија во цвеклото варира од $4,2$ до $15,5$ mg GAE/g сува материја, во зависност од тоа кој дел од цвеклото се користи за екстракција. Исто така, различните услови на екстракција (како што се типот на растворувач, температура, pH- вредност и присуство на светлина) и методите, можат да влијаат на фитохемиската содржина на екстрактите од цвекло (Constantin, et al., 2025). Во воден екстракт од кора од цвекло, бетацијанините биле застапени со 236 mg/g, бетаксантините со $155,54$ mg/g и беталаините со $392,07$ mg/g, додека вкупните феноли се застапени со $83,17$ mg/g (Abdo et al., 2022). Во екстракт од кора од цвекло е определено: $1,24$ mg/g сува материја беталаин и $212,14$ mgGAE/g сува материја полифеноли. Истиот екстракт покажал способност за чистење на радикали од $33,42$ μ M Trolox/g сува материја DPPH и инхибиција од $93,32\%$ (Constantin, et al., 2025). Во пулпа од цвекло полифенолите се застапени во количество од $89,06$ GAE/100 g, додека беталаините со $88,94$ VE/100 g (Tumbas et al., 2016).

5.1.1. Микробиолошки карактеристики на сурутката и органското цвекло во прав

Добиените резултатите од микробиолошката анализа на сурутката и органското цвекло во прав се прикажани во табела 10.

Табела 10. Резултати од микробиолошката анализа на сурутка и органско цвекло во прав

Микробиолошката анализа		
Параметри	Сурутка	Органско цвекло во прав
<i>Escherichia coli</i> (cfu/g)	/	/
<i>Listeria monocytogenes</i> (25g)	/	/
<i>Enterobacteriaceae</i> (cfu/g)	/	/
Квасци (cfu/g)	160	/
Мувли (cfu/g)	/	/
Коагулаза позитивни стафилококи (cfu/g)	8	/
Колиформни бактерии (cfu/g)	/	/

Во сурутката како основна суровина за производство на албуминско сирење, по анализата на испитуваните параметри за микробиолошка стабилност, потврдено е присуство на 160 cfu/g квасци и 8 cfu/g коагулаза на позитивни стафилококи.

Присуството на квасци во сурутката е очекувано, а нивната содржина е варијабилна и е во зависност од употребата на стартер- културите во текот на производството на сирењето (Zusammensetzung, 2016). Коагулаза позитивните стафилококи се најчестите предизвикувачки агенси на супклинички маститис кај млечните крави (Iannetti et al., 2019). Во групата на коагулаза позитивните изолати се вбројуваат видовите *S. aureus*, *S. Hyicus* и *S. intermedius* (Quinn et al., 1999).

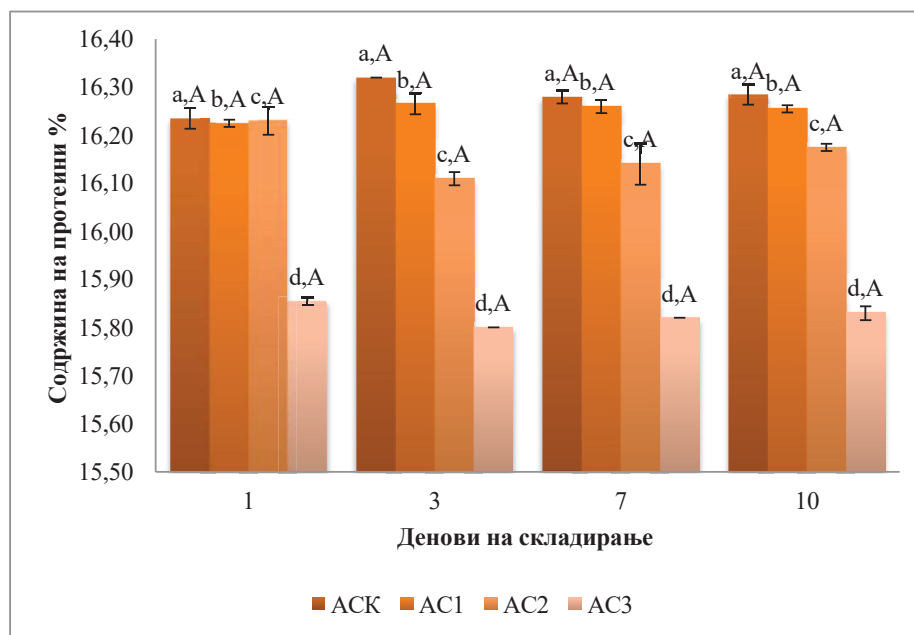
Присуството на коагулаза позитивни стафилококи во сурутка укажува на незадоволителни санитарни услови (Levkov et al., 2021). Бидејќи *S. aureus* се наоѓа и кај 30-80% од човечката популација, персоналот што работи во прехранбената индустрија може да ја контаминира храната, преку нехигиенски практики за ракување при производство на храна. (Iannetti et al., 2019). Способност да формираат биофилмови ја промовира нивната перзистентност во

млечните средини и го олеснува нивното ширење преку вкрстена контаминација (Cámara et al., 2025). Сепак, когулаза позитивните стафилококи не се отпорни на висока топлина (Necidová et al., 2019), и се очекува нивно уништување во процесот на производство на албуминско сирење, при термичкиот процес, на температура од 95 °C за време од 20 минути.

5.2 Хемиски карактеристики на албуминското сирење

5.2.1. Содржина на протеини во албуминските сирења

Содржината на протеини кај контролниот примерок АСК и кај збогатените примероци АС1, АС2 и АС3 во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се претставени на графикон 1.



Графикон 1. Протеини во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од резултатите претставени на графикон 1, може да се забележи дека содржината на протеините кај контролниот примерок АСК на првиот ден од складирањето изнесуваат $16,24 \pm 0,02\%$. Според Chadikovski et al. (2022) и Paskaš et al. (2016), албуминското сирење (урда), произведено од кравја сурутка содржи

8,25% и 10,66% протеини (соодветно). Во урда произведена од сурутка добиена од производство на кашкавал определена е содржина на протеини од 18,15% и 32,37% во урдата добиена од производство на биено сирење (Sulejmani & Amedi, 2025). Албуминските сирења како Истарската скута, Пашка скута и Бачка скута содржат 10,84%, 11,11% и 10,94 g/100 g протеини, соодветно (Antunac et al., 2011; Rako et al., 2018).

Врз содржината на протеини во албуминските сирења влијае содржината на протеини во сурутката, како основна суровина за производство на сирењето. рН-вредноста на сурутката, исто така, игра клучна улога во екстракција на сурутките протеини (Bilyk et al., 2017). Денатурацијата на протеините се зголемува со зголемување на температурата на загревање, а додавањето на сол ја подобрува агрегацијата на протеините од сурутка (Chadikovski et al., 2022). Додавањето на млеко при производството на албуминското сирење го олеснува взаемното дејство на млечниот казеин со β -лактоглобулинот од сурутката, кога смесата се загрева на високи температури при што β -лактоглобулинот се врзува за фракцијата на β -казеин, што придонесува за зголемување на содржината на протеини (Kaminarides et al., 2013b).

Според добиените резултати, кај збогатените примероци од албуминското сирење се забележани статистички значајни разлики ($p < 0,05$) во содржината на протеините, во однос на контролниот примерок АСК, како резултат на додаденото органско цвекло во прав. Особено се забележува статистичко значајно намалување на содржината на протеините во примероците кои се збогатени со 5,0% и 7,5% органско цвекло во прав.

Намалување на содржината на протеините како резултат на збогатување на млечните производи со цвекло забележуваат и други автори. Содржината на протеините се намалила во однос на контролата од 7,27 g/100 g до 6,45 g/100 g и 5,76 g/100 g кај грчки јогурт кој бил збогатен со сок од цвекло со 5% и 15%, соодветно (de Oliveira et al. 2024). Збогатувањето на јогурт со 5% сок од цвекло влијаело на намалување на содржината на протеини од 6,72% до 5,34% (Salman et al., 2024). Спротивно на овие наоди во истражувањето на Yadav et al. (2016), утврдено е дека содржината на протеини се зголемила до 4,53%, 4,57% и 4,62% кај примероците со додадено цвекло во прав од 6%, 8% и 10%, соодветно, споредбено со контролата 4,49%.

Според Prudencio et al. (2008), додавањето на беталаини во сирење ја намалува содржината на протеини. Сепак, намалувањето на протеините како резултат на додаденото органско цвекло во прав е занемарливо во однос на важноста од консумација на суруткени протеини кои заради аминокиселинскиот состав имаат поголема хранлива вредност, во однос на казеинските протеини и претставуваат еден од најквалитетните извори на лесно достапни протеини (Kaminarides et al., 2013).

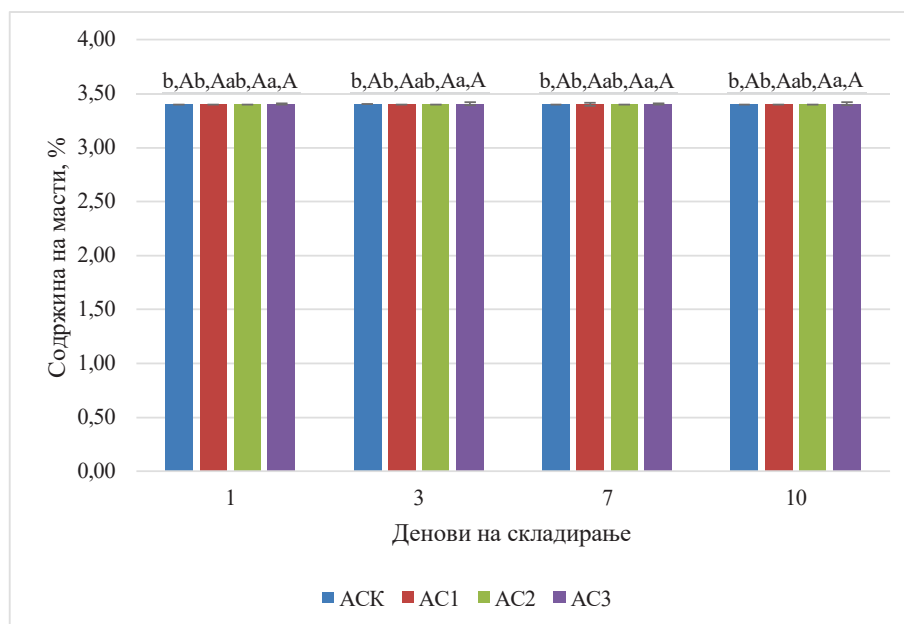
Од приложените резултати (графикон 1) може да се утврди дека не постои статистички значајна разлика во содржината на протеините во текот на складирањето на примероците од 1-от до 10-от ден.

Содржината на протеини за време на складирање незначително се зголемила кај примероците АСК и АС1. Кај примерокот АСК се зголемила од $16,24 \pm 0,02\%$ (1-от ден) до $16,29 \pm 0,02\%$ (10-от ден) и кај примерокот АС1 од $16,23 \pm 0,01\%$ до $16,26 \pm 0,01\%$ за истиот период. Содржината на протеини во албуминското сирење Музитра се зголемила од 11,9% до 12,4% за време на складирање од 1-от до 14-от ден (Kaminarides et al., 2018). Zandona et al. (2020), забележуваат зголемување на содржината на протеини во скута од 9,71% до 9,73% за време на складирањето од 7-от до 14-от ден. De Oliveira et al. (2024), исто така, забележале зголемување на содржината на протеини во јогуртот збогатен со 5,0% сок од цвекло за време на складирањето од 1-от до 12-от ден од 5,34% до 6,38%.

Од друга страна, кај примероците АС2 и АС3 забележано е намалување на содржината на протеините за време на складирањето од 1-от до 10-от ден, и тоа за примерокот АС2 од $16,23 \pm 0,03\%$ до $16,18 \pm 0,01\%$ и за примерокот АС3 од $15,86 \pm 0,01\%$ до $15,83 \pm 0,01\%$. Според Halladj et al. (2022), причините за намалувањето на содржината на протеини при повисоки концентрации на додадено цвекло би можеле да бидат: оксидативната деградација на протеините, реакцијата помеѓу фенолните соединенија со протеините и протеолитичката активност. Слично на нашите резултати Sulejmani & Amedi (2025), забележале намалување на содржината на протеини во албуминско сирење од 18,15% до 17,98% при складирање.

5.2.2. Содржина на масти во албуминските сирења

Содржината на масти кај албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во период на складирање е претставена на графикон 2.



Графикон 2. Масти во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од прикажаните резултати на графикон 2, може да се забележи дека содржината на млечните масти во контролниот примерок АСК на првиот ден на складирање изнесува $3,40 \pm 0,00\%$. Според Chadikovski et al. (2022), кај урдата произведена од кравја сурутка добиена при производство на бело саламурено сирење содржината на масти изнесувала 4,98%. Албуминските сирења произведени само од сурутка се карактеризираат со пониска содржина на масти, во однос на албуминските сирења во кои се додава млеко или павлака, каде мастите се зголемуваат во зависност од додадената количина на млеко или павлака (Kaminarides et al., 2013).

Според Parra et al., (2016) урда произведена од овча сурутка со додавање на овчо млеко, како и урда произведена од козја сурутка со додавање на козјо млеко содржеле 28,80% и 29,70% масти, соодветно.

Збогатувањето на албуминските сирења со 2,5% органско цвекло во прав (АС1), статистички значајно не влијаеше врз содржината на мастите, $3,40 \pm 0,00\%$.

Според Prudencio et al. (2008), додадените беталаини во сирењето не влијаеле на содржината на масти. Статистички значајно зголемување ($p < 0,05$) на содржината на мастите се забележува со додавање на 7,5% органско цвекло во прав кај примерокот АС3, каде изнесува $3,41 \pm 0,01\%$. Според Yadav et al. (2016), содржината на масти во јогурт се зголемува со зголемување на додадениот процент на цвекло во прав.

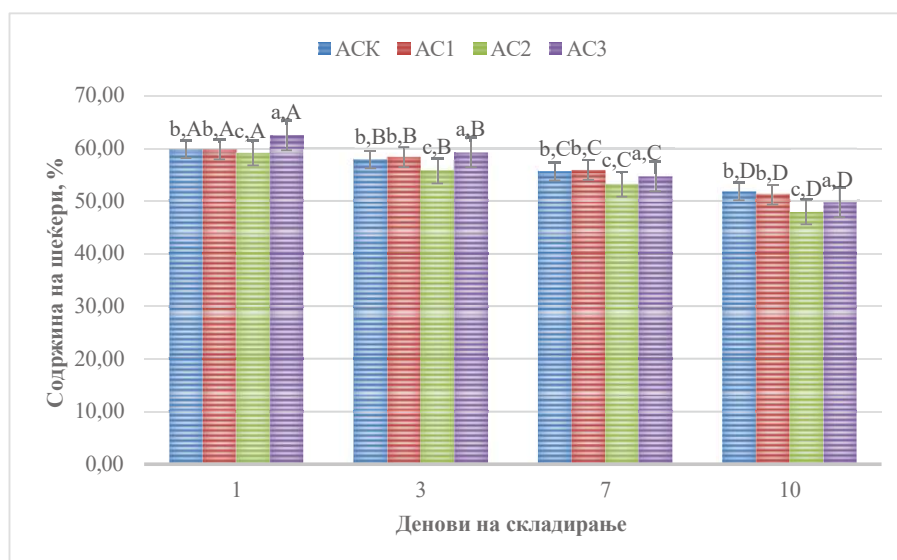
Според Flores-Mancha et al., (2021a) содржината на мастите во јогуртот се под влијание на видот на додаденото цвекло, односно сокот од цвекло ја намалува содржината на масти до 5,02% додека лиофиризирано и енкапсулирано цвекло со инулин ја зголемува содржината на мастите до 5,36%, во однос на контролата во која определите 5,09% масти. Намалување на содржината на масти во пробиотски јогурт збогатен со сок од цвекло пријавиле Salman et al. (2024), каде содржината на мастите изнесувала 3,82%, 3,62% и 3,35%, кај јогуртот кој содржел 1%, 3% и 5% сок од цвекло, соодветно.

Во текот на складирањето од 1-от до 10-от ден не е забележана статистички значајна промена ($p < 0,05$) на содржината на мастите кај албуминските сирења, и таа изнесува 3,40% на 1-от и 10-от ден кај примероците АСК, АС1 и АС2 и 3,41% за АС3 во истиот период на складирање.

Спротивно на нашите резултати, Zandona et al. (2020), утврдиле зголемување на содржината на мастите во периодот на складирање на скутата, особено од 7-от до 10-от ден. Зголемување на содржината на мастите при складирање од 1-от до 10-от ден потврдуваат и Pappa et al. (2020), кај овча урда со додадено овчо млеко. Според De Oliveira et al. (2024), содржината на масти во сувата материја во збогатениот јогурт со 5% сок од цвекло се зголемила од 3,35% до 4,10% за време на складирањето од 1-от до 12-от ден.

5.2.3. Содржина на шеќери во албуминските сирења

Содржината на шеќери кај албуминските сирења АСК, АС1, АС2 и АС3, во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден е претставена на графикон 3.



Графикон 3. Шеќери во албуминското сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

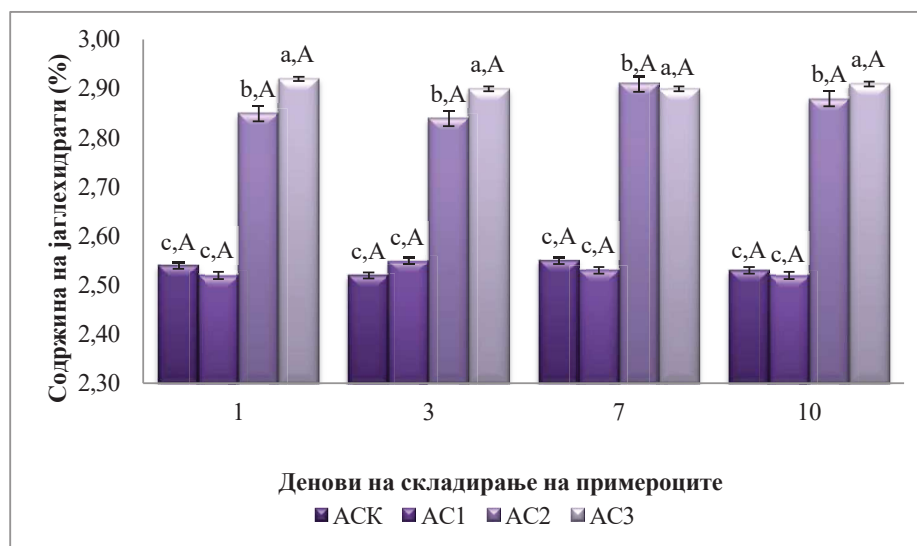
Збогатувањето на албуминските сирења со органско цвекло во прав допринесува до статистичко значајно ($p < 0,05$) зголемување на содржината на шеќерите кај примероците со 5,0% и 7,5% органско цвекло во прав, во однос на контролата. Со додавање на 2,5%, 5,0% и 7,5% органско цвекло во прав содржината на шеќерите се зголемува до $59,85 \pm 0,21\%$, $60,03 \pm 0,04\%$ и $62,45 \pm 0,07\%$, кај АС1, АС2 и АС3 во однос на контролата $59,80 \pm 0,00\%$ (графикон 3). Статистички значајното зголемување на содржината на шеќери во примероците е резултат на високата содржина на шеќери во органското цвекло во прав (65,00%), користено за добивање на новите функционални производи. Според Duyar et al. (2024), цвеклото во својот состав вклучува галактоза, фруктоза и сахароза. Зголемување на содржината на шеќери, како резултат на зголемување на додадениот процент на органско цвекло во прав во бисквити забележале и Mitrevski et al. (2023).

За време на складирањето од 1-от до 10-от ден, забележано е статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на содржината на шеќери кај сите примероци. Содржината на шеќери во АСК се намалила од $59,80 \pm 0,00\%$ до $51,85 \pm 0,21\%$, во примерокот АС1 од $59,85 \pm 0,21\%$ до $51,20 \pm 0,00\%$, во АС2 од $59,15 \pm 0,07\%$ до $47,90 \pm 0,00\%$ и во АС3 од $62,45 \pm 0,07\%$ до $49,75 \pm 0,07\%$ во текот на складирањето од 1-от до 10-от ден (графикон 3). Намалувањето на содржината на шеќери во

албуминското сирење за време на складирањето е во корелација со додадениот процент на цвекло.

5.2.4. Содржина на јаглехидрати во албуминските сирења

Добиените резултати од содржината на јаглехидрати во албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден, претставени се на графикон 4.



Графикон 4. Јаглехидрати во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Збогатувањето на албуминското сирење АС1 со 2,5% органско цвекло во прав нема статистичка значајност врз содржината на јаглехидратите и таа изнесува $2,52 \pm 0,00\%$ во однос на контролата $2,54 \pm 0,05\%$. Додавањето на органско цвекло во прав од 5,0% кај примерокот АС2 и 7,5% кај примерокот АС3 допринесува за статистичко зголемување ($p < 0,05$) на содржината на јаглехидратите од $2,58 \pm 0,00\%$ и $2,92 \pm 0,01\%$, соодветно (графикон 4).

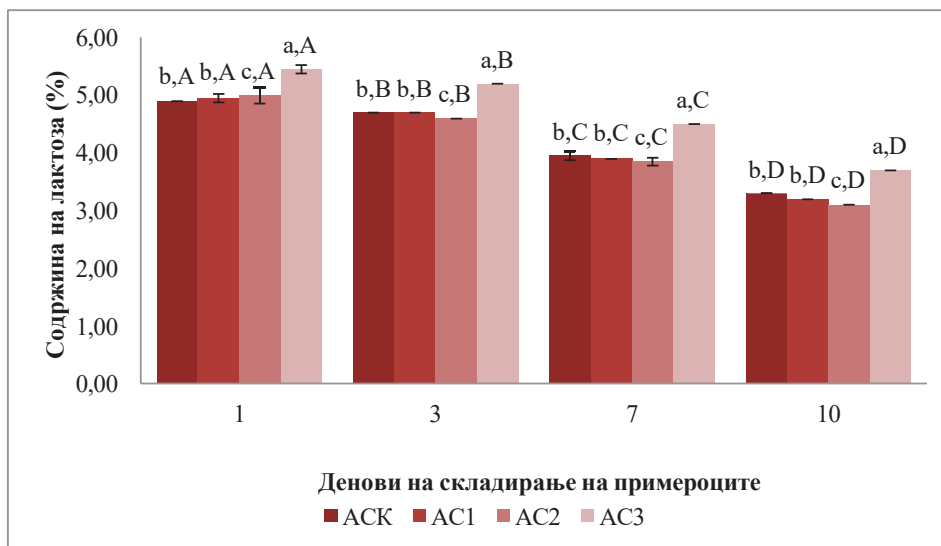
Додавањето на 1% сок од цвекло во сладолед ја намалило содржината на јаглехидрати до 22,72%, во однос на контролата 22,76%, додека додавањето на 3% и 5% сок од цвекло ја зголемило содржината на јаглехидрати до 24,26% и 25,05%, соодветно (Ateteallah et al., 2019). Содржината на јаглехидрати во пробиотски јогурт се зголемила како резултат на додаденото цвекло во прав од

10,15% кај контролата до 12,03% и 13,14% кај јогуртот со додадено 6% и 8%, соодветно (Yadav et al., 2016). Содржината на јаглехидрати во кекси се зголемила од 62,98% до 66,24% и 64,49%, како резултат на замена на 5% и 7%, соодветно од брашното со цвекло во прав (Ingle et al., 2017).

Од прикажаните резултати на графикон 4, за содржината на јаглехидрати за време на складирање од 1-от до 10-от ден, може да се констатира дека нема статистички значајни разлики во содржината на јаглехидратите за време на складирањето на албуминските сирења со различно количество цвекло во прав. Намалување на содржината на јаглехидрати од 1-от до 10-от ден е забележано кај примероците АСК и АС3. Содржината на јаглехидрати кај АСК се намалила од $2,54 \pm 0,05\%$ (на 1-от ден) до $2,53 \pm 0,00\%$ (на 10-от ден), додека за АС3 од $2,92 \pm 0,01\%$ (на 1-от ден) до $2,91 \pm 0,00\%$ (на 10-от ден). За примерокот АС2 има зголемување од $2,85 \pm 0,00\%$ (на 1-от ден) до $2,88 \pm 0,02\%$ (на 10-от ден), додека содржината на јаглехидрати за АС1 е непроменета во целиот период на складирање 2,52%.

5.2.5. Содржина на лактоза во албуминските сирења

Содржината на лактоза во албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден е претставена на графикон 5.



Графикон 5. Лактоза во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на

статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од резултатите на графикон 5, се забележува дека контролното албуминско сирење (АСК) на првиот ден од складирањето содржи $4,90 \pm 0,00\%$ лактоза. Во Бачка скута е определено $3,63 \text{ g}/100 \text{ g}$ лактоза (Rako et al., 2018), во суруткино грчко сирење $4,0\%$ лактоза (Kaminarides et al., 2013), во урда $3,15\%$ лактоза, додека во рикота $4,29\%$ лактоза (Paskaš et al., 2019). Додавањето на млеко или млечен крем допринесува за намалување на лактозата во албуминското сирење (Kaminarides et al., 2013).

Додавањето на $2,5\%$ органско цвекло во прав статистички не влијае врз содржината на лактозата ($4,95 \pm 0,07\%$ лактоза). Со додавање на $5,0\%$ и $7,5\%$ органско цвекло во прав во примероците (АС2 и АС3) статистички значајно ($p < 0,05$) се зголемува содржината на лактозата и таа изнесува $5,00 \pm 0,14\%$ и $5,45 \pm 0,07\%$, соодветно (графикон 5).

Зголемување на содржината на лактоза со додавање на цвекло во млечни производи е утврдено и од други автори. Според Ashraf et al. (2022), содржината на лактоза се зголемила од $5,18\%$ до $7,44\%$ во млеко збогатено со сок од цвекло. Kumar & Ramasamy, (2016) исто така, сметаат дека содржината на лактоза се зголемува со зголемување на додадената содржина на сок од цвекло во јогурт.

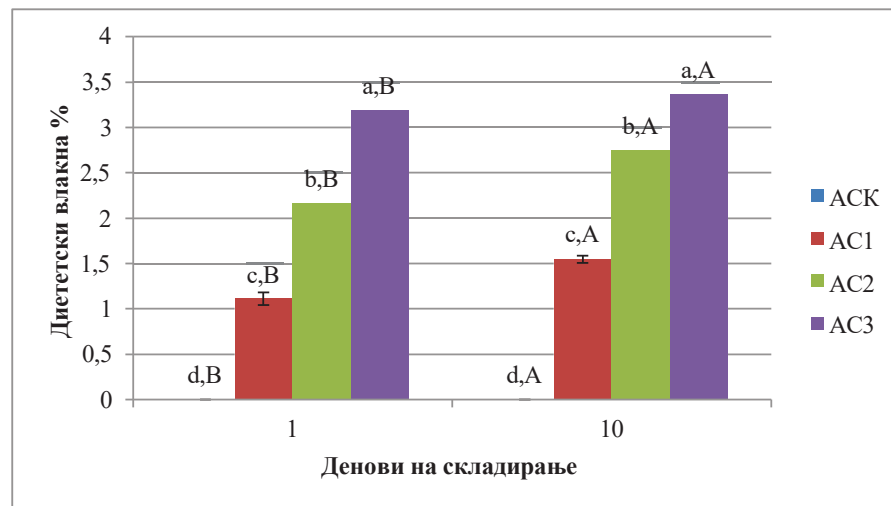
Содржината на лактоза кај контролниот примерок (АСК), статистички значајно ($p < 0,05$) се намалила од $4,90 \pm 0,00\%$ до $3,30 \pm 0,00\%$ за време на складирањето од 1-от до 10-от ден. Намалување на содржината на лактоза со продолжување на времето на складирање е потврдено и од Kaminarides et al. (2018) кои определиле намалување на содржината на лактоза во албуминско сирење Myzithra од $3,90\%$ до $3,15\%$ за време на складирањето на сирењето од 1-от до 15-от ден.

Статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на содржината на лактоза е забележано и кај збогатените албумински сирења со цвекло во прав. Така, при складирањето од 1-от до 10-от ден содржината на лактоза статистички значајно ($p < 0,05$) се намалила од $4,95 \pm 0,07\%$ до $3,20 \pm 0,00\%$ кај АС1, од $5,00 \pm 0,14\%$ до $3,10 \pm 0,00\%$ кај АС2 и од $5,45 \pm 0,07\%$ до $3,70 \pm 0,00\%$ кај АС3. Од приложените резултати може да се констатира дека содржината на лактоза на 10-от ден од складирањето кај примероците АС1 и АС2 е пониска во однос на контролата (АСК), додека примерокот АС3 има повисока содржина на лактоза во однос на

контролниот примерок АСК и збогатените примероци АС1 и АС2, за целиот период на складирање од 1-от до 10-от ден.

5.2.6. Содржина на диететски влакна

Содржината на диететски влакна во збогатените примероци албуминско сирење со органско цвекло во прав во периодот на складирање се прикажани на графикон 6.



Графикон 6. Диететски влакна во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от и 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Додавањето на 2,5%, 5,0% и 7,5% органско цвекло во прав кај примероците АС1, АС2 и АС3 допринесе за статистичко значајно зголемување ($p < 0,05$) на содржината на диететски влакна од $1,11 \pm 0,07\%$, $2,16 \pm 0,03\%$, и $3,19 \pm 0,03\%$ соодветно во однос на примерокот АСК, кој не содржи цвекло во прав (графикон 6).

Млекото и млечните производи воопшто не содржат диететски влакна Arora et al. (2015), содржината на диететски влакна во збогатените производи е резултат на додаденото цвекло (Rahma et al., 2021).

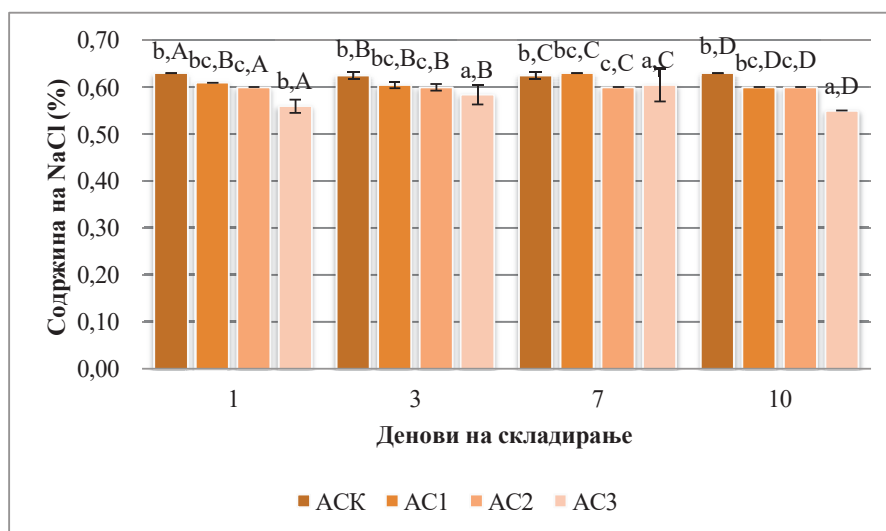
Според, Rahma et al. (2021), содржината на диететски влакна во јогурт се зголемува со зголемување на додадената количина на пулпа од бланширано цвекло и цимет. Со додавање на 5% цвекло и 0,5% цимет, содржината на диететски влакна во јогуртот изнесувала 3,15%, додека со додавање на 10%

цвекло и 1% цимет, изнесувала 5,21%. Зголемување на содржината на сурови влакна во замрзнат јогурт до 0,57%, 1,45%, 1,83% и 2,15% како резултат на додадено цвекло во прав во содржина од 1%, 3%, 5% и 7% забележуваат и El-Hawar et al. (2023).

Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се забележува значајно зголемување на содржината на диететски влакна кај сите три примероци албуминско сирење кои се збогатени со цвекло во прав. Содржината на диететски влакна на 10-от ден од складирањето изнесува $1,55 \pm 0,04\%$ кај AC1, $2,75 \pm 0,06\%$ кај AC2 и $3,37 \pm 0,04\%$ кај AC3. За време на складирање, ензимите од растителниот материјал или присутната микрофлора можат да разградат сложени полисахариди во помали, растворливи влакна, што може да доведе до зголемување на содржината на растворливи влакна или вкупните диететски влакна (Anderson et al., 2009; Li et al., 2024). Според Sarker et al., (2023) додавањето на резистентен скроб од банана и прав од папаја во различна содржина во јогурт, статистички значајно влијаат на зголемување на содржината на диететски влакна, но за време на складирање на јогуртот не биле забележани значајни промени ($p > 0,05$) на нивната содржина.

5.2.7. Содржина на сол во албумински сирења

Резултатите за содржината на сол кај албуминските сирења во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се прикажани на графикон 7.



Графикон 7. Сол во албуминско сирење ACK и збогатени сирења AC1, AC2 и AC3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Содржината на сол во албуминските сирења е под силно влијание од содржината на сол во сурутката, како и додадената сол за време на производство на албуминските сирења. На 1-от ден од складирање, контролниот примерок АСК содржи $0,63 \pm 0,00\%$ сол. Според Parra et al. (2016), урдата произведена од овча сурутка со додавање на овчо млеко и урда произведена од козја сурутка со додавање на козјо млеко содржат $0,60\%$ и $0,51\%$ сол, соодветно.

Додавањето на $2,5\%$, $5,0\%$ и $7,5\%$ на органско цвекло во прав допринесе за намалување на содржината на сол до $0,61 \pm 0,00\%$ (АС1), $0,60 \pm 0,00\%$ (АС2) и $0,56 \pm 0,01\%$ (АС3) во споредба со АСК ($0,63 \pm 0,00\%$). Статистичко значајно ($p < 0,05$) намалување е забележано само во примерокот АС3, каде има додадено најголем процент на органско цвекло во прав. Намалувањето на содржината на сол во збогатените примероци се претпоставува дека се должи на додаденото цвекло во прав, односно цвеклото во прав избилува со целулоза ($\sim 22\text{--}25\%$), пектини ($\sim 21\text{--}30\%$), и хемицелулози ($\sim 22\text{--}25\%$), кои не вклучуваат натриум во својот состав (Hassan et al., 2021). Од друга страна, пак, пектинот од цвеклото може да врзува метални јони, потенцијално вклучувајќи и натриум Kurdil et al. (2025), со што се намалува содржината на сол.

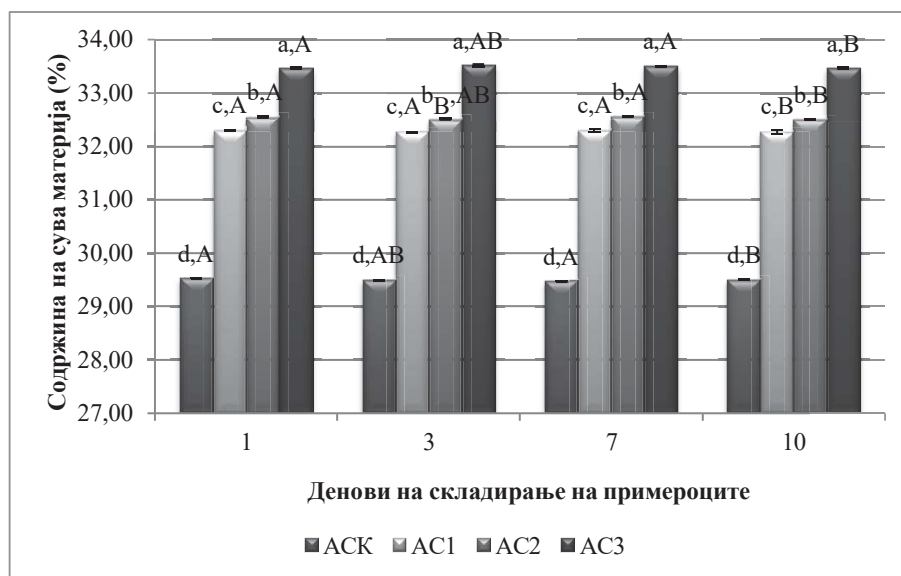
Следејќи ја промената на содржината на сол помеѓу примероците утврдено е дека постои статистички значајна разлика ($p < 0,05$) во содржината на сол во различните интервали од периодот на складирање, особено кај збогатените примероци, посебно, кај примерокот АС3 каде солта за време на складирање се движела од $0,56 \pm 0,01\%$ (1-от ден), $0,59 \pm 0,02\%$ (3-от ден), $0,61 \pm 0,04\%$ (7-от ден) до $0,55 \pm 0,00\%$ (10-от ден).

Според Zandona et al. (2020), содржината на сол во скута пакувана во вакуум амбалажа се намалила од $0,66\%$ до $0,59\%$, за време на складирање од 7-от до 14-от ден. Спротивно на ова, Parra et al. (2020), потврдиле зголемување на содржината на сол кај урдата од овча сурутка при складирање од 1-от до 6-от ден, од $1,5\%$ до $3,4\%$.

5.2.8. Содржина на сува материја во албумински сирења

Добиените податоци за содржината на сува материја кај албуминските

сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во периодот на складирање од 1-ви до 10-ти ден се претставени на графикон 8.



Графикон 8. Сува материја во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Содржината на сува материја кај сите примероци се движи во границите пропишани со Правилникот за квалитет на сурово млеко (Сл. Весник на РМ. бр.96/2011), според кој, албуминското сирење (урда или скута) која се става во промет треба да содржи најмалку 20% сува материја.

Од прикажаните резултати на графикон 8, може да се констатира дека контролниот примерок АСК на првиот ден од складирање содржи $29,52 \pm 0,01\%$ суви материи, со што ги задоволува минималните пропишани вредности за овој параметар. Споредбено, содржината на сува метерија во урдата произведена од кравја сурутка добиена од производство на бело саламурено сирење се движи во граници од 19,72% до 22,26%, во зависност од технолошкиот процес (Chadikovski et al., 2022). Според Qader et al. (2023), додавањето на киселини во процесот на производство на албуминско сирење од сурутка, доведува до таложување на сурутчините протеини, кои се отпорни на термичка обработка при нормална рН - вредност на сурутката и предизвикуваат зголемување на вкупната сува материја и намалување на влагата. Според Antunac et al. (2011), истарската скута содржи

43,80% сува материја, додека пашка скута 36,97% сува материја. Содржината на суви материи во бачка скута изнесува 41,34 g/100 g (Rako et al., 2018). Додавањето на млеко или павлака за време на производството допринесува за зголемување на содржината на сува материја (Kaminarides et al., 2013).

Содржината на сува материја во збогатените албумински сирења АС1 (32,30±0,01%), АС2 (32,55±0,01%) и АС3 (33,46±0,01%) е статистички значајно ($p < 0,05$) поголема во однос на контролата АСК (29,52±0,01%), (графикон 8). Содржината на сува материја во збогатените примероци се зголемува со зголемување на додадениот процент на органско цвекло во прав. Спротивно на овие резултати, Tianling et al. (2025), утврдиле дека не постои статистички значајна разлика во содржината на суви материи кај сирење збогатено со 1-4% екстракт од цвекло.

Статистички значајни разлики за содржината на сува материја кај примероците албумински сирења во ова истражување се забележани на 10-от ден од складирањето.

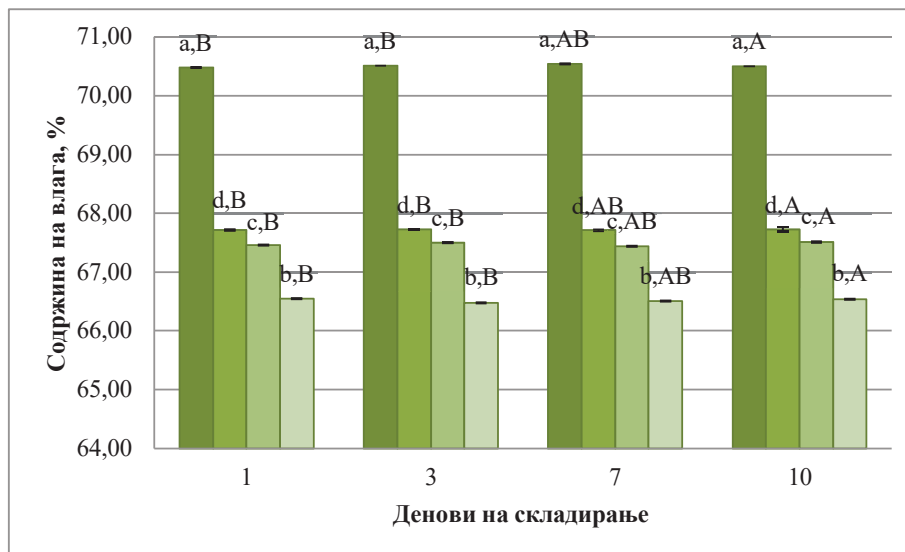
Всушност, содржината на сува материја статистички значајно ($p < 0,05$) се зголемува од 29,47±0,00% (7-от ден) до 29,50±0,04 (10-от ден) кај контролниот примерок АСК. Зголемување на процентот на вкупни суви материи во сирењето за време на складирање може да биде поради исцедувањето на сурутката (Qader et al., 2023).

Статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на содржината на суви материи е забележано кај збогатените примероци. Во периодот на складирање од 7-от до 10-от ден содржината на сувата материја се намалила од 32,30±0,02% до 32,27±0,04% кај примерокот АС1, од 32,56±0,01% до 32,50±0,01% кај примерокот АС2 и од 33,50±0,01% до 33,46±0,01% кај примерокот АС3. Зголемувањето на содржината на сува материја е резултат на големата хидроскопност на органското цвекло во прав Abdel-Hamid et al., (2020), како и високата концентрација на суви материи во цвеклото.

Намалување на содржината на сува материја за време на складирање од 1-от до 10-от ден е утврдено и од страна на Sulejmani & Amedi (2025). Според нив, во свежото сирење произведено од сурутка добиена од кашкавал, содржината на сувата материја се намалила од 30,0 g/100 g до 27,0 g/100 g, додека во свежо сирење произведено од сурутка од биено сирење, содржината на сува материја се намалила од 37,0 g/100 g до 37,5 g/100 g, при складирањето од 1-от до 10-от ден.

5.2.9. Содржината на влага во албуминските сирења

Содржината на влага кај албуминските сирења во периодот на складирање, од 1-от до 10-от ден е прикажана на графикон 9.



Графикон 9. Влага во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Содржината на влага во контролното албуминско сирење (АСК), на првиот ден од складирањето изнесува $70,48 \pm 0,01\%$ (графикон 9). Содржината на влага во грчко албуминско сирење произведено од овча сурутка изнесувала $68,04\%$ (Kaminarides et al., 2013). Урда произведена од овча сурутка со додавање на овчо млеко и урда произведена од козја сурутка со додавање на козјо млеко содржеле $56,97\%$ и $54,13\%$ влага, соодветно (Pappa et al., 2016).

Содржината на влага во албуминските сирења е варијабилна во зависност од сурутката како суровина и технолошкиот процес на производство (Qader et al., 2023). Според Antunac et al. (2011), во 17 примероци од истарската скута содржината на влага се движела од $54,19\%$ до $86,33\%$, додека во 11 примероци на Пашка скута содржината на влага се движела во граници од $78,32\%$ до $85,25\%$. Варијабилноста во составот на сирењето од сурутка претставува значителен предизвик за производство на сирење со постојан квалитет (Sulejmani & Amedi, 2025). Ова е поврзано со недостатокот на техничка регулатива за идентитетот и квалитетот на албуминските сирења, што доведува до недостаток на

стандардизација за производот, што може да ја наруши официјалната контрола на квалитетот и да ја загрози безбедноста на храната (Messias et al., 2021).

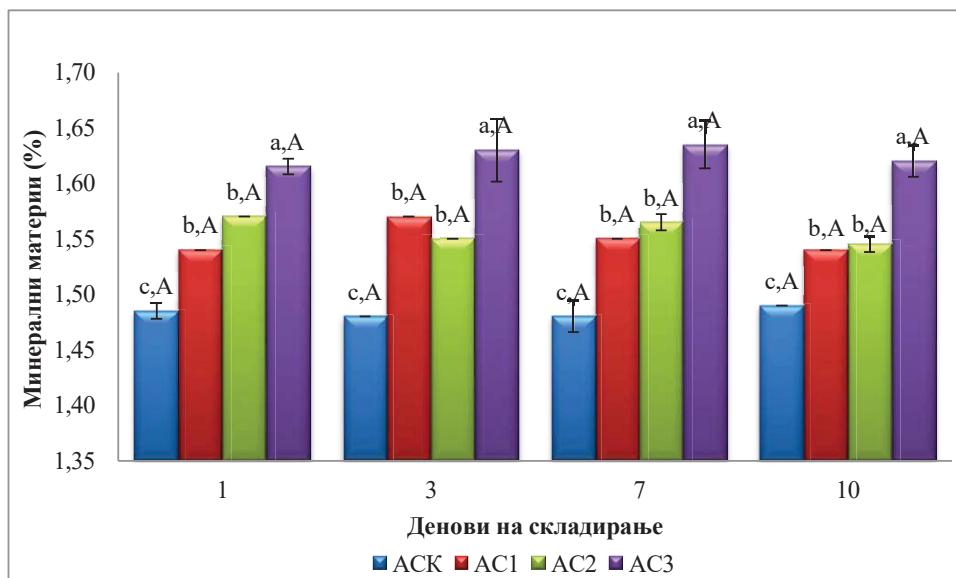
Додавањето на 2,5%, 5,0% и 7,5% органско цвекло во прав статистички значајно ($p < 0,05$) влијае на намалување на содржината на влага кај збогатените примероци, во однос на контролата. Содржината на влага во АС1, АС2 и АС3 изнесува $67,73 \pm 0,00\%$, $67,46 \pm 0,01\%$ и $66,55 \pm 0,01\%$, соодветно (графикон 9). Yadav et al. (2016), утврдиле дека содржината на влага во јогурт се намалила од 77,21% во контролата до 76,05%, 76,02% и 75,41% со додавање на 6%, 8% и 10% цвекло во прав.

Статистички значајна разлика ($p < 0,05$) во содржината на влага е забележана на 10-от ден од складирањето, во однос на останатиот период. Според Messias et al. (2021), за време на процесот на зреење се губи дел од влагата, но се концентрираат другите компоненти на производот. Содржината на влага во рикота произведена од сурутка добиена при производство на бело меко сирење се намалила во текот на складирањето од 1-от до 7-от ден од 76,50% до 72,03% (Qader et al., 2023). Во урда произведена од овча сурутка содржината на влага се намалила од 56,97% до 30,54% во периодот на складирање од 1-от до 25-от ден (Pappa et al., 2015).

5.2.10. Содржина на пепел во албумински сирења

Добиените резултати од содржината на минерални материи (пепел) во албуминските сирења во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се прикажани на графикон 10.

Содржината на минерални материи во контролниот примерок АСК на првиот ден од складирање изнесува $1,49 \pm 0,01\%$ (графикон 10). Споредбено, минералните материи во различни видови на албумински сирења се движи во граници од 1,78% за рикота (Messias et al., 2021), 2,22% за хомогенизирана рикота (Tripaldi et al., 2020) и 0,77% во грчко албуминско сирење (Kaminarides et al., 2013). Според, Amalfitano et al. (2024), содржината на пепел (минерални материи) во албуминските сирења е во зависност од содржината на минералните материи во сурутката, како основна суровина за производство на албуминските сирења и процесот на производство на сирењето.



Графикон 10. Минерални материи (пепел) во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од прикажаните резултати на графикон 10, може да се забележи статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на содржината на минерални материи кај примероците од албуминските сирења збогатени со цвекло во прав која изнесува $1,54 \pm 0,00\%$ кај примерокот АС1, $1,57 \pm 0,00\%$ кај АС2 и $1,62 \pm 0,01\%$ кај АС3, во однос на контролниот примерок АСК $1,49 \pm 0,01\%$.

Содржината на минерални материи во албуминските сирења се зголемува, со зголемување на процентот на додаденото органско цвекло во прав. Органското цвекло во прав кое се користеше за збогатување на албуминските сирења во својот состав вклучува 1,31% минерални материи и очекувано е неговото додавање да ја зголеми содржината на минерални материи во албуминските сирења.

Содржината на пепел во јогуртот, се зголемувала со зголемување на концентрацијата на додаден сок од цвекло (Dhineshkumar & Ramasamy, 2016; Salman, et al., 2024). Според, Yadav et al., (2016) содржината на пепел во јогуртот се зголемила од 0,92% во контролата до 0,94%, 0,95% и 0,98% во јогурт збогатен со 6%, 8% и 10% на цвекло во прав, соодветно. Спротивно на ова во истражувањето на De Oliveira et al. (2024), не е забележана промена во

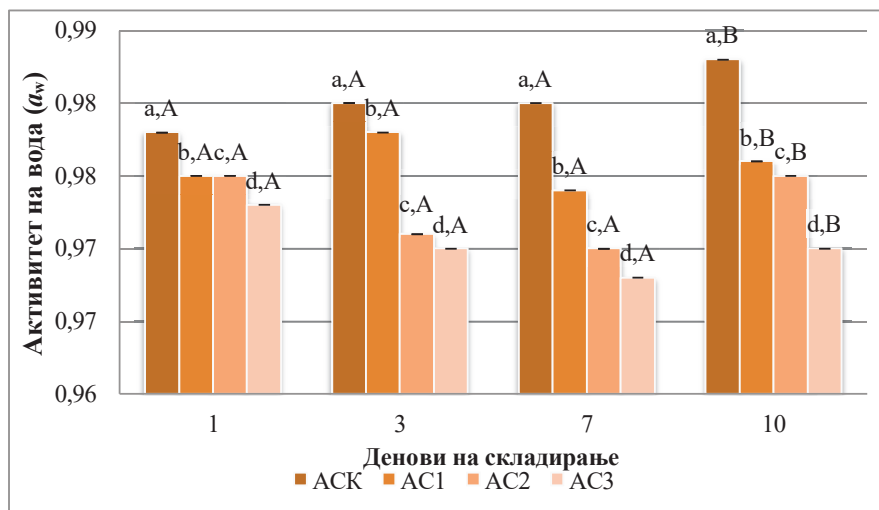
содржината на пепел кај грчкиот јогурт збогатен со сируп од пулпа од цвекло која изнесува 0,99% кај контролата и збогатените примероци со 5% и 15% сируп.

Во поглед на промената на содржината на пепел од 1-от до 10-от ден на складирање кај албуминското сирење АСК и збогатените сирења АС1, АС2 и АС3, може да се констатира дека времето на складирање статистички не влијае на содржината на пепел во примероците.

Според Kaminarides et al. (2018), од 1-от до 15-от ден на складирање дошло до статистички значајно намалување на содржината на пепел од 1,75% до 1,55% кај албуминско сирење Muzithra. Додека во своето истражување Pappa et al. (2020), забележале зголемување на содржината на пепел од 3,36% до 6,17%, во урда од овча сурутка за време на складирање од 1-от до 16-от ден.

5.2.11. Активитет на водата (a_w) во албуминските сирења

Добиените податоци за a_w вредноста на албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден, се прикажани на графикон 11.



Графикон 11. Активитет на вода во албуминско сирење АСК и збогатени сирења (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на чување.

Како што може да се забележи од прикажаните резултати на графикон 11, a_w вредноста кај контролниот примерок албуминско сирење АСК на првиот ден

од складирањето изнесува $0,978 \pm 0,00$. Вредност за a_w од 0,98 во рикота е потврдена и од страна на Messias et al. (2021). Нешто пониски вредности за a_w од 0,96 се утврдени од Chadikovski et al. (2022) во урда произведена од кравја сурутка, добиена од производство на бело саламурено сирење, додека албуминското сирење „тварог“ се карактеризирало со a_w вредност од 0,967 (Dmytrów et al., 2021).

Активитетот на водата влијае на рокот на траење, оксидацијата на мастите, денатурацијата на протеините и разградувањето на витамините (Dmytrów et al., 2021). Според Zandona et al. (2020), високите вредности на активитетот на водата и високата содржина на влага се карактеристични за свежи и албумински видови на сирења.

Од прикажаните резултати на графикон 11, може да се забележи статистичко значајно ($p < 0,05$) намалување на a_w вредноста кај примероците АС1 ($0,975 \pm 0,00$), АС2 ($0,975 \pm 0,00$) и АС3 ($0,973 \pm 0,00$), во однос на контролниот примерок АСК ($0,978 \pm 0,00$), како резултат на додаденото органско цвекло во прав, на 1-от ден на складирање. Од приложените резултати можеме да констатираме намалување на вредноста на a_w со зголемување на додаденото количество на цвекло во прав. Според, Jovanović et al. (2021), додаденото цвеклото може да ја врзе или да ја ограничи слободната вода, што се должи на изобилството на диететски влакна (Mitrevski et al., 2023).

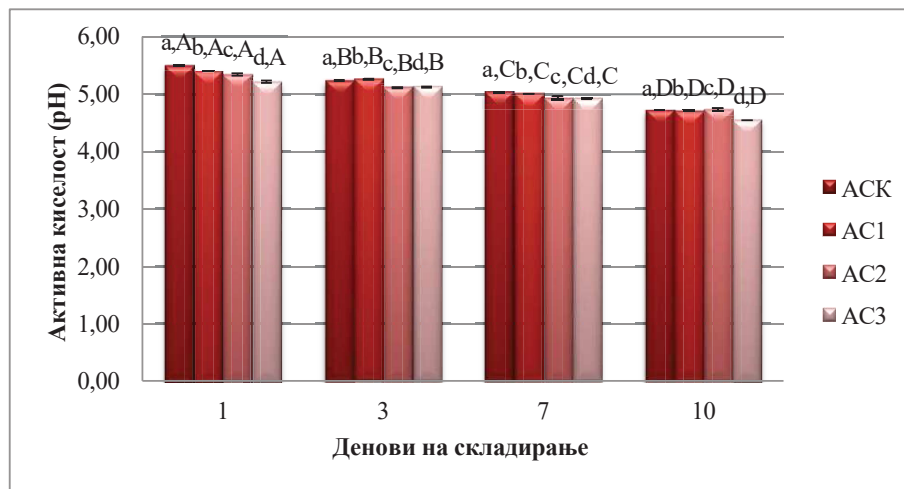
Од 1-от до 7-от ден не се забележуваат статистички значајни промени на a_w или влијание на времето на складирање, додека, на 10-от ден од складирањето доаѓа до статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на a_w вредноста кај АСК, од почетното $0,978 \pm 0,00$ до $0,983 \pm 0,00$, кај АС1 $0,975 \pm 0,00$ до $0,976 \pm 0,00$ и кај АС3 од $0,973 \pm 0,00$ до $0,970 \pm 0,00$ (графикон 11). Зголемување на a_w вредноста за време на складирањето, може да се должи на преминување од „врзана вода“ кон „капиларна вода“ или слободна вода како резултат на промени во врските на вода со други компоненти, или протеолиза на протеини (Panthi et al., 2024; Demirhan & Tansel, 2015).

Спротивно на овие резултати, други автори пријавуваат намалување на a_w вредноста за време на складирање. Вредноста на a_w се намалила од 0,948 до 0,936 за време на складирање од 1-от до 25-от ден кај урда произведена од овча сурутка (Parra et al., 2015). За време на складирање од 1-от, 7-от и 14-от ден кај

албуминско сирење-скута a_w вредноста за се движела од 1,01, 0,97 и 0,98, соодветно (Zandona et al., 2020).

5.2.12. Активна киселост (pH) во албуминските сирења

Резултатите од активната киселост (pH) на албуминските сирења во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се прикажани на графикон 12.



Графикон 12. Активна киселост во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Во текот на складирањето, следена е рН-вредноста на албуминското сирење без додаток на цвекло во прав (контрола) и албуминските сирења со додаток на различна содржина органско цвекло во прав. Добиените резултати покажуваат тренд на намалување на рН-вредноста кај сите примероци. Албуминското сирење АСК на 1-от ден од складирањето се карактеризира со највисока рН-вредност од $5,50 \pm 0,00$, што е во корелација со резултатите од други автори. Односно, рН-вредноста на урда произведена од кравја сурутка добиена при производство на бело саламурено сирење изнесува 5,53 (Chadikovski et al., 2022). Според Antunac et al. (2011), истарската скута се карактеризира со рН-вредност од 6,54 додека пашката скута со рН-вредност од 6,13. Во бачката скута определено е рН-вредност од 6,51 (Rako et al., 2018).

Албуминските сирења се карактеризират со висока активна киселост (pH) и отсуство на конзерванси што ги прави одличен медиум за развој на патогени микроорганизми (Zandona et al., 2020). Сепак, активната киселост или pH- вредноста е важен параметар што влијае на сите својства на сирењето, вклучувајќи ја текстурата, вкусот и изгледот (Qader et al., 2023).

Збогатувањето на албуминското сирење со 2,5%, 5,0% и 7,5% органско цвекло во прав допринесе за статистичко значајно ($p < 0,05$) намалување на pH- вредноста во однос на контролата АСК. pH- вредноста кај примероците AC1, AC2 и AC3 изнесуваше: $5,40 \pm 0,00$, $5,34 \pm 0,02$ и $5,22 \pm 0,02$, соодветно. Намалувањето на pH- вредноста кај збогатените примероци се должи на присуството на природните органски киселини и диететските влакна во цвеклото кои влијаат на намалување на pH- вредноста (Zhang et al., 2018; Osundahunsi & Afolabi, 2021), како и можноста присутните полифеноли да ослободуваат водородни јони (H^+) што допринесуваат за пониска pH- вредност (Rufino et al., 2010).

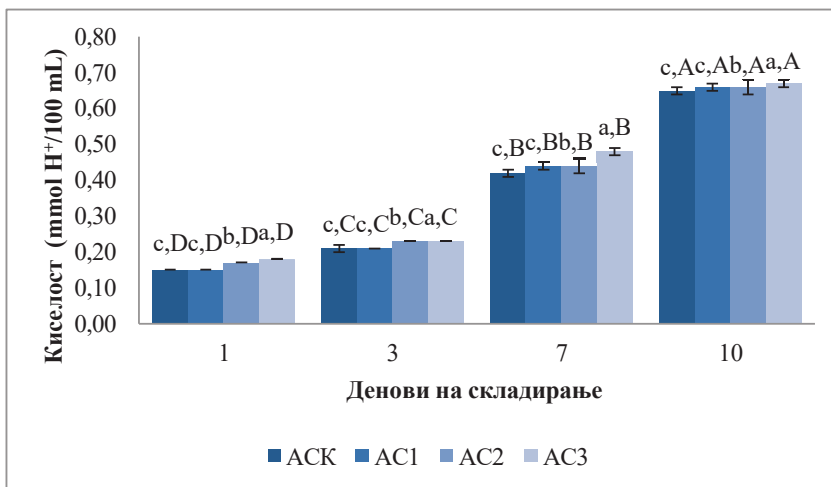
Спротивно на овие резултати Setiaji et al. (2019), утврдиле дека додавањето на сок од цвекло од (2%, 4% и 6%) во моцарела не влијаело врз pH- вредноста и таа изнесувала 6,18, 6,17 и 6,13, соодветно, додека во контролата определиле pH- вредност од 6,15. Според Tianling et al. (2025), додавањето на екстракт од цвекло (1%, 2%, 3% и 4%) во младо кравјо сирење не влијае на pH- вредноста.

За време на складирање од 1-от до 10-от ден забезано е статистички значајна ($p < 0,05$) разлика на pH- вредноста кај АСК и збогатените албумински сирења. pH- вредност кај АСК статистички значајно се намалила во текот на складирањето од $5,50 \pm 0,00$ на 1-от ден до $4,72 \pm 0,00$ на 10-от ден од складирањето. Статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на pH- вредноста е забележано и кај збогатените сирења со цвекло во прав за време на складирањето од 1-от до 10-от ден, односно pH се намалила кај AC1 од $5,40 \pm 0,00$ до $4,71 \pm 0,01$, кај AC2 од $5,34 \pm 0,02$ до $4,73 \pm 0,03$ и кај AC3 се намалила од $5,22 \pm 0,02$ до $4,55 \pm 0,00$ (графикон 12).

Намалување на pH- вредноста од 5,31 до 5,27 од 1-от до 10-от ден на складирање, забележале Sulejmani & Amedi (2025), кај свежо сирење произведено од сурутка добиена од производство на кашкавал. pH- вредноста на рикота анализирана од страна на Qader et al. (2023), се намалила од 5,48 на 1-от до 5,10 на 4-от и 5,08 на 7-от ден од складирањето. Намалувањето на pH- вредноста за времето на складирање е потврдено и од страна на Parra et al. (2015).

5.2.13. Титрациона киселост на албуминските сирења

Резултатите за титрационата киселост на албуминските сирења во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден, претставени се на графикон 13.



Графикон 13. Киселост во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од прикажаните резултати на графикон 13, може да се забележи дека вредноста на титрационата киселост кај контролниот примерок АСК на 1-от ден на складирање изнесува $0,15 \pm 0,00$ mmol H⁺/100 mL. Според Kaminarides et al. (2013), киселоста изразена како млечна киселина во грчко албуминско сирење изнесувала 0,11%. Титрационата киселост на албуминско сирење - тварог изнесувала 1,53% (Dmytrów et al., 2021), додека во рикотата е определена титрационата киселост од 0,66% (Messias et al., 2021). Според, Kaminarides et al., (2013), титрационата киселост на албуминските сирења се должи на киселинските радикали и протеините, а не од ферментацијата на лактозата под влијание на млечно киселите бактерии, бидејќи таа во голема мера се уништува при термичката обработка на сурутката.

Збогатувањето на албуминското сирење со 2,5% органско цвекло во прав не е статистички значајно ($p < 0,05$) во поглед на вредностите за титрационата киселост (графикон 13). Ова би можело да го потврди инхибиторниот ефект на цвеклото во прав врз производството на млечна киселина од страна на бактериите

и/или неговиот ефект на пуферирање (Dmytrów et al., 2021). Збогатувањето на албуминското сирење со 5,0% и 7,5%, допринесе за статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на титрационата киселост од $0,17 \pm 0,00 \text{ mmol H}^+ / 100 \text{ mL}$ и $0,18 \text{ mmol H}^+ / 100 \text{ mL}$, соодветно, во однос на контролата. Зголемувањето на титрационата киселост како резултат на додавање на поголем процент на цвекло во прав, може да се должи на поголемата содржина на органски киселини и фенолни соединенија со кисел карактер (Osundahunsi & Afolabi, 2021).

Од графикон 13 се забележува статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на титрационата киселост кај АСК во периодот од 1-от, 3-от, 7-от и 10-от ден на складирање од $0,15 \pm 0,00 \text{ mmol H}^+ / 100 \text{ mL}$, $0,21 \pm 0,01 \text{ mmol H}^+ / 100 \text{ mL}$, $0,42 \pm 0,01 \text{ mmol H}^+ / 100 \text{ mL}$ и $0,65 \pm 0,01 \text{ mmol H}^+ / 100 \text{ mL}$, соодветно. Резултатите добиени од ова истражување се во согласност со резултатите добиени од други автори. Кај албуминското сирење рикота во периодот на складирање на 1-от, 4-от и 7-от ден киселоста се зголемила од 0,103%, 0,173% и 0,206%, соодветно (Qader et al., 2023). Според Kaminarides et al. (2018), титрационата киселост во албуминско сирење Muzithra се зголемила од 0,25% до 0,350% за време на складирање од 1-от до 15-от ден. Спротивно на ова, кај свежото сирење од сурутка добиена од производството на биено сирење титрационата киселост се намалила од 1,70% до 1,01% за време на складирање од првиот до 10 ден (Sulejmani & Amedi, 2025).

5.3 Маснокиселински профил во албуминските сирења

Маснокиселинскиот профил на заситени масни киселини (SFA) кај албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) на 1-от и 10-от ден од складирањето се прикажани во табела 11.

Табела 11. Заситени масни киселини кај контролата АСК и збогатените албумински сирења АС1, АС2 и АС3 на 1-от и 10-от ден на складирање

Параметар		Ден на складирање	Примероци			
Заситени масни киселини			АСК (%)	АС1 (%)	АС2 (%)	АС3 (%)
Заситени масни киселини (SFA)	Бутерна С4:0	1	2,81±0,08 ^{a,A}	2,78±0,03 ^{ab,A}	2,72±0,01 ^{ab,A}	2,67±0,04 ^{b,A}
		10	2,73±0,01 ^{a,B}	2,44±0,02 ^{ab,B}	2,44±0,04 ^{ab,B}	2,23±0,01 ^{b,B}
	Капронска С6:0	1	1,84±0,06 ^{a,A}	1,88±0,03 ^{ab,A}	1,84±0,01 ^{ab,A}	1,81±0,03 ^{b,A}
		10	1,85±0,01 ^{a,B}	1,71±0,01 ^{ab,B}	1,72±0,02 ^{ab,B}	1,60±0,01 ^{b,B}
	Каприлна С8:0	1	1,19±0,02 ^{a,A}	1,21±0,02 ^{ab,A}	1,16±0,01 ^{ab,A}	1,15±0,04 ^{b,A}
		10	1,16±0,04 ^{a,B}	1,10±0,01 ^{ab,B}	1,12±0,02 ^{ab,B}	1,12±0,01 ^{b,B}
	Капринска С10:0	1	2,78±0,02 ^{a,A}	2,82±0,02 ^{ab,A}	2,74±0,02 ^{ab,A}	2,76±0,06 ^{b,A}
		10	2,72±0,01 ^{a,B}	2,61±0,02 ^{ab,B}	2,65±0,04 ^{ab,B}	2,43±0,01 ^{b,B}
	Ундеканска С11:0	1	0,23±0,04 ^{a,A}	0,26±0,01 ^{ab,A}	0,24±0,01 ^{ab,A}	0,24±0,02 ^{b,A}
		10	0,24±0,02 ^{a,B}	0,24±0,02 ^{ab,B}	0,24±0,02 ^{ab,B}	0,23±0,02 ^{b,B}
	Лауринска С12:0	1	3,24±0,05 ^{a,A}	3,31±0,01 ^{ab,A}	3,23±0,01 ^{ab,A}	3,24±0,08 ^{b,A}
		10	3,25±0,01 ^{a,B}	3,13±0,02 ^{ab,B}	3,17±0,02 ^{ab,B}	3,13±0,02 ^{b,B}
	Тридеканска С13:0	1	0,14±0,05 ^{a,A}	0,16±0,01 ^{ab,A}	0,17±0,01 ^{ab,A}	0,17±0,02 ^{b,A}
		10	0,17±0,02 ^{a,B}	0,16±0,01 ^{ab,B}	0,17±0,01 ^{ab,B}	0,36±0,03 ^{b,B}
	Миристинска С14:0	1	11,50±0,57 ^{a,A}	12,03±0,04 ^{ab,A}	11,88±0,04 ^{ab,A}	11,92±0,04 ^{b,A}
		10	11,83±0,02 ^{a,B}	11,43±0,01 ^{ab,B}	11,52±0,02 ^{ab,B}	11,46±0,03 ^{b,B}
	Пентадеканска С15:0	1	1,73±0,06 ^{a,A}	1,77±0,02 ^{ab,A}	1,74±0,06 ^{ab,A}	1,73±0,04 ^{b,A}
	10	1,74±0,03 ^{a,B}	1,66±0,06 ^{ab,B}	1,67±0,02 ^{ab,B}	1,34±0,02 ^{b,B}	
Палмитинска С16:0	1	33,12±0,04 ^{a,A}	33,28±0,83 ^{ab,A}	32,87±0,04 ^{ab,A}	32,93±0,04 ^{b,A}	
	10	32,91±0,02 ^{a,B}	31,81±0,04 ^{ab,B}	31,93±0,03 ^{ab,B}	33,31±0,13 ^{b,B}	
Хептадеканска С17:0	1	0,80±0,06 ^{a,A}	0,83±0,01 ^{ab,A}	0,82±0,02 ^{ab,A}	0,81±0,01 ^{b,A}	
	10	0,84±0,01 ^{a,B}	0,75±0,04 ^{ab,B}	0,74±0,03 ^{ab,B}	0,72±0,03 ^{b,B}	
Стеаринска С18:0	1	13,16±0,06 ^{a,A}	13,15±0,01 ^{ab,A}	13,06±0,06 ^{ab,A}	13,06±0,06 ^{b,A}	
	10	13,00±0,03 ^{a,B}	12,55±0,06 ^{ab,B}	12,68±0,04 ^{ab,B}	10,32±0,01 ^{b,B}	
Арахидинска С20:0	1	0,23±0,05 ^{a,A}	0,21±0,01 ^{ab,A}	0,23±0,02 ^{ab,A}	0,24±0,02 ^{b,A}	
	10	0,21±0,01 ^{a,B}	0,25±0,02 ^{ab,B}	0,24±0,03 ^{ab,B}	0,22±0,02 ^{b,B}	
Беханска С22:0	1	0,10±0,02 ^{a,A}	0,11±0,01 ^{ab,A}	0,11±0,02 ^{ab,A}	0,11±0,01 ^{b,A}	
	10	0,11±0,01 ^{a,B}	0,14±0,02 ^{ab,B}	0,12±0,03 ^{ab,B}	0,07±0,03 ^{b,B}	
Лигноцеринска С24:0	1	0,13±0,05 ^{a,A}	0,19±0,01 ^{ab,A}	0,07±0,02 ^{ab,A}	0,10±0,00 ^{b,A}	
	10	0,24±0,01 ^{a,B}	0,07±0,01 ^{ab,B}	0,06±0,03 ^{ab,B}	0,06±0,03 ^{b,B}	
Σ SFA	1	72,95±1,06	73,95±0,25	72,84±0,37	72,90±0,53	
	10	72,98±0,28	70,01±0,38	70,44±0,40	68,66±0,55	

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Содржината на заситени масни киселини во контролниот примерок АСК на 1-от ден од складирањето изнесуваше 72,95±1,06% (табела 11). Рикота произведена од кравја сурутка содржела 57,16% заситени масни киселини (Bergamaschi & Bittante 2017). Рикота сирење произведено од овча сурутка содржи 78,53% заситени масни киселини (Bennato et al., 2022). Рикота произведена од кравја сурутка добиена во периодот на исхрана на животните на

пасишта содржела 64,66% заситени, додека во периодот на хранење на животните содржела 66,36% заситени, масни киселини (Mangione et al., 2025). Во 32 примероци од албуминското сирење, Брачка скута произведено од овча сурутка, содржината на заситени масни киселини се движела во границите од 16,300 до 18,998 mg /100 g во зависност од периодот на лактација (Rako et al., 2018). Според Pintado et al. (2001), содржината на масти и маснокиселинскиот профил, кај албуминските сирења е во зависност од изворот на сурутката (вид на казеинско сирење), количината на млеко додадено во сурутката и технологијата на производство. Повисоките температури и подолгото време на загревање ја зголемуваат содржината на масти во сирењето од сурутка.

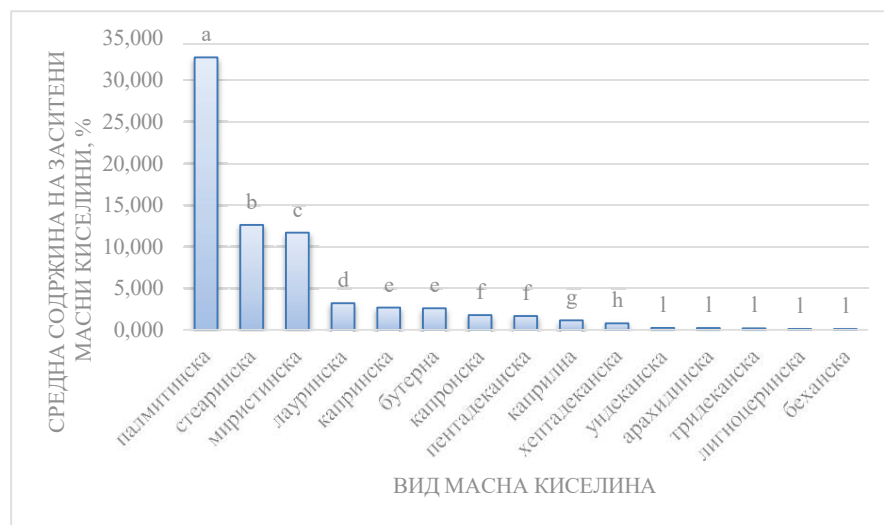
Кај збогатените примероци со органско цвекло AC1, AC2 и AC3 заситените масни киселини се застапени со $73,95 \pm 0,25\%$, $72,84 \pm 0,37\%$ и $72,90 \pm 0,53\%$, соодветно, во однос на контролата АСК $72,95 \pm 1,06\%$ (табела 11). Од претставените резултати, се забележува статистички значајна ($p < 0,05$) разлика во содржината на заситените масни киселини во контролниот примерок АСК и примерокот AC3, во кој е додадено 7,5% цвекло во прав.

Статистички значајна разлика ($p < 0,05$) е утврдена помеѓу првиот и десеттиот ден на складирање кај контролниот примерок и примероците со различна содржина на цвекло во прав.

Во контролниот примерок АСК се забележува значајно зголемување на заситените масни киселини во периодот од 1-от до 10-от ден на складирање. Според Vorba et al. (2014), ова може да биде поврзано со намалената липолиза за време на периодот на складирање, што произлегува од термичка инактивација на природно присутните липази во млекото или на микробните липази, поради термичкиот третман при производство на рикота.

Спротивно на ова, кај примероците AC1, AC2 и AC3 се забележува статистичко значајно ($p < 0,05$) намалување на SFA, што веројатно е резултат на влијанието на додаденото органско цвекло во прав, кое изобилува со беталаини и полифеноли.

Средните вредности на одделни масни киселини кои припаѓаат на групата заситени масни киселини кај албуминските сирења, испитувани на 1-от и 10-от ден од складирањето се прикажани на графикон 14.



Графикон 14. Средна вредност на содржина на одделни заситени масни киселини во албумински сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во период на складирање

Од прикажаните резултати за средна содржина на присутните заситени масни киселини во албумински сирења (графикон 14), може да се забележи дека со највисока содржина ($p < 0,05$) е присутна палмитинската киселина.

Статистички значајна ($p < 0,05$) разлика помеѓу содржината на масните киселини се забележува помеѓу: стеаринска, миристинска, лауринска, каприлна и хептадеканската масна киселина. А, помеѓу содржината на капринската и бутерната масна киселина не се забележува статистички значајна разлика, како и помеѓу разликите во содржината на капронската и пентадеканската масна киселина.

Статистички значајна разлика ($p < 0,05$) не е забележана ниту помеѓу содржината на ундеканската, арахидинската, тридеканската, лигноцеринската и беханската масна киселина.

Содржината на мононезаситени масни киселини во албуминските сирења, во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден е прикажана во табела 12.

Табела 12. Мононезаситени масни киселини во контролниот примерок АСК и збогатените албумински сирења АС1, АС2 и АС3 на 1-от и 10-от ден на складирање

Параметар		Денови на складирање	Примероци			
Мононезаситени масни киселини			АСК (%)	АС1 (%)	АС2 (%)	АС3 (%)
Мононезаситени MUFA	Тетрадеценска C14:1	1	1,60±0,28a,B	1,44±0,01a,B	1,39±0,02a,B	1,41±0,03a,B
		10	1,38±0,01a,A	1,46±0,05a,A	1,41±0,01a,A	1,86±0,04a,A
	Палмитолеинска C16:1	1	1,78±0,06a,B	1,20±0,02a,B	1,79±0,13a,B	1,76±0,05a,B
		10	1,47±0,05a,A	1,81±0,42a,A	1,81±0,02a,A	2,40±0,01a,A
	Олеинска C18:1 n-9	1	19,80±0,42a,B	19,54±0,06a,B	19,49±0,13a,B	19,55±0,06a,B
		10	19,70±0,14a,A	22,20±0,42a,A	21,75±0,21a,A	21,70±0,28a,A
	Цис-вакценска C18:1 n-11	1	0,59±0,08a,B	0,57±0,04a,B	0,52±0,03a,B	0,51±0,01a,B
	10	0,50±0,01a,A	0,54±0,03a,A	0,53±0,04a,A	0,54±0,03a,A	
Елаидинска C18:1 n-9 tr	1	2,42±0,06a,B	2,47±0,01a,B	2,50±0,02a,B	2,50±0,01a,B	
	10	2,42±0,01a,A	2,32±0,02a,A	2,54±0,03a,A	2,00±0,02a,A	
Σ MUFA	1	26,19±0,80	25,21±0,12	25,68±0,23	25,72±0,11	
	10	25,75±0,18	28,32±0,45	28,03±0,11	28,50±0,29	

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од резултатите во табела 12, се забележува дека кај контролниот примерок АСК содржината на мононезаситени масни киселини тетрадеценска, палмитолеинска, олеинска, цис-вакценска и елаидинска масна киселина изнесува 1,60±0,28%, 1,78±0,06%, 19,80±0,42%, 0,59±0,08 % и 2,42±0,06%, соодветно. Според Månsson (2008), најзастапена мононезаситена масна киселина во кравјо млеко е олеинската киселина, со содржина од приближно 23,8%. Транс-масните киселини се присутни со околу 2,7%, од кои главен претставник е вакценската киселина. Палмитолеинската и тетрадеценската киселина се јавуваат во многу мали фракции, а нивната концентрација значително зависи од исхраната на животните (Oliveira et al., 2015; Franceschi et al., 2023). Додека елаидинската киселина е идентификувана во рикота сирења произведени од овчо, кравјо и козјо млеко, а нејзиното присуство варира во зависност од видот на млекото, исхраната на животните и условите на термичката обработка (особено температурата и времето на загревање на сурутката) (Biancolillo et al., 2022).

Содржината на мононезаситените масни киселини на 1-от ден од складирање во АСК изнесуваат 26,19±0,80%. Рикота произведена од кравја сурутка содржела 34,51% мононезаситени масни киселини (Bergamaschi &

Bittante 2017). Во периодот кога животните се хранеле на пасишта рикота од кравја сурутка содржела 30,32%, додека во периодот на хранење на животните содржела 29,51% мононезаситени масни киселини (Mangione et al., 2025). Во 32 примероци од албуминското сирење, Брачка скута произведено од овча сурутка, содржината на мононезаситени масни киселини се движеле во граница од 6,163 до 7,423 mg /100g (Rako et al., 2018).

Мононезаситените масни киселини во збогатените албумински сирења на 1-от ден од складирање се застапени со 25,21±0,12 %, 25,68±0,23 % и 25,72±0,11% за АС1, АС2 и АС3, соодветно. Притоа се забележува статистички незначајно намалување на нивната содржина како резултат на додаденото цвекло во прав.

Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се забележува значајно ($p < 0,05$) зголемување на содржината на мононезаситените масни киселини, во збогатените примероци на албуминско сирење, и тоа: кај АС1 од 25,21±0,12% до 28,32±0,45%, кај АС2 од 25,68±0,23% до 28,03±0,11% и кај АС3 од 25,72±0,11% до 28,50±0,29%. Спротивно, кај контролниот примерок АСК се забележува значајно намалување на содржината на мононезаситени масни киселини од 26,19±0,80 % до 25,75±0,18% во периодот од 1-от до 10-от ден.

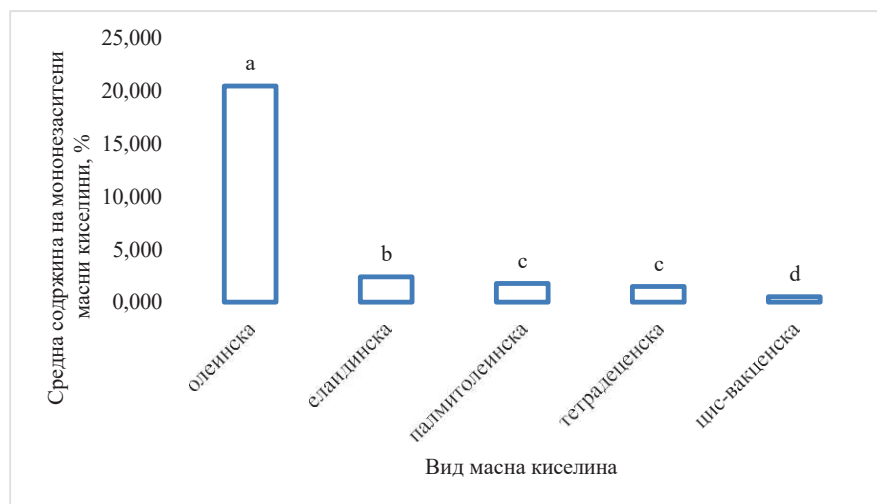
Една од причините за зголемување на содржината на мононезаситени масни киселини кај збогатените примероци би можела да биде присуството на полифеноли и беталаини во цвеклото. Овие биолошки активни соединенија, познати по својот силен антиоксидативен и редокс потенцијал, можат да влијаат на липидниот метаболизам и да придонесат кон стабилизирање или трансформација на масните киселини (Allegra et al., 2007; Clifford et al., 2015; Georgiev et al., 2010).

Dopieralska et al. (2020), кај чадено сирење од млеко од автохтони полски раси на крави за време на складирање од 1-от до 21-от ден утврдиле намалување на MUFA од 29,59 g/100 g до 29,28 g/100 g, додека зголемување од 30,92 g/100 g на 42-от ден на складирањето.

На графикон 15 е претставена средната вредност од 1-от и 10-от ден на складирање од содржината на мононезаситените масни киселини, определени во албуминските сирења.

Претставените резултатите од графикон 15, покажуваат статистички значајна разлика ($p < 0,05$) помеѓу содржината на олеинската масна киселина и

останатите определени масни киселини од групата на мононезаситените масни киселини.



Графикон 15. Средна содржина на одделни мононезаситени масни киселини во албумински сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во период на складирање

Содржината на полинезаситените масни киселини во албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) е прикажана во табела 13.

Табела 13. Полинезаситени масни киселини во контролниот примерок АСК и збогатените албумински сирења АС1, АС2 и АС3 на 1-от и 10-от ден на складирање

Параметар		Денови на складирање	Примероци			
Полинезаситени масни киселини			АСК (%)	АС1 (%)	АС2 (%)	АС3 (%)
Полинезаситени PUFA	Линолна C18:2 n-6	1	0,15±0,04 ^{b,B}	0,14±0,01 ^{b,B}	0,59±0,04 ^{ab,B}	0,55±0,01 ^{a,B}
		10	0,40±0,02 ^{b,A}	1,02±0,04 ^{b,A}	0,67±0,04 ^{ab,A}	1,60±0,04 ^{a,A}
	Линоленска C18:3 n-3	1	0,15±0,04 ^{b,B}	0,13±0,01 ^{b,B}	0,14±0,03 ^{ab,B}	0,15±0,04 ^{a,B}
		10	0,14±0,02 ^{b,A}	0,14±0,02 ^{b,A}	0,15±0,02 ^{ab,A}	0,46±0,04 ^{a,A}
	Транс линолна C18:2-trans 9,12	1	0,25±0,04 ^{b,B}	0,25±0,01 ^{b,B}	0,77±0,05 ^{ab,B}	0,37±0,03 ^{a,B}
		10	0,56±0,02 ^{b,A}	0,51±0,03 ^{b,A}	0,46±0,02 ^{ab,A}	0,50±0,03 ^{a,A}
	Σ PUFA	1	0,55±0,04	0,52±0,01	1,49±0,01	1,07±0,02
		10	1,09±0,02	1,67±0,04	1,38±0,13	6,40±0,04

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Во албуминските сирења се застапени следниве полинезаситени масни

киселини: лиолна (C18:2 n-6), лиоленска (C18:3 n-3) и транс-лиолна киселина (C18:2-trans 9,12). Лиолната киселина е карактеристична за кравјо млеко, додека лиоленската се среќава во мали количини, особено кога животните се хранат на пасишта (Månsson, 2008; Hauswirth et al., 2004). Транс-лиолната киселина, која е еден од транс-изомерите на лиолната киселина, настанува како резултат на микробната биохидрогенација во желудникот на преживарите и присутна е во мали, но нутритивно значајни количини во млечните производи (Jensen, 2002; Destailats et al., 2005).

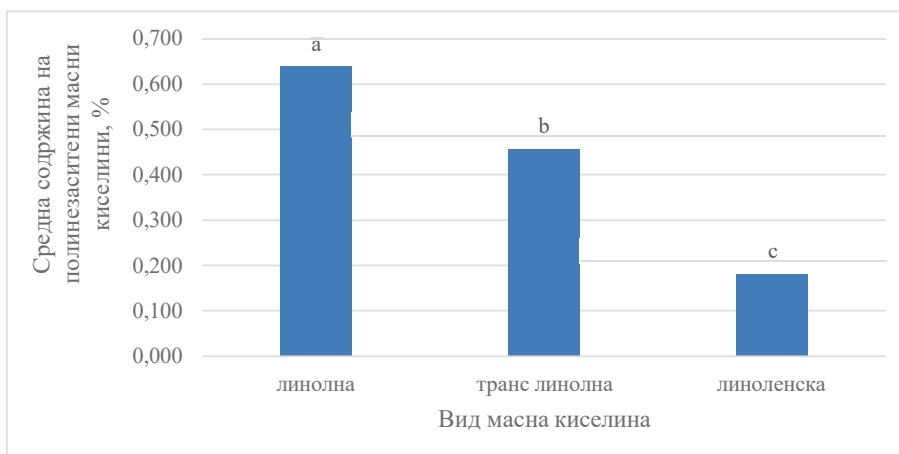
На 1-от ден од складирање кај контролниот примерок АСК застапени се следниве полинезаситени масни киселини: C18:2 n-6, C18:3 n-3 и C18:2-trans 9,12, во содржина од $0,15 \pm 0,04\%$, $0,15 \pm 0,04\%$ и $0,25 \pm 0,04\%$, соодветно. Вкупната содржина на PUFA, кај АСК изнесувала $0,55 \pm 0,04\%$.

Во рикота произведена од сурутка која потекнувала од крави кои се хранеле на паша присутни биле: C18:2 cis-9,cis-12 (2,36%), C18:3 cis-6,cis-9,cis-12 (0,02%), C18:3 cis-9,cis-12,cis-15 (0,87%), C20:3 n-6 (0,11%), C20:3 n-3 (0,18%) и C22:5 n-3 (0,14%) (Mangione et al., 2025). Рикота произведена од кравја сурутка содржела 6,03% полинезаситени масни киселини (Bergamaschi & Bittante 2017). Според Mangione et al., (2025), рикота произведена од кравја сурутка добиена во периодот на исхрана на животните на пасишта содржела 5,02%, додека во период на хранење на животните содржела 4,14% полинезаситени масни киселини (Mangione et al., 2025), додека рикота сирење произведено од овча сурутка содржело 3,84% полинезаситени масни киселини (Bennato et al., 2022).

Од прикажаните резултати во табела 13, може да констатира дека додавањето на 7,5% цвекло во прав значајно ($p < 0,05$) ја зголемува содржината на PUFA во однос на контролата и таа на 1-от ден на складирање изнесува $1,07 \pm 0,02\%$ кај АС3 во однос на контролата АСК $0,55 \pm 0,04\%$.

Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден, забележана е статистички значајна разлика ($p < 0,05$) во содржината на PUFA, и тоа зголемување кај примерокот АСК од $0,55 \pm 0,04\%$ до $1,09 \pm 0,02\%$, кај АС1 од $0,52 \pm 0,01\%$ до $1,67 \pm 0,04\%$ и кај АС3 од $1,07 \pm 0,02\%$ до $6,40 \pm 0,04\%$. Додека кај примерокот АС2 се забележува статистичко намалување од $1,49 \pm 0,01\%$ до $1,38 \pm 0,13\%$.

Средната вредност на содржината на полинезаситените масни киселини во албуминските сирења од 1-от и 10-от ден од складирањето е претставена на графикон 16.



Графикон 16. Средна содржина на одделни полинезаситени масни киселини во периодот на складирање во албумински сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3)

Од прикажаните резултати на графикон 16, може да се забележи статистички значајно ($p < 0,05$) највисока содржина на линолната масна киселина, во однос на останатите масни киселини од групата на полинезаситените масни киселини.

Полинезаситените масни киселини (PUFA) се витални елементи во исхраната кои играат значајна улога во исхраната на човекот. Тие се високо ценети поради нивниот позитивен придонес кон целокупното здравје и благосостојба (Mititelu et al., 2025). Особено, n-3 полинезаситените масни киселини со изразен терапевтски потенцијал на низа болести, вклучувајќи канцер, невролошки нарушувања, кардиоваскуларни заболувања, имунолошки и репродуктивни заболувања (Patted et al., 2024). Според Markiewicz-Kęszycka et al. (2013), идеален сооднос за консумација на n-6/n-3 PUFA е 1,2 : 1.

5.4 Есенцијални макро и микро минерали во албуминските сирења

Добиените податоци за содржината на есенцијални минерални материи кај албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) на 1-от и 10-от ден од складирањето се претставени во табела 14.

Табела 14. Есенцијални минерални материи во контролниот примерок АСК и збогатените албумински сирења АС1, АС2 и АС3 на 1-от и 10-от ден на складирање

Параметри		Денови на складирање	АСК (ppm)	АС1 (ppm)	АС2 (ppm)	АС3 (ppm)
МАКРОМИНЕРАЛИ (ppm)	Натриум (Na)	1	0,99±0,01 ^{dB}	0,87±0,01 ^{cB}	0,98±0,01 ^{bB}	0,98±0,02 ^{aB}
		10	1,63±0,04 ^{dA}	2,36±0,06 ^{cA}	1,81±0,01 ^{bA}	2,89±0,03 ^{aA}
	Магнезиум (Mg)	1	0,04±0,01 ^{dB}	0,13±0,01 ^{cB}	0,14±0,01 ^{bB}	0,17±0,01 ^{aB}
		10	0,08±0,01 ^{dA}	0,09±0,00 ^{cA}	0,14±0,01 ^{bA}	0,18±0,01 ^{aA}
	Фосфор (P)	1	0,49±0,01 ^{dB}	0,49±0,01 ^{cB}	0,59±0,01 ^{bB}	0,58±0,01 ^{aB}
		10	0,54±0,02 ^{dA}	0,52±0,01 ^{cA}	0,56±0,01 ^{bA}	0,63±0,01 ^{aA}
МИКРОМИНЕРАЛИ (ppm)	Калциум (Ca)	1	0,28±0,01 ^{dB}	0,34±0,01 ^{cB}	0,42±0,01 ^{bB}	0,43±0,01 ^{aB}
		10	0,82±0,00 ^{dA}	1,15±0,04 ^{cA}	0,80±0,00 ^{bA}	1,30±0,02 ^{aA}
	Калиум (K)	1	0,56±0,02 ^{dB}	0,75±0,01 ^{cB}	1,39±0,01 ^{bB}	1,78±0,02 ^{aB}
		10	0,40±0,00 ^{dA}	0,53±0,01 ^{cA}	0,88±0,02 ^{bA}	1,57±0,06 ^{aA}
	Цинк (Zn)	1	0,28±0,01 ^{dB}	0,80±0,01 ^{cB}	1,68±0,05 ^{bB}	1,98±0,03 ^{aB}
		10	0,42±0,01 ^{dA}	0,77±0,01 ^{cA}	1,41±0,05 ^{bA}	1,88±0,02 ^{aA}
МИКРОМИНЕРАЛИ (ppm)	Бакар (Cu)	1	0,24±0,01 ^{dB}	0,38±0,01 ^{cB}	0,80±0,00 ^{bB}	0,58±0,01 ^{aB}
		10	0,19±0,02 ^{dA}	0,44±0,01 ^{cA}	0,52±0,01 ^{bA}	0,68±0,02 ^{aA}
	Железо (Fe)	1	3,00±0,08 ^{dB}	3,52±0,03 ^{cB}	5,13±0,01 ^{bB}	4,37±0,06 ^{aB}
		10	2,87±0,03 ^{dA}	3,36±0,04 ^{cA}	3,80±0,10 ^{bA}	6,64±0,01 ^{aA}
МИКРОМИНЕРАЛИ (ppm)	Манган (Mn)	1	0,28±0,01 ^{dB}	0,83±0,01 ^{cB}	2,06±0,06 ^{bB}	1,80±0,04 ^{aB}
		10	0,60±0,00 ^{dA}	0,79±0,01 ^{cA}	1,21±0,00 ^{bA}	1,43±0,01 ^{aA}

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од приложените резултати во табела 14 на 1-от ден од складирањето, може да се види дека контролниот примерок АСК содржи Na 0,99±0,01 ppm, K 0,56±0,02 ppm, P 0,49±0,01 ppm, Ca 0,28±0,01 ppm и Mg 0,04±0,01 ppm. На 10-от ден од складирањето се забележува зголемување на содржината на Na 1,63±0,04 ppm, на Ca 0,82±0,00 ppm, на P 0,54±0,02 ppm и на Mg 0,08±0,01 ppm, додека содржината на K се намалила до 0,40±0,00 ppm.

Содржината на макро и микро есенцијални минерални материи во албуминските сирења е под влијание на нивната содржина во сурутката како основна суровина за производство на албумински сирења (Rako et al., 2018). За

време на складирањето дел од минералните материи мигрираат во сирењето од внатрешноста кон површината и обратно, што предизвикува промена во нивната содржина (González-Martín et al., 2009).

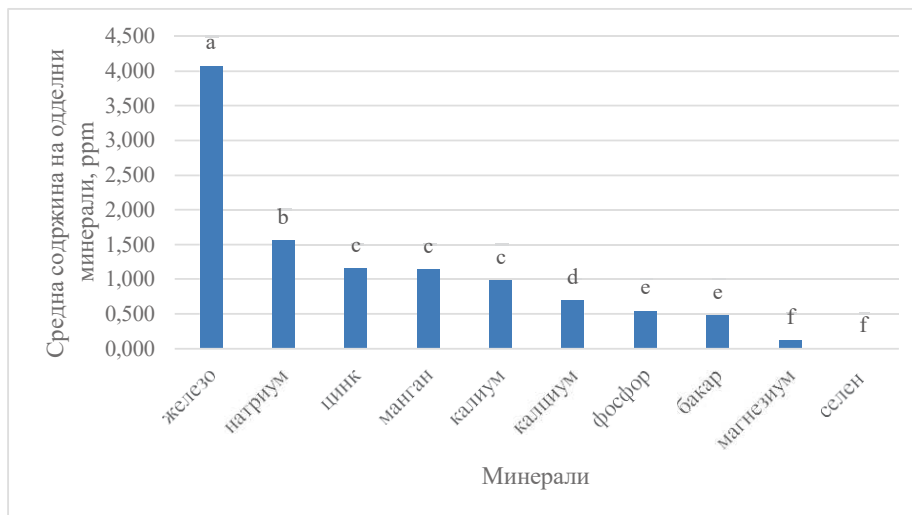
Во поглед на влијанието на додаденото количество цвекло во прав врз содржината на минералите материи, утврдена е статистички значајна разлика ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различна содржина на цвекло во прав (АС1, АС2, АС3) во споредба со контролниот примерок (АСК). Периодот на складирање на албуминското сирење со различна содржина на цвекло во прав, статистички значајно влијае врз содржината на макро и микроминерали ($p < 0,05$). Според Salman et al., (2024), содржината на калциум, калиум и натриум статистички значително се зголемила ($p < 0,05$) со зголемување на додадениот сок од цвекло. Нивната содржина се зголемила и во периодот на складирање.

Збогатувањето на грчки јогурт со 15% на сок од пулпа од цвекло ја зголемило содржината на калциум, магнезиум, натриум и калиум до 105,98 mg/100 g, 24,39 mg/100 g, 81,94 mg/100 g и 86,49 mg/100 g во однос на контролата 90,84 mg/100 g, 18,01 mg/100 g, 44,16 mg/100 g и 50,94 mg/100 g, соодветно (de Oliveira et al., 2024). Содржината на магнезиум, калциум и калиум од 0,20 mg/mL, 77,1 mg/mL, 14,0 mg/mL кај контролата се зголемила до 0,40 mg/mL, 63 mg/mL и 15,00 mg/mL кај јогурт кој бил збогатен со 50 mL сок од цвекло (Dhineshkumar & Ramasamy, 2016). Според Brzezińska-Rojek et al., (2024), високата содржина на микро и макроелементите во цвеклото како ја оправдува неговата употреба како додаток во исхраната или како функционална состојка за збогатување на производите (Brzezińska-Rojek et al., 2024).

Средната вредност на содржината на макро и микроелементи кај албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) на 1-от и 10-от ден од складирање се прикажани на графикон 17.

Од прикажаните резултати (графикон 17), се забележува дека кај албуминските сирења највисока е содржината на железо (4,084 ppm), што е статистички значајно и различно ($p < 0,05$) од сите останати испитувани елементи. Втор елемент на кој неговата содржина, исто така, е статистички значајна и различна ($p < 0,05$) од останатите е натриум (1,563 ppm). Содржината на цинк, манган и калиум (1,151 ppm, 1,145 ppm и 0,982 ppm) не е статистички значајна помеѓу себе ($p > 0,05$) иако највисока е содржината на цинк. Содржината на калиум е статистички значајна и различна ($p < 0,05$) од содржината на

анализираните макро и микроелементи. Содржината на фосфор и бакар (0,548 ppm и 0,479 ppm) не е статистички значајна помеѓу себе ($p > 0,05$), како и содржината на магнезиум (0,120 ppm) и селен (0,00 ppm).



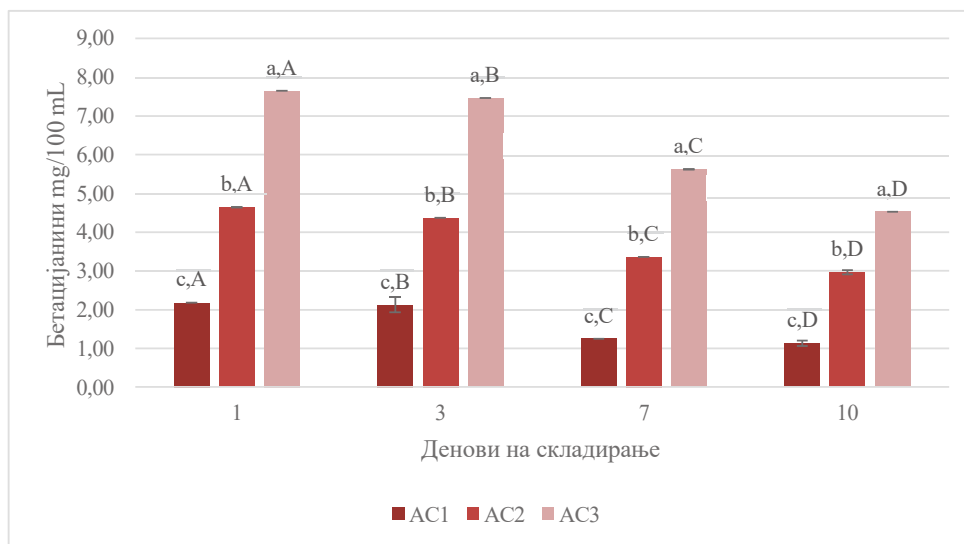
Графикон 17. Средна вредност на содржината на макро и микроелементи кај албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) на 1-от и 10-от ден од складирање

Високата содржина на железо во збогатените албумински сирења е резултат на високата содржина на железо (51,35 ppm) во органското цвекло во прав (табела 8), што е користено за збогатување на албуминските сирења. Примарно, високата содржина на железо во збогатените албумински сирења е резултат на својството на суруткините протеини да создаваат -металопротеини. Односно, β -лактоглобулинот содржи слободна цистеинска група (Cys-121) како место на врзување на метални јони, како што се железо, бакар и сребро. Лактоферинот се состои од еден полипептиден ланец со приближно 700 аминокиселини преклопени во два симетрични лобуси: N-лобус и C-лобус. Овие аминокиселини содржат приближно 345 остатоци, а нивното распоредување во секој лобус создава меѓудоменски џеб со висок степен на поврзаност со железо (Rodzik et al., 2020). Споредбено со резултатите од други автори, во бонбоните во кои било додадено 2, 4, 6 и 8% цвекло во прав, не било измерено присуство на железо, додека бонбоните со 10% цвекло содржеле 0,01 mg/100 g железо (Farhan et al., 2024). Збогатувањето на грчки јогурт со 15% пулпа од цвекло ја зголемило содржината на железо до 8,03 mg/100 g, во однос на контролата 7,52 mg/100 g (de Oliveira et al., 2024). За разлика од β -лактоалбуминот, α -лакталбуминот има

тенденција за врзување на метални јони на калциум, магнезиум и цинк (Rodzik et al., 2020).

5.5 Содржина на беталаини во албумински сирења

Добиените податоци за содржината на бетацијанините кај албуминските сирења (AC1, AC2 и AC3) во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се прикажани на графикон 18.



Графикон 18. Бетацијанини во збогатени албумински сирења AC1, AC2 и AC3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики помеѓу деновите на складирање.

Содржината на бетацијанини статистички значајно ($p < 0,05$) се зголемува со зголемување на додадениот процент на органско цвекло во прав. Со додавање на 2,5%, 5,0% и 7,5% оргнаско цвекло во прав (AC1, AC2 и AC3) определена е следната содржината на бетацијаниди: $2,18 \pm 0,00$ mg/100mL, $4,64 \pm 0,01$ mg/100mL и $7,65 \pm 0,00$ mg/100mL, соодветно (графикон 18). Содржината на бетацијанини во напиток од сурутка збогатен со 1% и 5% екстракт екстракт од лушпа од цвекло изнесувала 78,47mg/L, односно 83,28 mg/L (Abdo et al., 2022). Проксимативно зголемување на содржината на бетацијанини во зависност од додадено цвекло забележуваат и авторите Flores-Mancha et al., (2021a); Abdo et al., (2023) и Ahmed et al., (2025).

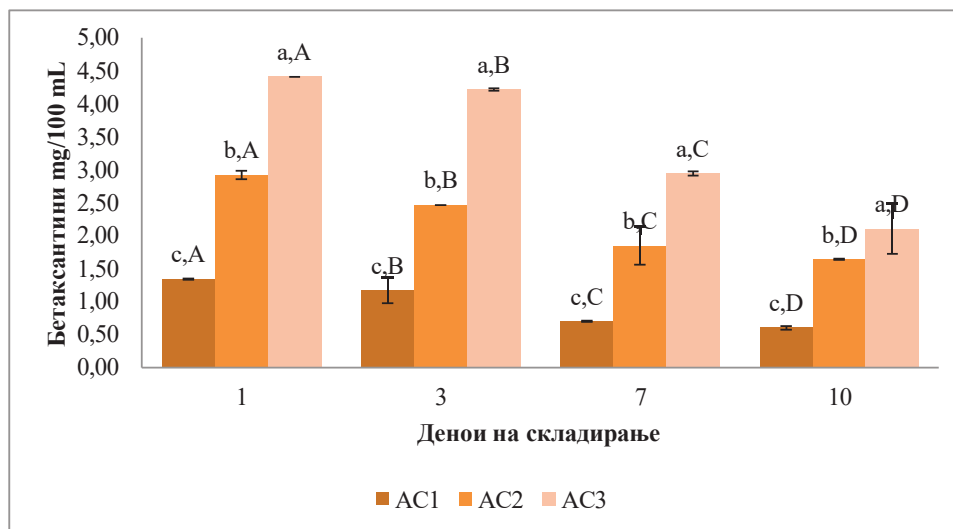
Според добиените резултати од ова истражување за време на периодот на складирање од 1-от до 10-от ден, забележано е статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на содржината на бетацијанините во збогатените примероци албуминско сирење. Содржината на бетацијанини за АС1 изнесува $2,18 \pm 0,00$ mg/100 mL, $2,13 \pm 0,20$ mg/100 mL, $1,25 \pm 0,00$ mg/100 mL и $1,14 \pm 0,07$ mg/100 mL, за АС2 $4,64 \pm 0,01$ mg/100 mL, $4,37 \pm 0,00$ mg/100 mL, $3,36 \pm 0,00$ mg/100 mL и $2,97 \pm 0,05$ mg/100 mL и кај примерокот АС3 содржината на бетацијанините изнесува $7,65 \pm 0,00$ mg/100 mL, $7,46 \pm 0,00$ mg/100 mL, $5,62 \pm 0,01$ mg/100 mL и $4,53 \pm 0,00$ mg/100 mL, соодветно за 1-от, 3-от, 7-от и 10-от ден од складирањето. Еден од основните фактори што влијае на стабилноста на бетацијанините е рН- вредноста. Според Agne et al. (2010), бетацијанинот е најстабилен при рН од 4,5, но се разградува со зголемување на рН- вредноста. За време на складирање од 1-от до 10-от ден рН- вредноста на албуминските сирења е над 4,5 (графикон 12) што е основна причина за брза деградација на бетацијанините.

Иако содржината на бетацијанин се намалува за време на целиот период на складирање, сепак, примерокот АС3 збогатен со 7,5% цвекло во прав се карактеризира со најголема содржина на бетацијанини од 1-от до 10-от ден. Според Schneider-Teixeira et al. (2022), стабилноста на бетацијанинот се зголемува со зголемување на концентрацијата на пигментот.

Содржината на бетацијанини во напитки на база на сурутка збогатени со воден екстракт од кора на цвекло (1%, 2,5% и 5%) се намалиле за 70% за време на складирање до 7-от ден, но нивната содржина останала стабилна до 14-от ден од складирањето (Abdo et al., 2022).

Според Abdo et al. (2023), содржината на бетацијаниди се намалува од 1-от до 7-от ден на складирање од 47,21 mg/L до 18,93 mg/L за јогурт збогатен со 2% воден екстракт од стебло на цвекло и од 51,56 mg/L до 25,53 mg/L за јогурт збогатен до 5 %, екстракт.

Содржината на бетаксантини во албуминските сирења произведени со различна содржина цвекло во прав (2,5%, 5,0% и 7,5%) се прикажани на графикон 19.



Графикон 19. Бетаксантини во збогатени албумински сирења AC1, AC2 и AC3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на чување.

Слично како за бетацијанините така и содржината на бетаксантините се зголемува со зголемување на додадениот процент на органско цвекло (графикон 19). Содржината на бетаксантини на првиот ден од складирањето изнесува $1,34 \pm 0,01$ mg/100 mL за AC1, $2,92 \pm 0,06$ mg/100 mL за AC2 и $4,41 \pm 0,00$ mg/100 mL за AC3. Зголемување на содржината на бетаксантин во примероци од јогурт како резултат на додаден сок од цвекло и енкапсулирано цвекло забележуваат и Flores-Mancha et al., (2021a).

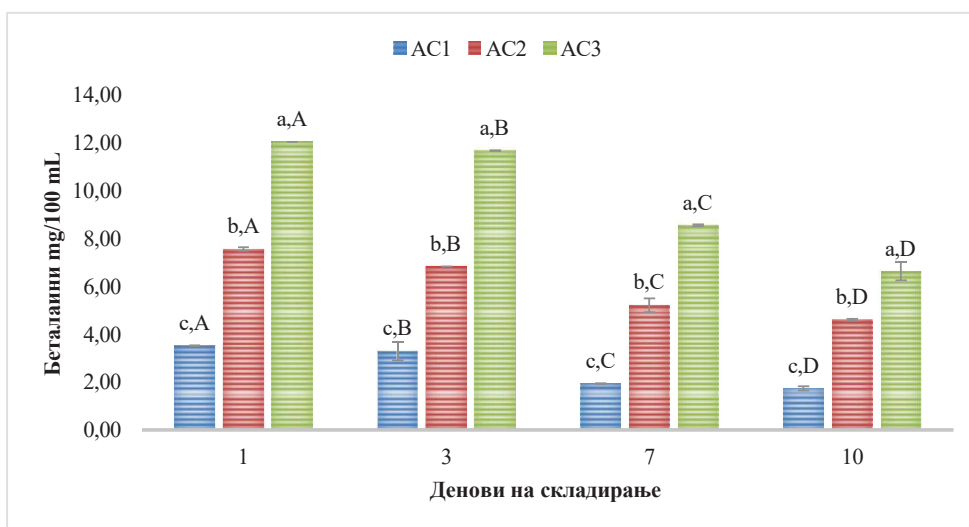
Споредбено со содржината на бетацијанини содржината на бетаксантини е пониска на 1-от ден од складирањето кај примероците AC1, AC2 и AC3. Овие резултати се очекувани и се резултат на пониската содржина на бетаксантин ($3,39$ mg/100mL) во однос на бетацијанини ($4,34$ mg/100 mL) во органското цвекло во прав кое е користено за збогатување на албуминските сирења (табела 9).

Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден, содржината на бетаксантините статистички значајно ($p < 0,05$) се намалува. Најголемо намалување на содржината на бетаксантините е забележано во периодот на складирање од 3-от до 7-от ден кога статистички значајно ($p < 0,05$) се намалила од $1,17 \pm 0,20$ mg/100 mL до $0,70 \pm 0,01$ mg/100 mL за AC1, од $2,46 \pm 0,00$ mg/100 mL до $1,85 \pm 0,29$ mg/100 mL за AC2 и за AC3 од $4,22 \pm 0,02$ mg/100 mL до $2,94 \pm 0,03$ mg/100 mL. На 10-от ден од складирање примероците AC1, AC2 и AC3 се

одликуваат со следната содржина на бетаксантини: $0,60 \pm 0,03$ mg/100 mL, $1,64 \pm 0,01$ mg/100 mL и $2,10 \pm 0,38$ mg/100 mL, соодветно.

Намалувањето на содржината на бетаксантините за време на складирање е во зависност од повеќе фактори вклучувајќи ја и pH- вредноста. Според, Schneider-Teixeira et al., (2022), беталаините се најстабилни во опсег на pH од 3 до 7, при што бетацијанините се поотпорни на кисели услови, а бетаксантините се најстабилни при неутрална pH- вредност. Брзата деградација и намалување на содржината на бетаксантини се претпоставува дека се должи на значајното намалување на pH- вредноста за време на складирање на албуминските сирења (графикон 12). Статистички значајно намалување на бетаксантините е забележано и од Abdo et al., (2022) во напитки на база на сурутка збогатени со воден екстракт од кора на цвекло (1%, 2,5% и 5%), за време на складирање од 1-от до 14-от ден.

Содржината на беталаини во албуминско сирење, изразена како сума од бетацијанини и бетаксантини кај албуминските сирења со различна содржина на органско цвекло во прав (2,5%, 5,0% и 7,5%) се претставени на графикон 20.



Графикон 20. Беталаини во збогатени албумински сирења AC1, AC2 и AC3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од резултатите може да се забележи статистички значајно зголемување ($p < 0,05$) на содржината на беталаини како резултат на додадено органско цвекло во прав. Содржината на беталаини се зголемува со зголемување на додаденото

цвекло во прав $3,52 \pm 0,01$ mg/100 mL, $7,56 \pm 0,08$ mg/100 mL и $12,06 \pm 0,00$ mg/100 mL за AC1, AC2 и AC3, соодветно. За време на складирање од 1-от до 10-от ден кај сите примероци се забележува статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на содржината на беталаини. Најголемо намалување е забележано од 3-от до 7-от ден на складирање од $3,30 \pm 0,40$ до $1,94 \pm 0,01$ mg/100 mL за AC1, од $6,83 \pm 0,00$ до $5,21 \pm 0,29$ mg/100 mL за AC2 и $11,68 \pm 0,02$ до $8,56 \pm 0,04$ mg/100 mL за AC3. На последниот 10-от ден од складирањето содржината на бетацијанити во примероците изнесуваше: $1,74 \pm 0,10$ mg/100 mL, $4,61 \pm 0,04$ mg/100 mL и $6,63 \pm 0,38$ mg/100 mL за AC1, AC2 и AC3, соодветно.

Покрај pH- вредноста, врз стабилноста на беталаините влијае и содржината на вода, a_w вредноста, топлината, присуството на светлина и кислород (Herbach et al., 2006).

Според Fu et al. (2020), намалувањето на содржината на беталаини може да биде како резултат на високата содржина на вода, бидејќи хидролитичката реакција е во зависност од содржината на водата. Според Ahmed et al. (2025), се забележува брзо намалување на содржината на беталаините во првите две недели од складирањето, како резултат на реверзибилна реакција на хидролиза во јогуртот што произведува цикло-DOPAD-глукозид (CDG). Бетацијанините се разградуваат до беталамична киселина и цикло-допа-5-*O*-глукозид преку реверзибилна реакција што овозможува регенерација на беталаини. Оваа регенерација зависи од условите на околината. Бетацијанините се регенерираат преку кондензација на (Schiff-base) Шиф-база помеѓу amino аминокиселината на циклодопа-5-*O*-глукозид и алдехидната група на беталаминска киселина, додека во присуство на аминокиселини, беталамската киселина е вклучена во регенерацијата на повеќе бетаксантини отколку бетацијанини (Abdo et al., 2023). Оваа деградација е потпомогната од високите вредности за a_w , кои потпомагаат за раздвојување на алдиминската врска (Fu et al., 2020).

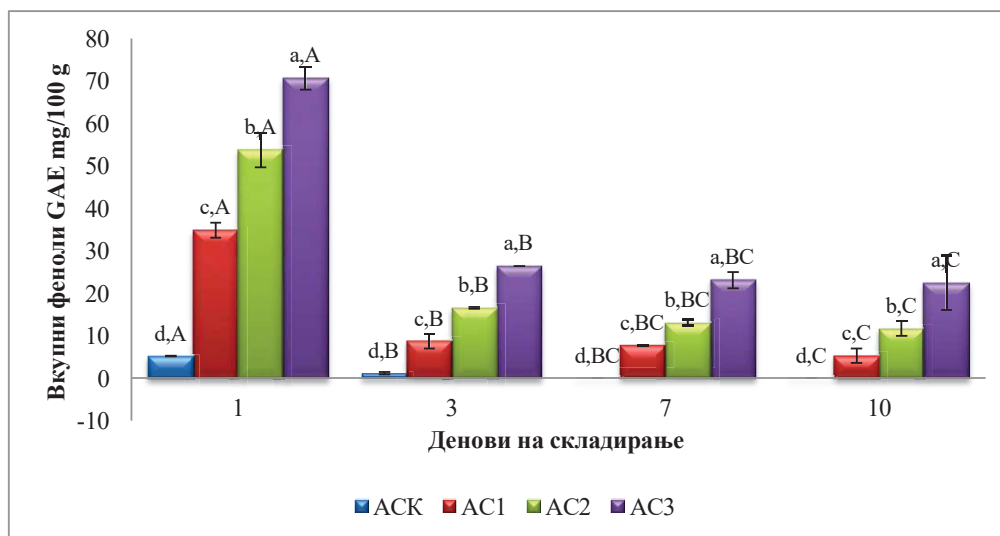
Примероците од албуминското сирење AC1, AC2 и AC3 за целиот период на складирање се карактеризираат со висока содржина на влага над 66% (графикон 9) и високи вредности за a_w над 0,97 (графикон 11), што доведува до зголемување на чувствителноста на беталаините. Според Fu et al., (2020), светлината предизвикува деградација на беталаинот, но оваа деградација зависи од присуството на кислородот, бидејќи влијанието на изложеноста на светлина е незначителна во анаеробни услови. Примероците, за време на складирањето од

1-от до 10-от ден не беа пакувани во анаеробни услови, што е дополнителна причина за деградација, но примероците беа складирани на ниска температура (± 4 °C), која според Kavitar et al. (2017), позитивно влијае на беталаините.

Брза деградација на беталаините од 1-от до 7-от ден на складирање е забележана од страна на Abdo et al. (2022), во напиток од сурутка збогатен со 5% воден екстракт од кора на цвекло, каде беталаините се намалиле од 106,44 до 55,27 mg/L. Додавањето на сок од цвекло во количина од 1% и 5% допринело до значајно зголемување на содржината на беталаини 2,69 и 3,82 mg/L во однос на контролата. До 14 ден од складирањето била забележана брза деградација на беталаините, но до 21-от ден потоа, нивната содржина се зголемила до 2,63 и 3,62 mg/L (Ahmed et al., 2025).

5.6 Вкупни феноли во абуминските сирења

Добиените резултати за содржината на вкупни феноли кај албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3), во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се прикажани на графикон 21.



Графикон 21. Вкупни феноли во албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден.

Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од прикажаните резултати за содржината на вкупни феноли (графикон 21) се забележува статистички значајно поголема ($p < 0,05$) содржина на вкупните феноли како резултат на додаденото цвекло во прав. На 1-от ден од складирањето содржината на феноли кај примерокот збогатен со 7,5% цвекло во прав (АС3) изнесува $70,66 \pm 2,62$ mg GAE/100 g во однос на контролниот примерок АСК $5,19 \pm 0,09$ mg GAE/100 g.

Поголема содржина на вкупни феноли кај албуминските сирења збогатени со органско цвекло во прав, се забележува и на останатите денови од складирањето, во однос на контролата. Концентрацијата на вкупните феноли на 3-от ден од складирањето, статистички значајно ($p < 0,05$) е поголема кај АС3 $26,39 \pm 0,00$ mg GAE/100 g во однос на АСК $1,14 \pm 0,29$ mg GAE/100 g. На 7-от и 10-от ден концентрацијата на вкупни феноли, исто така, статистички значајно ($p < 0,05$) е повисока кај АС3 во однос на АСК (на 7-от ден $23,11 \pm 1,93$ mg GAE/100 g кај АС3 и $0,04 \pm 0,00$ mg GAE/100 g кај АСК) и на 10-от ден $22,46 \pm 6,36$ mg GAE/100 g кај АС3 и $0,02 \pm 0,00$ mg GAE/100 g кај АСК).

Во текот на складирање од 1-от до 10-от ден се забележува статистички значајно намалување на содржината на вкупните феноли, кај сите примероци. Зголемување на содржината на вкупните феноли со додавање на цвекло во прав и во исто време намалување на содржината на вкупните феноли во млечни производи при продолжување на времето на складирање е констатирано и од страна на други автори.

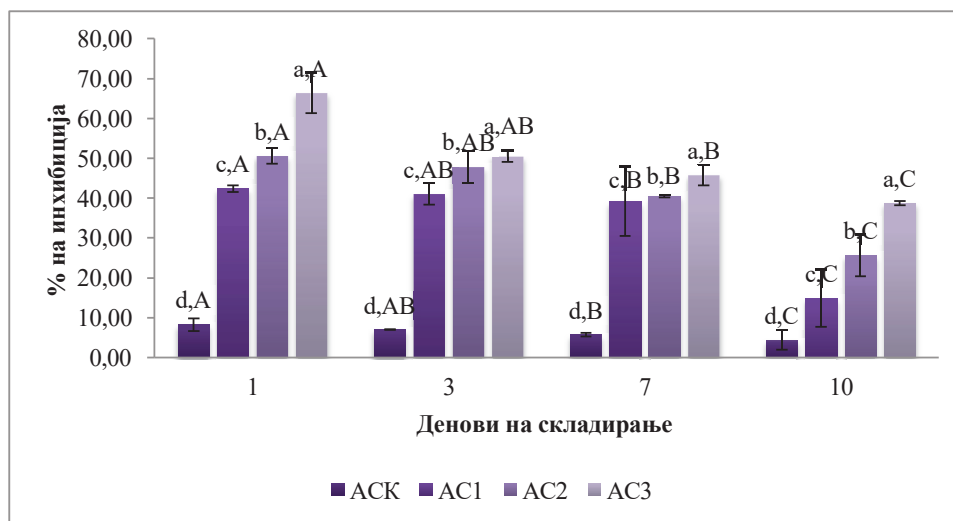
Од страна на Abdullah et al. (2023), е испитуван јогурт со различни додатоци (цимет (*Cinnamomum verum*), зелен кардамон (*Elettaria cardamomum*), цвекло (*Beta vulgaris*) и дива зелка (*Brassica oleracea*). Највисока концентрација на вкупни феноли, авторите определиле кај јогуртот со цвекло. Вкупните феноли во напитокот од суруткени протеини збогатен со 1, 2,5 и 5 % екстракт од кора од цвекло се зголемиле во однос на контролата на 0-ден од складирањето. Особено кај примероците кои биле збогатени со 2,5 и 5,0 % екстракт, било забележено зголемување од 1,4 % и 1,7 %, во однос на контролата и изнесувале 36,12 и 43,21 mg/g, соодветно. Исто така, на 7-от и 14-от ден од складирањето е забележано намалување на фенолните соединенија, но сепак, нивната содржина била повисока во однос на контролата (Abdo et al., 2022). Спротивно на ова Flores-Mancha et al., (2021) забележуваат зголемување на фенолите во јогурт со додаден сок од цвекло за време на складирањето од 1-от, 7-от и 14-от ден за 9,237 mg

GAE/g, 9,262 mg GAE/g и 9,795 mg GAE/g, соодветно. Фенолните соединенија можат да реагираат со протеините на различни начини, реверзибилно и иреверзибилно, бидејќи фенолната група е ефикасен донатор на водород и воспоставува водородни врски со карбоксилната група на протеините. Овие реакции можат негативно да влијаат врз растворливоста на фенолните соединенија и протеините во живиот организам, но не ја менуваат инхерентно достапноста на овие полифеноли (Ahmed et al., 2025).

Според Schneider-Teixeira et al. (2022), додавањето на екстракт од цвекло во јогурт (350 μ L, 700 μ L и 1400 μ L на 80 g јогурт) довело до зголемување на вкупната содржина на фенолни соединенија. Содржината на фенолните соединенија растела пропорционално со количината на додаден екстракт од 0,93 до 3,03 μ g феноли на грам јогурт. Сепак, по складирањето од 21 ден, се забележало значително намалување на овие соединенија. На пример, кај највисоката доза (1400 μ L), фенолите се намалиле од 3,03 на 0,57 μ g/g, додека кај најниската (350 μ L) од 0,93 на 0,35 μ g/g.

5.7 Антиоксидативен потенцијал на албумински сирења со различно количество органско цвекло во прав

Добиените резултати од испитувањето на антиоксидативниот потенцијал на албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3), во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се прикажани на графикон 22.



Графикон 22. Антиоксидативен потенцијал (% на инхибиција) на албуминско сирење

АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав во текот на складирање од 1-от до 10-от ден. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Од графичкиот приказ може да се забележи статистички значајна ($p < 0,05$) пониска вредност за % на инхибиција кај контролниот примерок АСК, во однос на збогатените примероци АС1, АС2 и АС3. Имајќи ја во предвид содржината на беталаини, феноли и антиоксидативниот потенцијал на цвеклото во прав (табела 9), очекувано е значајното зголемување на неутрализација на радикалите на DPPH во збогатените примероци албуминско сирење.

На првиот ден од складирањето % на инхибиција кај примероците АС1, АС2 и АС3 изнесувал $42,41 \pm 0,84\%$, $50,60 \pm 1,93\%$ и $66,39 \pm 5,04\%$, во однос на контролата $8,28 \pm 1,57\%$ (графикон 22). Од приложените резултати може да се забележи зголемување на антиоксидативниот потенцијал со зголемување на додадениот процент на органско цвекло во прав. Така, примерокот АС3 збогатен со 7,5% органско цвекло во прав има најголема антиоксидативна активност. Слични резултати за зголемување на антиоксидативниот потенцијал утврдиле и други автори. Кај моцарелата се зголемил антиоксидативниот потенцијал во однос на контролата од 4,43%, до 20,88%, 27,39% и 29,96% како резултат на додаден сок од цвекло во количина од 2%, 4% и 6%, соодветно (Setiaji et al., 2019). Антиоксидантната активност на свежо кравјо сирење се зголемила со додавање на екстракт од цвекло во количина од 1%, 2%, 3% и 4% и изнесувала 63,77%, 65,77%, 68,93% и 69,29%, соодветно, во споредба со контролата проба 24,5% (Tianling et al., 2025).

Од графичкиот приказ (графикон 22), може да се констатираат статистички значајни разлики ($p < 0,05$) на 7-от и 10-от ден од складирањето кај сите примероци од албуминското сирење во споредба со 1-от ден од складирањето.

Процентот на инхибиција на радикалот на DPPH значајно се намалила кај АСК од $8,28 \pm 1,57\%$ до $5,70 \pm 0,45\%$, кај АС1 од $42,41 \pm 0,84\%$ до $39,16 \pm 8,69\%$, кај АС2 од $50,60 \pm 1,93\%$ до $40,52 \pm 0,27\%$ и кај АС3 од $66,39 \pm 5,04\%$ до $45,77 \pm 2,63\%$ во периодот од 1-от до 7-от ден на складирањето. Додека, процентот на инхибиција на 10-от ден изнесува кај АСК $4,36 \pm 2,46\%$, кај АС1 $14,85 \pm 7,13\%$, кај АС2 $25,60 \pm 5,24\%$ и кај АС3 $38,74 \pm 0,48\%$. Најголемо намалување на антиоксидативната активност од 1-от до 10-от ден од складирањето од приближно

65% се забележува во примерокот АС2 кој е збогатен со 2,5% цвекло во прав, додека најмало намалување од 41,6% е забележано кај примерокот АС3 кој е збогатен со 7,5% .

Иако се забележува намалување на процентот на инхибиција на DPPH-радикалот во текот на складирањето кај сите примероци од албуминското сирење, сепак, збогатените примероци со органско цвекло во прав за целиот период на складирање имаат поголем процент на инхибиција, во однос на контролата. Според, Flores-Mancha et al., (2021a) подолгиот период на складирање и повисоката вредност на активитетот на вода, предизвикува намалување на антиоксидативната активност. Активноста на беталаините за отстранување на слободните радикали е под влијание на рН-вредноста, поголема активност е забележана при рН > 5,5 (Schneider-Teixeira et al., 2022).

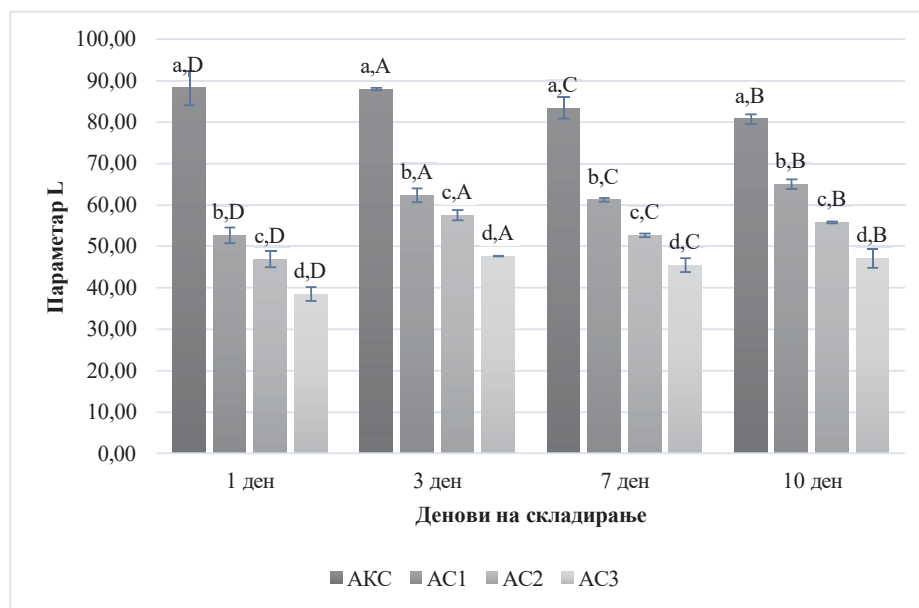
За време на складирање од 7-от до 10-от ден, рН- вредноста на збогатените албумински сирења е намалена под рН 5 (графикон 12), што го објаснува значајното намалување на антиоксидативниот потенцијал од 7-от до 10-от ден складирање. Антиоксидантната активност се зголемува како резултат на беталаините, особено на бетацијанините (Soutelino et al., 2023), но од добиените резултати во периодот на складирањето од 1-от до 10-от ден се забележува нивна деградација, што е дополнителна причина за намалување на антиоксидативната активност во збогатените примероци.

Брзо намалување на антиоксидативниот ефект како резултат на деградација на беталаините до 7-от ден од складирање забележуваат и Ahmed et al. (2025) во јогурт збогатен со сок од цвекло. Слично Abdo et al. (2023), определуваат зголемување на антиоксидативната активност на првиот ден на складирање кај јогурт со екстракт од стебло на цвекло од 78,47 $\mu\text{L}/\text{mL}$ кај контролата, 71,68 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (1% екстракт), 71,5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (2% екстракт) и 69,18 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (5% екстракт), по што следело брзо намалување до 7-от ден на складирање до 67,27 $\mu\text{L}/\text{mL}$ за контролата, 63,16 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (1% екстракт), 57,35 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (2% екстракт) и 54,70 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (5% екстракт).

5.8 Боја на албуминските сирења

Влијанието на додаденото цвекло во прав во албуминските сирења, како и времето на складирање на производите врз параметарот L^* е прикажан на

графикон 23. Со помош на овој параметар се определува дали бојата на производите е светла ($L=100$) или темна ($L=0$).



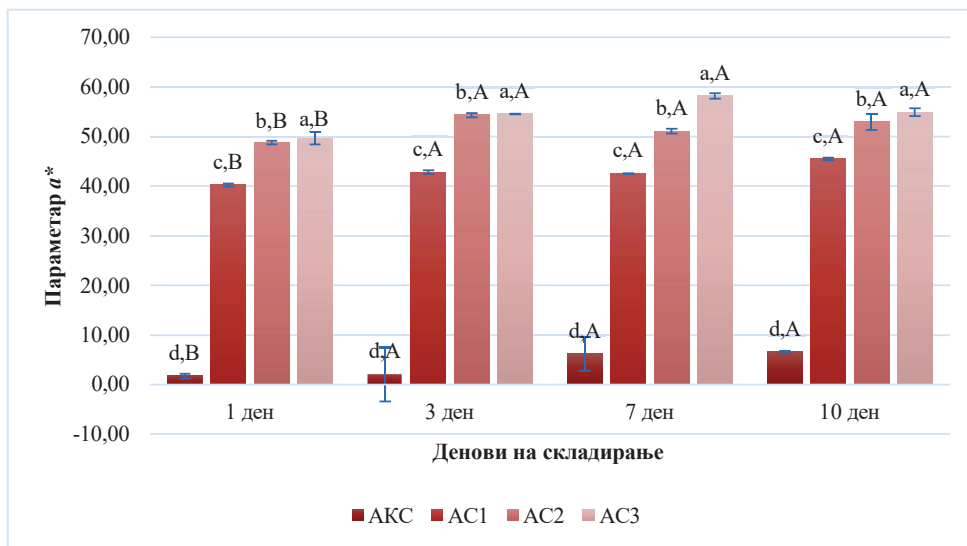
Графикон 23. Вредности за параметарот L^* во албуминските сирења со различно количество цвекло во прав и различно време на складирање. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Резултатите покажуваат дека постои статистички значајна разлика ($p < 0,05$) во вредностите за параметарот L^* при додавање на цвеклото во прав, како и при следење на промените по времето на чување на производите. Кај контролниот примерок (AKC) доаѓа до зголемување на вредностите со продолжување на времето на чување на производите при 4°C (од $88,24 \pm 4,12$ на 1-от ден до $80,77 \pm 1,17$ на 10-от ден од чувањето на албуминското сирење), што значи дека бојата со продолжување на времето на чување на албуминското сирење станува потемна.

Статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на параметарот L^* се забележува уште при додавање на најниската содржина на цвекло во прав (2,5%), а со зголемување на содржината на цвеклото во прав вредностите константно се намалуваат и притоа во првиот ден од производството определени се следните вредности: AC1 – $52,66 \pm 1,9$; AC2 – $46,94 \pm 2,0$ и AC3 – $38,48 \pm 1,6$. Тенденцијата на намалување на вредностите на параметарот L^* се запазува и при 3-от, 7-от и 10-от ден. Flores-Mancha et al. (2021a), потврдиле намалување на вредноста на

параметарот L^* при додавање на сок од цвекло во јогурт (од $96,35 \pm 2,54$ во контролниот јогурт до $43,70 \pm 1,38$ во јогурт во кој има додадено сок од цвекло). Намалување на параметарот L^* со зголемување на содржината на сируп од црвено цвекло е констатирана и од страна на Soutelino et al. (2023).

Промената на параметарот a^* преку кој се изразува црвената (позитивни вредности) и зелената боја (негативни вредности) е претставена на графикон 24.



Графикон 24. Вредности за параметарот a^* во албуминските сирења со различно количество цвекло во прав и различно време на складирање. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Резултатите за параметарот a^* покажуваат дека најниски вредности за овој параметар има контролниот примерок (АКС) $1,70 \pm 0,48$ (на 1-от ден); $40,22 \pm 0,29$ (на 3-от ден); $48,77 \pm 0,38$ (на 7-от ден) и $49,60 \pm 1,21$ (на 10-от ден).

Статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на вредностите за параметарот a^* се забележани при додавање на цвеклото во прав во албуминското сирење. Додавањето на цвеклото ја интензивира црвената боја во примероците, што се потврдува и од добиените позитивни вредности за параметарот a^* . Статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на вредностите за параметарот a^* се забележува и при следење на времето на складирање на примероците. Кај контролните примероци, вредностите за параметарот a^* на првиот ден се $1,70 \pm 0,48$, додека во последниот ден (10 ден) вредностите се $6,53 \pm 0,21$. Кај примерокот АС1, на првиот ден е определена $40,22 \pm 0,29$ вредност за параметарот

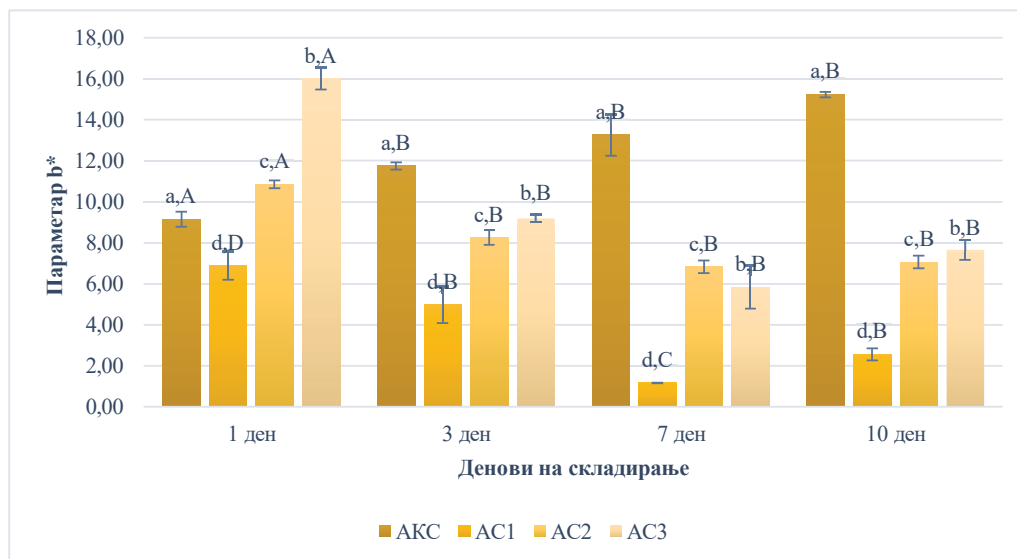
a^* , додека во последниот ден е определена вредност од $45,50 \pm 0,25$. Кај примерокот АС2 вредностите за параметарот a^* се зголемуваат со продолжување на времето на складирање (од $48,77 \pm 0,38$ на 1-от ден и $52,99 \pm 1,65$ на 10-ден). Во пробата со 7,5% цвекло во прав (АС3) се определени зголемени вредности за параметарот a^* од $49,90 \pm 1,21$ на 1-от ден и $54,93 \pm 0,82$ на 10-от ден.

Добиените резултати се комплементарни со резултатите добиени и од страна на Soutelino et al. (2023) кои, исто така определиле зголемување на вредностите за параметарот a^* со додавање на сируп од цвекло. Од страна на Flores-Mancha et al. (2021a), се определени негативни вредности ($-3,522 \pm 0,12$) во контролниот јогурт. Со додавање на сок од црвено цвекло вредностите за овој параметар се зголемиле до $32,76 \pm 1,73$.

Причините за зголемување на вредностите за параметарот a^* може да се повеќе. Цвеклото во прав содржи беталаини (пигменти со црвена боја) кои додавајќи ги во албуминското сирење ја обојуваат целата матрица. Со текот на времето, миграцијата на влагата може да ја зголеми видливоста и униформноста на пигментите, предизвикувајќи зголемување на вредноста за параметарот a^* (Gengatharan et al., 2015). За време на чувањето, ферментираниите производи претрпуваат мали промени во рН- вредностите поради континуираната микробна активност. Беталаините се чувствителни на рН и својата стабилност ја изразуваат при рН 4,0-5,5. Како производот станува покисел (има пониско рН), така беталаините остануваат во својата стабилна форма при што вредностите за параметарот a^* се зголемуваат (Azereido, 2009). Температура на складирање исто така има влијание. На ниски до умерени температури на складирање, беталаините остануваат релативно стабилни (Кооп et al., 2022).

Вредностите на параметарот b^* на албуминските сирења се претставени на графикон 25. Позитивните вредности за овој параметар покажуваат дека производите имаат жолта боја, а негативните вредности покажуваат плава боја.

Од прикажаните резултати на графикон 25, се забележува дека сите вредности (без разлика на додаденото количество цвекло во прав) имаат позитивни вредности, што укажува на тоа дека албуминските сирења имаат жолта боја определена преку CIE- Lab моделот.



Графикон 25. Вредности за параметарот b^* во албумински сирења со различно количество цвекло во прав и различно време на складирање. Малите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу примероците со различни количини на цвекло во прав; големите букви се однесуваат на статистички значајни разлики ($p < 0,05$) помеѓу деновите на складирање.

Кај контролниот примерок (AKC) со времето на чување се зголемуваат вредностите за параметарот b^* (од $9,15 \pm 0,36$ на 1-от ден до $15,24 \pm 0,13$ на 10-от ден), т.е. кај примероците се интензивира жолтата боја. Ова е очекувано, бидејќи мајлардовата реакција (реакција помеѓу редукивните шеќери и аминокиселините) создава кафеаво-жолти пигменти (меланоидини), кои со текот на времето ја зголемуваат вредноста на параметарот b^* (Adachi et al., 2020). Изложеноста на кислород дополнително влијае врз зголемување на вредностите на параметарот b^* (Chirilli & Torri, 2023). Од друга страна, деградацијата на цвеклото води до формирање на соединенија со жолта боја, а тоа се рефлектира во зголемувањето на параметарот b^* (Herbach et al., 2006). Статистички значајно зголемување ($p < 0,05$) на вредностите за параметарот b^* е определено со додавање на содржината на цвекло во прав.

Во поглед на промените кои се случуваат кај параметарот b^* може да се забележи дека во примероците кај кои има додадено цвекло во прав доаѓа до намалување на вредностите за овој параметар со продолжување на времето на чување на албуминското сирење.

5.9 Енергетска и нутритивна вредност на албуминските сирења

Побарувачката на храна со ниска калориска вредност, ниска содржина на масти и сол, како и висока содржина на протеини е во постојан раст (Alemán-Mateo et al., 2012). Според Paskaš et al. (2019), сирењата од сурутка, како што се рикота и урда, можат да дадат значаен придонес кон препорачаниот внес на протеини кои се карактеризираат со лесна асимилација, а притоа се со ниска калориска вредност.

Според Mahan & Raymond, (2017) за задоволување на нутритивните потреби и енергија на една здрава возрасна личност, дневното мени од 2000 kcal потребно е да вклучува 55% јаглехидрати, 30% масти и 15% протеини. Врз основа на овие податоци пресметано е задоволувањето на дневните потреби (%) од протеини, масти и јаглехидрати, преку консумација на 100g албуминското сирење АСК и збогатените албумински сирења АС1, АС2 и АС3, кои се прикажани во табела 15, Исто така, во табела 15 прикажано е задоволувањето на дневните потреби од диететски влакна и сол при конзумирање на 100 g албуминско сирење (АСК, АС1, АС2 и АС3).

Табела 15. Калориска вредност (kcal/100g) и задоволување на дневни потреби (%) на протеини, масти, јаглехидрати, диететски влакна и сол

Параметри	АСК	АС1	АС2	АС3
Енергетска вредност	105,80 kcal/100g	108,34 kcal/100g	110,4 kcal/100g	113,77 kcal/100g
Протеини	21,70 %	21,70 %	21,10 %	21,60 %
Масти	5,10 %	5,10 %	5,10 %	5,10 %
Јаглехидрати	0,92 %	0,90 %	1,04 %	1,06 %
Диететски влакна	0,00 %	5,30 %	9,84 %	13,10 %
Сол	11,80 %	12,20 %	12,40 %	11,80%

Според добиените резултати (табела 15), калориската вредност (kcal) за контролниот примерок АСК изнесува 105,80 kcal/100 g, додека за збогатените примероци АС1, АС2 и АС3 изнесува 108,34 kcal/100 g, 110,40 kcal/100 g и 113,77 kcal/100 g, соодветно. Слично на овие резултати Paskaš et al. (2019), определиле калориска вредност на урда од 108,97 kcal/100 g, додека кај рикота е определена енергетска вредност од 145,99 kcal/100 g. Просечната калориска вредност во брачка скута изнесувала 274,8 kcal/100 g (Rako et al., 2016).

Албуминските сирења содржат од 16,24% (АСК) протеини до 15,83% (АС3), притоа со консумација на 100 g од албуминските сирења се задоволуваат околу 21,50% од дневните потреби за протеини (табела 15). Споредбено, албуминското сирење „Брач“ задоволува 17% од дневните потреби на протеини за мажи и 21% за жени (Rako et al., 2016). Суруткините сирења содржат изобилство на аминокиселини со разгранет синцир (леуцин, изолеуцин и валин) (Paskaš et al., 2019). Според Tudor Kalit (2019), 100 g албуминско сирење скута задоволува 78,14% од дневните потреби на возрастна лице за есенцијални аминокиселини. Logieau et al., (2018), сметаат дека биорасположивоста на леуциноот, по консумација на суруткино сирење е 32 пати поголема за разлика од консумација на сирење на база на казеин.

Албуминските сирења поради ниската калориска вредност, ниската содржина на масти и сол, како и високото ниво на искористеност на суруткините протеини во дигестивниот систем, можат да заземат важно место во исхраната (Rako et al., 2016; Kalit 2019; Paskaš et al., 2019).

Макро и микронутриентите влијаат на развојот на кардиоваскуларни заболувања преку повеќе механизми, вклучувајќи го и нивното влијание врз липидите во крвта, крвниот притисок, гликозата во крвта, телесната тежина и цревниот микробиом (Mendis, 2024). Според Организацијата за храна и земјоделство (FAO, 2021)¹¹, здравата исхрана потребно е да обезбеди енергетски баланс за да се избегне зголемување на телесната тежина. Нерамнотежата на макронутриентите во исхраната (пр. протеини, масти и јаглехидрати) придонесува за развој на прекумерна тежина и дебелина, која е проследена со низа заболувања, вклучувајќи хипертензија, кардиоваскуларни заболувања,

¹¹ <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1c38676f-f5f7-47cf-81b3-f4c9794eba8a/content>

дијабетес тип 2 и одредени видови рак (WHO, 2021)¹². Албуминските сирења AC1, AC2 и AC3 задоволуваат околу 5,0% масти и 1,0% јаглехидрати од дневниот внес пресметано на 100 g производ.

Млечните производи се ослободени од присуство на диететски влакна (Aroga et al., 2015) кои имаат позитивен ефект врз човековото здравје, особено врз кардиоваскуларни заболувања, дијабетес тип II, дебелина, рак на дебело црево и воспаление (Barber et al., 2020; Alahmari, 2024). Консумирање на 100 g збогатено албуминско сирење (AC1) задоволува 5,32%, (AC2) 9,84% и (AC3) 13,10% од дневните потреби за диететски влакна, за разлика од контролниот примерок на албуминско сирење кое не содржи диететски влакна (табела 15).

Светската здравствена организација (World Health Organization, WHO, 2022¹³) препорачува ограничување на дневниот внес на сол на 5 g (2 g натриум) дневно за возрасни. Намалениот внес на сол во исхраната може да ја одложи или спречи инциденцата на антихипертензивна терапија, може да го олесни намалувањето на крвниот притисок кај хипертензивни пациенти кои примаат медицинска терапија и може да претставува медијатор за намалување на кардиоваскуларниот морбидитет и морталитет (Frisoli et al., 2012).

Албуминските сирења во својот состав вклучуваат мала содржина на сол од 0,59% кај АСК до 0,62% кај AC2 или задоволуваат од 11.8% (АСК) до 12.4% (AC2) од дневните потреби за внес на сол, што ги прави погодна храна за дневна консумација на лица со хипертензија и кардиоваскуларни заболувања.

Покрај ниската содржина на масти, сол и јаглехидрати и високата содржина на суруткени протеини, со збогатување на албуминските сирења со цвекло во прав особено е зголемена содржината на есенцијални минерални материи.

Во табела 16, претставени се обезбедените дневни потреби од цинк и железо, при консумација на 100 g албуминско сирење, според препораките на Mahan & Raymond, (2017). Пресметките се правени врз основа на средната вредност на минералните материи од 1-от и 10-от ден на складирање.

¹² <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.

¹³ <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction#.X6R3-UY1>

Табела 16. Дневен внес на микроминерални материи со консумација на 100g албуминско сирење

Примероци	Групи	Цинк (Zn) % од дневен внес	Железо (Fe) % од дневен внес
АСК	Мажи	0,32	3,68
	Жени	0,44	1,63
	Трудници	0,32	1,09
АС1	Мажи	0,71	4,30
	Жени	0,98	1,91
	Трудници	0,71	1,27
АС2	Мажи	1,41	5,59
	Жени	1,94	2,48
	Трудници	1,41	6,12
АС3	Мажи	1,75	13,76
	Жени	2,41	6,12
	Трудници	1,75	4,08

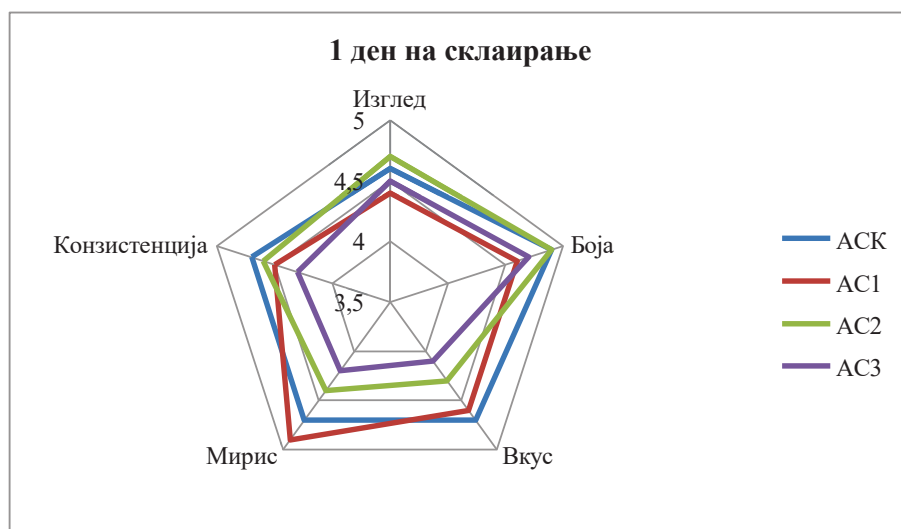
Збогатување на албуминското сирење со 7,5% органско цвекло во прав допринесува за зголемување на содржината на цинк, односно со консумација на 100 g албуминското сирење (АС3) збогатено со 7,5% органско цвекло во прав се задоволуваат 1,75% од потребниот дневен внес за мажи, 2,41% за жени и 1,75% за за трудници (табела 16). Микроминералот цинк е важен метален јон кој има клучна улога во различни физиолошки процеси, како што се раст и развој на клетките, метаболизмот, когнитивна и репродуктивна функција и функција на имунолошкиот систем (Kiourí et al., 2023). Доволниот внес на цинк и хомеостазата се од суштинско значење за здрав живот, бидејќи е познато дека недостатокот на цинк е поврзан со мноштво имунолошки нарушувања како метаболички и хронични заболувања и заразни болести (Maywald et al., 2022). Недостатокот на цинк за време на бременоста предизвикува неповратни ефекти врз новороденчето, како што се попречување на растот, спонтан абортус, конгенитални малформации (Chaffee & King, 2012). Според Sangeetha et al., (2022) недоволниот внес на цинк е петтиот водечки фактор на ризик од болести и 11-ти највисок фактор на ризик за смртност и морбидитет од болести (Iqbal & Ali, 2021).

Анемијата предизвикана од недостаток на железо е глобално нутритивно нарушување кај големи групи на население со различен интензитет во различни земји, вклучувајќи деца во раст, адолесценти, бремени жени и доилки и постари лица (Latunde-Dada, 2024). Со консумација на 100g албуминско сирење од АС3 (7,5% органско цвекло) се задоволуваат 13,76% од дневните потреби за железо кај

мажи, 6,12% за жени и 4,08% за трудници. Додатоците во исхраната кои се богати со железо, како што е цвеклото, можат да го зголемат хемоглобинот, односно средната вредност на хемоглобинот. Кај 34 испитаници пред консумирањето на сок од цвекло вредноста на хемоглобинот изнесувала 9,75 gr/dL, а по консумирањето на сок од цвекло 10,7 gr/dL (Silitonga & Nayati, 2024). Според Khairiah & Butar-Butar, (2023) потребна е едукација на бремените жени и мајки за бенефитите од консумација на цвекло за надминување на анемијата. Покрај тоа, Clifford et al. (2015), цвеклото поседува ветувачки терапевтски третман во низа клинички патологии поврзани со оксидативен стрес и воспаление.

5.10 Сензорна анализа на албуминските сирења

Добиените резултати од сензорната евалуација на албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) на 1-от ден од складирање се прикажани на графикон 26.



Графикон 26. Сензорна оцена на албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав за време на складирање на 1-от ден

Од резултатите на графикон 26 од сензорното оценување на показателите на квалитет: изглед, боја, вкус, мирис и конзистенција, на првиот ден од складирањето може да се констатира следното: контролниот примерок АСК е оценет со 4,6 за изглед, 4,9 за боја, 4,7 за вкус, мирис и конзистенција; збогатувањето со 2,5% на органско цвекло во прав (АС1) во однос на контролата, допринело за повисоки оценки за мирис 4,9, додека збогатениот примерок со 5%

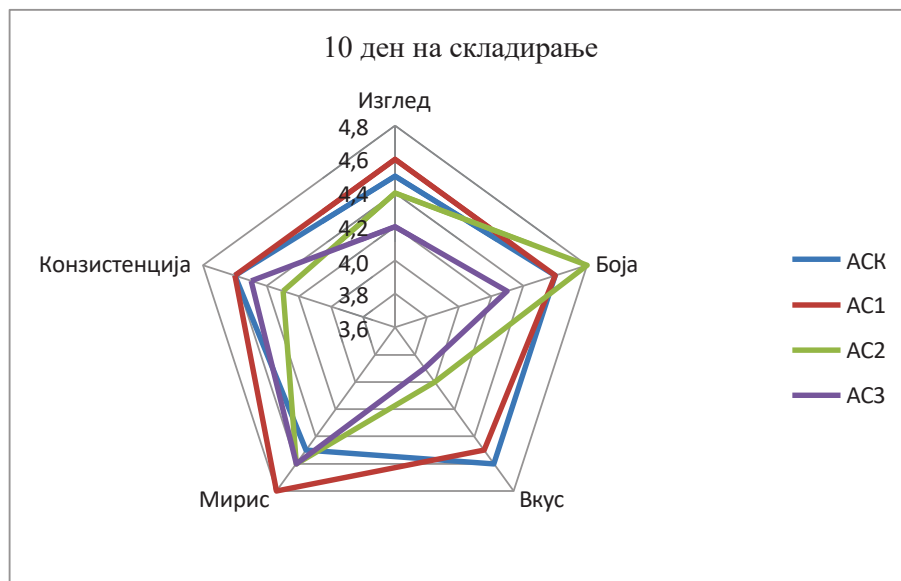
органско цвекло во прав (АС2), во однос на контролата имал повисоки оценки за изглед 4,7 и боја 4,9. Примерокот збогатен со 7,5% органско цвекло во прав (АС3) се карактеризира со најниски оценки во однос на контролата за изглед 4,5, боја 4,7, вкус 4,1, мирис 4,2 и конзистенција 4,3.

Според Adjei et al. (2024), оптимални формулации на јогурт се добиваат со додавање на 2%, 2,03% и 8% пире од цвекло и инкубација на јогуртот од 2,5 часа. Прифатливоста била најниска за јогуртот со 8% пире од цвекло, додека јогуртот со 2,03% пире од цвекло бил најпосакуван (вкупна прифатливост 7,42). Според Dhineshkumar & Ramasamy (2016) прифатливоста на бојата, вкусот, чувството во устата, аромата и вкупната прифатливост на јогуртот се намалувала со зголемување на количината на додаден сок од цвекло. Според Ahmed et al. (2024), додавањето до 6% сок од цвекло го подобрило вкусот на функционалниот јогурт (како резултат на шеќерите содржани во цвеклото), а додавањето на поголеми содржини го влошуваат вкусот (поради присуството на земјени ароми во цвеклото кои доаѓаат до израз во поголеми концентрации). Спротивно на ова во истражувањето на Yadav et al. (2016), јогурт во кој е додадено 8 % цвекло во прав имал поголема прифатливост ($p < 0,05$) за сите тестирани сензорни својства, споредбено со јогурт во кој има додадено 6% и 10% цвекло во прав. Според Sandhya & Priya (2017), млечниот намаз со додадено пире од цвекло, е оценет со оценка за вкупна органолептичка прифатливост од 8,2, што отвара можност за нов намаз со подобрена нутритивна вредност. Додавањето на сок од цвекло во содржина од 2% и 4% во моцарела ја намалила оцената за вкупна прифатливост до 3,50 и 3,27, соодветно во однос на контролата 4,07 (Setiaji et al., 2019).

Според германскиот стандард за сензорна евалуација, примероците АСК, АС1 и АС2 се оценети со просечен пондериран резултат од 4,73, 4,59 и 4,59 соодветно и се класифицираат во категоријата производи со одличен квалитет, додека збогатениот примерок АС3 е оценет со просечен пондериран резултат од 4,37 и се класифицира во категоријата на производ со многу добар квалитет.

На десетиот ден од складирањето (графикон 27), контролниот примерок АСК се карактеризирал со следниве оценки: 4,5 за изглед и мирис, 4,6 за боја, вкус и конзистенција. Споредбено со контролата (АСК), примерокот АС1 имал повисока оценка за изглед 4,6 и мирис 4,8; примерокот АС2 за боја 4,8 и мирис 4,6, додека примерокот АС3 за мирис 4,6. На 10-от ден од складирањето, споредбено помеѓу збогатените примероци албуминско сирење, додавањето на 2,5% органско

цвекло во прав (АС1) допринело за највисока оцена за мирис 4,8 и изглед 4,6, која е повисока и во однос на 1-от ден (4,4). Додавањето на 5% органско цвекло во прав допринело за највисока оцена за боја 4,8, која е пониска во однос на 1-от ден на складирање (4,9).



Графикон 27. Сензорна оцена на албуминско сирење АСК и збогатени сирења АС1, АС2 и АС3 (2,5%, 5,0% и 7,5%) со цвекло во прав за време на складирање на 10-от ден

За време на складирање помеѓу 1-от и 10-от ден се забележува намалување на просечната пондерирана оцена за сите примероци на албуминско сирење. Според германскиот стандард за сензорна евалуација, на 10-от ден од складирање примерокот АСК, беше оценет со просечен пондериран резултат од 4,56 со што се класифицира во категоријата производи со одличен квалитет, додека примероците АС1, АС2 и АС3 беа оценети со просечен пондериран резултат од 4,37, 4,41 и 4,25 соодветно и се класифицираа во категоријата производи со многу добар квалитет.

Примероци на пробиотски јогурт со 1% сок од цвекло имале одлични сензорни карактеристики кои се одржувале до 9-от ден од складирањето, во однос на контролата и останатите примероци, а целокупната прифатливост на јогуртот бил под влијание на складирањето (Salman et al., 2024). Додавањето на воден екстракт од стебло на цвекло на 1-от ден од складирање, незначително го подобрил мирисот, вкусот, аромата, конзистенцијата, изгледот и киселоста на јогуртот, но по 14 дена атрибутите покажале значително намалување на нивната

привлечност (Abdo et al., 2023). Додавањето воден екстракт од кора од цвекло во концентрации од 1%, 2,5% и 5% во напитокот од сурутка/јагода ги зајакнал сензорните атрибути. Бојата, изгледот, вкусот, аромата и целосното прифаќање на соковите биле подобрени ($p < 0,05$) по додавањето на екстрактот од кора од цвекло во споредба со контролниот пијалок на ден 0 од производството. Складирањето на напитоките на 14-от ден ја намалило прифатливоста за боја и вкус во споредба со свежо подготвените напитки ($p < 0,05$). Мирисот, изгледот, конзистентноста, киселоста и вкупната прифатливост биле незначително засегнати (Abdo et al., 2022).

Додавање на природна боја во млечните производи ги прави производите попримамливи за децата, со што се зголемува нивната побарувачка, а со самото тоа и здравствената состојба кај нив (Salman et al., 2024). Според Calva-Estrada et al. (2022), употребата на беталаините како антиоксидативни агенси се чини дека ја задоволуваат растечката побарувачка за функционална храна и не треба да се занемаруваат поради фактот на пигментација и сензорното влијание врз храната во која се вградени.

5.11 Микробиолошка анализа на албуминските сирења

Во однос на контролата на квалитетот и безбедноста, албуминските сирења (АСК, АС1, АС2 и АС3) во периодот на складирање беа тестирани на присуство на: *Escherichia coli*, квасци, мувли, коагулаза позитивни стафилококи, колиформни бактерии, *Listeria monocytogenes* и *Enterobacteriaceae*. Добиените податоци од испитувањето се прикажани во табела 17.

Табела 17. Резултати од микробиолошка анализа на контролниот примерок АСК и збогатените примероци за периодот на складирање од 1-от до 10-от ден

Примерок	Ден	<i>Escherichia coli</i> (cfu/g)	Квасци (cfu/g)	Мувли (cfu/g)	Коагулаза позитивни стафилококи (cfu/g)	<i>Listeria monocytogenes</i> (25g)	Колиформни бактерии (cfu/g)	<i>Enterobacteriaceae</i> (cfu/g)
АСК	1	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	3	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	7	<10	2	<10	<10	н.е	<10	<10
	10	<10	4	<10	<10	н.е	<10	<10
АС1	1	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	3	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	7	<10	3	<10	<10	н.е	<10	<10
	10	<10	5	<10	<10	н.е	<10	<10
АС2	1	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	3	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	7	<10	5	<10	<10	н.е	<10	<10
	10	<10	7	<10	<10	н.е	<10	<10
АС3	1	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	3	<10	<10	<10	<10	н.е	<10	<10
	7	<10	5	<10	<10	н.е	<10	<10
	10	<10	6	<10	<10	н.е	<10	<10

Патогената *Listeria monocytogenes*, која е критериум за безбедност на храната според Правилникот (Сл. Весник. РМ. бр. 145/2014), не е пронајдена во примероците во целиот период на складирање. Колиформните бактерии и *Enterobacteriaceae*, што претставуваат показател за хигенските услови во производствениот процес, во примероците од албуминско сирење се пониски од границата на детекција. Под граница на детекција се и *Escherichia coli*, коагулаза позитивни стафилококи и мувли.

Според добиените резултати за време на складирање од 1-от до 3-от ден не е забележан раст на квасци, додека на 7-от ден е забележан раст на квасци, а нивниот број се зголемил до 10-от ден кај сите примероци албуминско сирење (табела 17). Во контролниот примерок АСК на 7-от ден од складирањето бројот на квасци изнесувал 3 cfu/g и истиот се зголемил до 10-от ден на 4 cfu/g. Во збогатените албумински сирења бројот на квасци се зголемил од 7-от до 10-от ден и тоа кај АС1 од 3 cfu/g до 5 cfu/g, кај АС2 од 5 cfu/g до 7 cfu/g и кај АС3 од 5 cfu/g до 6 cfu/g.

Албуминските сирења се погоден медиум за развој на патогени микроорганизми особено на мезофилни, психротрофни, мувли, квасци и *Enterobacteriaceae* (İrkin, 2011). Тоа е поради нивната неутрална рН- вредност, високата содржина на вода, висока вредност на активитет на вода (a_w) ниската содржина на сол, како и недостатокот на конзерванси (Zandona et al., 2020). Иако, некои видови сирења од сурутка имаат подолг рок на траење, како што се *Mysost* и *Ricotta forte*, други видови мора да се конзумираат за помалку од 10 дена по производството (Pires et al., 2021a).

Во албуминските сирења АСК, АС1, АС2 и АС3 не се откриени патогени микроорганизми, додека квасците претставуваат хигенски показатели. Кај 10 примероци на албуминско сирење „Lor“ биле детектирани мувли и квасци од <2 до $6,70 \log \text{ cfu/g}$ и колиформи од < 2 до $7,78 \log \text{ cfu/g}$ (Yilmaz et al., 2023). Свежата, овча и козја урда содржеле под $2 \log \text{ cfu g}^{-1}$ квасци на првиот ден од производство (Pappa et al., 2016). Во албуминско сирење *Ricotta* и *Best Ricotta*, на 7-от ден од складирање се развиле квасци и мувли, а нивниот број изнесувал $3,7 \times 10^6$ и $18,6 \times 10^6 \text{ cfu/g}$, соодветно (Qader et al., 2023). Во хомогенизирано рикота во периодот на складирање од 1-от до 21-от ден, квасци се развиле на 7-от ден, $1,30 \log \text{ cfu/g}$, на 14-от ден се зголемиле до $2,00 \log \text{ cfu/g}$, додека на 21-от ден не се детектирани (Tripaldi et al., 2020). Во албуминско сирење скута пакувано во

вакуум амбалажа квасците се развиле на 7-от ден и нивниот број изнесувал $2,90 \log_{10} \text{cfu/g}^{-1}$, на 14-от ден се определени $2,56 \log_{10} \text{cfu/g}^{-1}$ квасци, додека на 21-от ден тие биле под границата на детекција (Zandona et al., 2020).

6. ЗАКЛУЧОЦИ

Врз основа на спроведеното истражување во кое се формулирани и произведени четири вида албуминско сирење: албуминско сирење без додадено органско цвекло во прав и албумински сирења збогатени со различни концентрации на органско цвекло во прав (2,5 %, 5,0 % и 7,5 %), како и добиените резултати од истражувањето, може да се донесат следните заклучоци:

Сурутката која се користеше како суровина за производство на функционалните албумински сирења се карактеризираше со следниот физичко-хемиски состав: сува материја $4,63 \pm 0,25\%$, протеини $0,95 \pm 0,07\%$, масти $0,07 \pm 0,00\%$, шеќери $4,80 \pm 0,00\%$, јаглехидрати $5,20 \pm 0,14\%$, лактоза $4,70 \pm 0,00\%$, влага $95,37 \pm 0,25\%$, пепел $0,90 \pm 0,00\%$, NaCl $0,25 \pm 0,07\%$, a_w $0,98 \pm 0,00$, титрациона киселост $0,10 \pm 0,00\%$ и pH $5,95 \pm 0,07$.

Органското цвекло во прав со кое се збогатуваа албуминските сирења се одликуваше со следните физичко-хемиски карактеристики: сува материја $98,00 \pm 0,06\%$, протеини $14,05 \pm 0,07\%$, масти $0,47 \pm 0,00\%$, шеќери $65,00 \pm 0,00\%$, јаглехидрати $82,50 \pm 0,00\%$, диететски влакна $24,17 \pm 0,01\%$, влага $2,01 \pm 0,06\%$, пепел $1,31 \pm 0,24\%$, сол $0,64 \pm 0,01\%$, a_w $0,33 \pm 0,00$, титрациона киселост $0,10 \pm 0,00\%$ и pH $5,15 \pm 0,07$.

Добиените резултати од истражувањето покажаа дека збогатувањето на албуминското сирење со органско цвекло во прав, претставува ефикасна и иновативна стратегија за добивање функционален производ со додадена вредност.

- ✓ Значајно зголемување на нутритивната вредност ($p < 0,05$) кај примероците од албуминско сирење збогатени со органско цвекло во прав во однос на контролното албуминско сирење.
- ✓ Кај примероците од албуминското сирење збогатено со органско цвекло во прав AC1, AC2 и AC3 се забележува значително зголемување на содржината на диететските влакна од $1,11 \pm 0,07\%$, $2,16 \pm 0,03\%$, и $3,19 \pm 0,03\%$, соодветно, во однос на контролата АСК, која не содржи диететски влакна. Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден кај примероците од албуминското сирење AC1, AC2 и AC3 се забележува статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на содржината на диететските влакна од $1,55 \pm 0,04\%$, $2,75 \pm 0,06\%$ и $3,37 \pm 0,04\%$, соодветно.

- ✓ Со конзумирање на 100 g збогатено албуминско сирење АС1 се задоволува 5,32%, со АС2 9,84% и со АС3 13,10% од дневните потреби за диететски влакна, за разлика од контролниот примерок на албуминско сирење кое не содржи диететски влакна.
- ✓ Збогатувањето на албуминското сирење со органско цвекло во прав, значајно ја зголемува содржината на беталаините ($p < 0,05$). Со зголемување на додадениот процент на цвекло во прав се зголемува и содржината на беталаини од $3,52 \pm 0,01$ mg/100 mL, $7,56 \pm 0,08$ mg/100 mL и $12,06 \pm 0,00$ mg/100 mL кај примероците АС1, АС2 и АС3, соодветно. Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден, забележано е статистички значајно ($p < 0,05$) намалување на содржината на беталаините кај сите примероци.
- ✓ Збогатувањето на албуминското сирење со органско цвекло во прав значајно ја зголемува ($p < 0,05$) содржината на вкупните феноли. На 1-от ден од складирањето, содржината на феноли кај примерокот збогатен со 7,5% цвекло во прав (АС3) изнесува $70,66 \pm 2,62$ mg GAE/100 g во однос на контролниот примерок АСК $5,19 \pm 0,09$ mg GAE/100 g. Во текот на складирање од 1-от до 10-от ден се забележува статистички значајно намалување на содржината на вкупните феноли, кај сите примероци. Но сепак, содржината на вкупни феноли во збогатените примероци (АС1, АС2 и АС3) на 10-от ден на складирање, е повисока во однос на содржината на вкупни феноли во контролниот примерок АСК на 1-от ден на складирање.
- ✓ Како резултат на додаденото цвекло во прав и зголемување на содржината на беталаини и феноли се зголемува антиоксидативниот потенцијал. На 1-от ден од складирањето % на инхибиција кај примероците АС1, АС2 и АС3 изнесува $42,41 \pm 0,84\%$, $50,60 \pm 1,93\%$ и $66,39 \pm 5,04\%$, во однос на контролата АСК $8,28 \pm 1,57\%$. Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се забележува статистички значајно намалување ($p < 0,05$) на % на инхибиција која на 10-от ден од складирање изнесува $4,36 \pm 2,46\%$ кај АСК, $14,85 \pm 7,13\%$ кај АС1, $25,60 \pm 5,24\%$ кај АС2, и $38,74 \pm 0,48\%$ кај АС3.
- ✓ Утврдена е статистички значајна разлика ($p < 0,05$) во содржината на макро и микроминералите помеѓу примероците со различна

содржина на цвекло во прав (АС1, АС2, АС3) во споредба со контролниот примерок (АСК). Периодот на складирање на албуминското сирење со различна содржина на цвекло во прав, статистички значајно влијае врз содржината на макро и микроминерали ($p < 0,05$). Во збогатените примероци содржината на цинк значително е зголемена $0,80 \pm 0,01$ ppm (АС1), $1,68 \pm 0,05$ ppm (АС2), $1,98 \pm 0,03$ ppm (АС3), во однос на контролата (АСК) на $0,28 \pm 0,01$ ppm. Збогатувањето на албуминското сирење со органско цвекло во прав допринесе за значајно повисоки содржини на железо од $3,52 \pm 0,03$ ppm кај АС1, $5,13 \pm 0,01$ ppm кај АС2 и $4,37 \pm 0,06$ ppm кај АС3 во однос на контролата $3,00 \pm 0,08$ ppm.

- ✓ Со консумација на 100g албуминско сирење (АС3) збогатено со 7,5% органско цвекло во прав, се задоволуваат 1,75% од потребниот дневен внес на цинк за мажи, 2,41% за жени и 1,75% за трудници, како и 13,76% од дневните потреби за железо кај мажи, 6,12% за жени и 4,08% кај трудници.
- ✓ Подобрен маснокиселински профил со намалување на заситените масни киселини и зголемување на содржината на незаситените масни киселини. Содржината на SFA значајно се намалила до $72,84 \pm 0,37\%$ и $72,90 \pm 0,53\%$, кај АС2 и АС3, соодветно, во однос на контролата АСК $72,95 \pm 1,06\%$. Во периодот на складирање од 1-от до 10-от ден се забележува значајно ($p < 0,05$) зголемување на содржината на MUFA, во збогатените примероци со органско цвекло, и тоа кај АС1 од $25,21 \pm 0,12\%$ до $28,32 \pm 0,45\%$, кај АС2 од $25,68 \pm 0,23\%$ до $28,03 \pm 0,11\%$ и кај АС3 од $25,72 \pm 0,11\%$ до $28,50 \pm 0,29\%$. Спротивно, кај контролата АСК во истиот период, е забележано значајно намалување на содржината на MUFA од $26,19 \pm 0,80\%$ до $25,75 \pm 0,18\%$. Додавањето на 7,5% цвекло во прав допринесува за значајно ($p < 0,05$) зголемување на содржината на PUFA во однос на контролата, која на 1-от ден од складирање изнесува $1,07 \pm 0,02\%$ кај АС3, во однос на $0,55 \pm 0,04\%$ кај АСК.
- ✓ Додавањето на 2,5%, 5,0% и 7,5% органско цвекло во прав допринесе за намалување на содржината на сол во албуминското сирење. Статистички значајно ($p < 0,05$) пониска содржина на сол на 10-от ден

е утврдена кај примерокот АС3 до $0,56 \pm 0,01\%$ во однос на контролата АСК $0,63 \pm 0,00\%$, што претставува поволна содржина на сол за консументите со кардиоваскуларни ризици, хипертензија и хронични заболувања.

- ✓ Кај сите примероци од албуминските сирења потврдено е отсуство на патогени микроорганизми во целиот период на складирање од 10 дена.
- ✓ Додаденото органско цвекло во прав статистички значајно ($p < 0,05$) ја намалува a_w вредноста кај примероците АС1 ($0,975 \pm 0,00$), АС2 ($0,975 \pm 0,00$) и АС3 ($0,973 \pm 0,00$), во однос на контролниот примерок АСК ($0,978 \pm 0,00$) на 1-от ден од складирање. Статистички значајни промени на a_w вредноста од 1-от до 7-от ден не се забележуваат, додека на 10-от ден од складирањето доаѓа до статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на a_w вредноста од $0,978 \pm 0,00$ до $0,983 \pm 0,00$ кај АСК, од $0,975 \pm 0,00$ до $0,976 \pm 0,00$ кај АС1 и од $0,973 \pm 0,00$ до $0,970 \pm 0,00$ кај АС3.
- ✓ Бојата на албуминското сирење е под силно влијание на додаденото органско цвекло во прав кое избилува со пигменти, беталаини. Значително намалување на параметарот L^* се забележува уште при додавање на најниската содржина на цвекло во прав ($2,5\%$), а со зголемување на содржината на цвеклото во прав вредностите константно се намалуваат. Времето на складирање значајно влијае на промената на параметарот L^* . Статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на вредностите за параметарот a^* се забележани при додавање на цвеклото во прав во албуминското сирење. Додавањето на цвеклото ја интензивира црвената боја во примероците, што се потврдува и од добиените позитивни вредности за параметарот a^* . Статистички значајно ($p < 0,05$) зголемување на вредностите за параметарот a^* се забележува и при следење на времето на складирање на примероците. Статистички значајно зголемување ($p < 0,05$) на вредностите за параметарот b^* е утврдено со додавањето на цвеклото во прав. За време на складирање доаѓа до намалување на вредностите за овој параметар.

- ✓ Подобрување на сензорните својства (боја, текстура и вкус), што придонесува за позитивна потрошувачка перцепција и пазарна атрактивност, особено кај примероците АС1 и АС2.

На 1-от ден од складирањето, примероците АСК, АС1 и АС2 се оценети со просечен пондериран резултат од 4,73, 4,59 и 4,59 соодветно и се класифицираат во категоријата производи со одличен квалитет, додека збогатениот примерок АС3 е оценет со просечен пондериран резултат од 4,37 и се класифицира во категоријата на производ со многу добар квалитет. На 10-от ден од складирање примерокот АСК, беше оценет со просечен пондериран резултат од 4,56 со што се класифицира во категоријата производи со одличен квалитет, додека примероците АС1, АС2 и АС3 беа оценети со просечен пондериран резултат од 4,37, 4,41 и 4,25 соодветно и се класифицираат во категоријата производи со многу добар квалитет.

- ✓ Идентификацијата на ефектите врз основните хемиски параметри, како зголемување на јаглехидрати и намалување на протеини, укажува на потребата од дополнителна технолошка оптимизација на процесот.

Иновативното албуминско сирење збогатено со органско цвекло во прав, претставува успешен спој на традиција, наука и нутритивна иновација, со потенцијал за развој на функционални производи со висока додадена вредност. Истражувањето покажа значајни подобрувања во нутритивниот профил (зголемена содржина на диететски влакна, антиоксиданси и здрави масти), во сензорната привлечност и микробиолошката безбедност, при што се идентификувани и потреби за понатамошна технолошка оптимизација. Развиениот производ е особено соодветен за здравствено чувствителна популација, со кардиоваскуларни заболувања, дијабетичари и повозрасни лица. Истовремено, тој нуди реален потенцијал за индустриска примена, особено во контекст на концептот на циркуларна економија, преку валоризација на сурутката како нуспроизвод и позиционирање на производите на пазарот на функционална храна, кое бележи континуиран раст и развој.

7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. *Journal of research in medical sciences : the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 19(2), 164–174. PMID: [24778671](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24778671/)
2. Abdel-Hamid, M., Romeih, E., Sileikiene, D., & Basuny, A. (2020). Influence of red beetroot addition on the quality of yogurt during cold storage. *LWT - Food Science and Technology*, 124, 109155. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109155>
3. Abdo, E. M., Allam, M. G., Gomaa, M. A., Shaltout, O. E., & Mansour, H. M. (2022). Valorization of whey proteins and beetroot peels to develop a functional beverage high in proteins and antioxidants. *Frontiers in Nutrition*, 9, 984891. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.984891>
4. Abdo, E. M., Mansour, H. M. M., Darwish, A. M. G., El-Sohaimy, S. A., Gomaa, M. A. E., Shaltout, O. E., & Allam, M. G. (2023). Beetroot Stalk Extract as a Functional Colorant for Stirred Yogurt Beverages: Effect on Nutritional Value and Stability during Storage. *Fermentation*, 9(10), 878. <https://doi.org/10.3390/fermentation9100878>
5. Abdullah, R., Arshad, H., Kaleem, A., Iqtedar, M., Aftab, M., & Saleem, F. (2023). Assessment of angiotensin converting enzyme inhibitory activity and quality attributes of yoghurt enriched with Cinnamomum verum, Elettaria cardamomum, Beta vulgaris and Brassica oleracea. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103556. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2023.103556>
6. Adachi, K., Igoshi, A., & Murata, M. (2020). Analyses of Factors Affecting the Browning of Model Processed Cheese during Storage. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 66(4), 364–369. <https://doi.org/10.3177/JNSV.66.364>
7. Adjei, M. L., Boakye, A., Deku, G., Pepra-Ameyaw, N. B., Jnr, A. S. A., Oduro, I. N., & Ellis, W. O. (2024). Development of yoghurt incorporated with beetroot puree and its effect on the physicochemical properties and consumer acceptance. *Heliyon*, 10(3), e25492. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25492>
8. Ahmed, T., Akhtaruzzaman, M., Islam, M. R., Biswas, M., Kazi, F., & Das, A. K. (2025). Beetroot juice as a natural colorant in functional yogurt: evaluation of physicochemical, bioactive, microbial and sensory properties during

- storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19(6), 4017-4033. DOI: [10.1007/s11694-025-03230-9](https://doi.org/10.1007/s11694-025-03230-9)
9. Akan, E. (2021a). An evaluation of the in vitro antioxidant and antidiabetic potentials of camel and donkey milk peptides released from casein and whey proteins. *Journal of food science and technology*, 58(10), 3743–3751. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04832-5>
 10. Akan, S., Tuna Gunes, N., & Erkan, M. (2021b). Red beetroot: Health benefits, production techniques, and quality maintaining for food industry. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(10), e15781. DOI: [10.1111/jfpp.15781](https://doi.org/10.1111/jfpp.15781)
 11. Akpinar, A., Yerlikaya, O., Akan, E., Karagozlu, C., Kinik, O., & Uysal, H. R. (2022). The effect of packaging materials on physicochemical, microbiological, and sensorial properties of Turkish whey (Lor) cheese with some plants. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17060. DOI: [10.1111/jfpp.17060](https://doi.org/10.1111/jfpp.17060)
 12. Alahmari, L. A. (2024). Dietary fiber influence on overall health, with an emphasis on CVD, diabetes, obesity, colon cancer, and inflammation. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1510564. doi: [10.3389/fnut.2024.1510564](https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1510564)
 13. Albasher, G., Albrahim, T., Alsultan, N., Alfaraj, S., Alharthi, M. S., Kassab, R. B., & Abdel Moneim, A. E. (2020). Red beetroot extract mitigates chlorpyrifos-induced reprotoxicity associated with oxidative stress, inflammation, and apoptosis in rats. *Environmental science and pollution research international*, 27(4), 3979–3991. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07009-6>
 14. Alemán-Mateo, H., Macías, L., Esparza-Romero, J., Astiazaran-García, H., & Blancas, A. L. (2012). Physiological effects beyond the significant gain in muscle mass in sarcopenic elderly men: evidence from a randomized clinical trial using a protein-rich food. *Clinical interventions in aging*, 7, 225–234. <https://doi.org/10.2147/CIA.S32356>
 15. Allegra, M. , Tesoriere, L. , & Livrea, M. A. (2007). Betanin inhibits the myeloperoxidase/nitrite-induced oxidation of human low-density lipoproteins. *Free Radical Research*, 41, 335–341. <https://doi.org/10.1080/10715760601038783>
 16. Alsaed, A. K., Ahmad, R., Aldoomy, H., El-Qader, S. A., Saleh, D., Sakejha, H., & Mustafa, L. (2013). Characterization, concentration and utilization of sweet and acid whey. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(2), 172-177. ISSN 1680-5194

17. Alshehry, G. A. (2019). Utilization of beetroot as a natural antioxidant, pigment and antimicrobial in cupcake during the storage period. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(10), 652-9.
18. Alshehry, G., Abdelazez, A., Abdelmotaal, H., & Abdel-Aleem, W. (2021). Investigating antioxidant and antibacterial activity of functional cookies enriched with beetroot during storage. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(6). DOI: 10.17221/138/2021-CJFS
19. Amalfitano, N., Patel, N., Haddi, M. L., Benabid, H., Pazzola, M., Vacca, G. M., Tagliapietra, F., Schiavon, S., & Bittante, G. (2024). Detailed mineral profile of milk, whey, and cheese from cows, buffaloes, goats, ewes, and dromedary camels, and efficiency of recovery of minerals in their cheese. *Journal of dairy science*, 107(11), 8887–8907. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24624>
20. Anastasova, L., Ivanovska, T. P., Petkovska, R., & Petrussevska-Tozi, L. (2018). Concepts, benefits and perspectives of functional dairy food products. *Macedonian pharmaceutical bulletin*, 64(2), 73-83. <https://doi.org/10.33320/maced.pharm.bull.2018.64.02.008>
21. Anema, S. G. (2001). Kinetics of the irreversible thermal denaturation and disulfide aggregation of α -lactalbumin in milk samples of various concentrations. *Journal of Food Science*, 66(1), 2-9. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15573.x>
22. Anderson, J. W., Baird, P., Davis, R. H., Jr, Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., & Williams, C. L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition reviews*, 67(4), 188–205. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x>
23. Anli, E. A. (2020). Possibilities for using microwave-vacuum drying in Lor cheese production. *International Dairy Journal*, 102, 104618. DOI: [10.1016/j.idairyj.2019.104618](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104618)
24. Antunac, N., Hudik, S., Mikulec, N., Maletić, M., Horvat, I., Radeljević, B., & Havranek, J. (2011). Proizvodnja i kemijski sastav Istarske i Paške skute. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 61(4), 326-335. <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-casopis/180342>
25. Argenta, A. B., & Scheer, A. D. P. (2020). Membrane separation processes applied to whey: A review. *Food Reviews International*, 36(5), 499-528. DOI: [10.1080/87559129.2019.1649694](https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1649694)

26. Arora, S. K., Patel, A. A., & Chauhan, O. P. (2015). Trends in milk and milk products fortification with dietary fibers. *American Journal of Advanced Food Science and Technology*, 3(1), 14-27. <https://doi.org/10.7726/ajafst.2015.1002>
27. Arvanitoyannis, I. S., Kargaki, G. K., & Hadjichristodoulou, C. (2011). Effect of three MAP compositions on the physical and microbiological properties of a low fat Greek cheese known as “Anthotyros”. *Anaerobe*, 17(6), 295-297. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.04.007>
28. Ashraf, S., Sayeed, S. A., Ali, R., Vohra, F., Ahmed, N., & Alam, M. K. (2022). Assessment of Potential Benefits of Functional Food Characteristics of Beetroot Energy Drink and Flavored Milk. *BioMed research international*, 2022, 1971018. <https://doi.org/10.1155/2022/1971018>
29. Ateteallah, H., Abd-Elkarim, N., & Hassan, N. A. (2019). Effect of adding beetroot juice and carrot pulps on rheological, chemical, nutritional and organoleptic properties of ice cream. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 10(6), 175-179. DOI: [10.21608/jfds.2019.48281](https://doi.org/10.21608/jfds.2019.48281)
30. Aykın-Dinçer, E., Güngör, K. K., Çağlar, E., & Erbaş, M. (2021). The use of beetroot extract and extract powder in sausages as natural food colorant. *International Journal of Food Engineering*, 17(1), 75-82. DOI: [10.1515/ijfe-2019-0052](https://doi.org/10.1515/ijfe-2019-0052)
31. Azarashkan, Z., Motamedzadegan, A., Ghorbani-HasanSaracai, A., Biparva, P., & Rahaiee, S. (2022). Investigation of the physicochemical, antioxidant, rheological, and sensory properties of ricotta cheese enriched with free and nano-encapsulated broccoli sprout extract. *Food science & nutrition*, 10(11), 4059–4072. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3001>
32. Azeredo, H. M. C. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(12), 2365–2376. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2007.01668>
33. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Kabir, A., Azizi, F., & Ghasemi, A. (2017). The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 8(6), 830–838. <https://doi.org/10.3945/an.117.016717>
34. Bahrami, L. S., Mohebaty, M., Arabi, S. M., Tabesh, H., Nematy, M., & Rezvani, R. (2022). Effect of beetroot or beetroot plus vitamin C supplementation on cardiovascular function in patients with coronary artery disease: protocol for a

- double-blind, placebo-controlled, randomised trial. *BMJ open*, 12(6), e061394. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-061394>
35. Baião, D. D. S., da Silva, D. V., Del Aguila, E. M., & Paschoalin, V. M. F. (2017). Nutritional, bioactive and physicochemical characteristics of different beetroot formulations. *Food additives*, 6(6), 21-43. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69301>
36. Baião, D. D. S., Silva, D. V. T. D., & Paschoalin, V. M. F. (2020). Beetroot, a Remarkable Vegetable: Its Nitrate and Phytochemical Contents Can be Adjusted in Novel Formulations to Benefit Health and Support Cardiovascular Disease Therapies. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 9(10), 960. <https://doi.org/10.3390/antiox9100960>
37. Baković, D. (1959). Skuta. *Mljekarstvo*, 9(8), 172-177. <https://hrcak.srce.hr/66039>
38. Barba, F. J. (2021). An Integrated Approach for the Valorization of Cheese Whey. *Foods*, 10(3), 564. <https://doi.org/10.3390/foods10030564>
39. Barber, T. M., Kabisch, S., Pfeiffer, A. F. H., & Weickert, M. O. (2020). The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutrients*, 12(10), 3209. <https://doi.org/10.3390/nu12103209>
40. Barone, G., Moloney, C., O'Regan, J., Kelly, A. L., & O'Mahony, J. A. (2020). Chemical composition, protein profile and physicochemical properties of whey protein concentrate ingredients enriched in α -lactalbumin. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103546. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103546>
41. Bavec, M., Turinek, M., Grobelnik-Mlakar, S., Slatnar, A., & Bavec, F. (2010). Influence of industrial and alternative farming systems on contents of sugars, organic acids, total phenolic content, and the antioxidant activity of red beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel). *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(22), 11825–11831. <https://doi.org/10.1021/jf103085p>
42. Baycar, A., Konar, N. E. V. Z. A. T., Goktas, H., Sagdic, O., & Polat, D. G. (2021). The effects of beetroot powder as a colorant on the color stability and product quality of white compound chocolate and chocolate spread. *Food Science and Technology*, 42, e66220. <https://doi.org/10.1590/fst.66220>
43. Belitz H-D, Grosch W, Schieberle P (2004) Minerals. In: Belitz H-D, Grosch W, Schieberle P (eds) *Food Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 427–433
44. Ben Haj Koubaier, H., Snoussi, A., Essaidi, I., Chaabouni, M. M., Thonart, P., & Bouzouita, N. (2014). Betalain and phenolic compositions, antioxidant activity of

- Tunisian red beet (*Beta vulgaris* L. *conditiva*) roots and stems extracts. *International journal of food properties*, 17(9), 1934-1945. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.772196>
45. Bendelja Ljoljić, D., Kalit, S., Kazalac, J., Dolencić Špehar, I., Mihaljević Žulj, M., Maslov Bandić, L., & Tudor Kalit, M. (2023). The Potential of Using Istrian Albumin Cheese Whey in the Production of Whey Distillate. *Fermentation*, 9(2), 192. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020192>
46. Bennato, F., Ianni, A., Grotta, L., & Martino, G. (2022). Evaluation of chemical-nutritional characteristics of whey and ricotta obtained by ewes fed red grape pomace dietary supplementation. *Food science of animal resources*, 42(3), 504-516. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e20>
47. Bergamaschi, M., & Bittante, G. (2017). Detailed fatty acid profile of milk, cheese, ricotta and by products, from cows grazing summer highland pastures. *The Journal of dairy research*, 84(3), 329–338. <https://doi.org/10.1017/S0022029917000450>
48. Bhat, Z. F., & Hina Bhat, H. B. (2011). Milk and dairy products as functional foods: a review. *International Journal of Dairy Science* 6(1):1-12. DOI: [10.3923/ijds.2011.1.12](https://doi.org/10.3923/ijds.2011.1.12)
49. Bianchi, F., Pünsch, M., & Venir, E. (2021). Effect of Processing and Storage on the Quality of Beetroot and Apple Mixed Juice. *Foods*, 10(5), 1052. <https://doi.org/10.3390/foods10051052>
50. Biancolillo, A., Reale, S., Foschi, M., Bertini, E., Antonelli, L., & D'Archivio, A. A. (2022). Characterization and Authentication of “Ricotta” Whey Cheeses through GC-FID Analysis of Fatty Acid Profile and Chemometrics. *Molecules*, 27(21), 7401. <https://doi.org/10.3390/molecules27217401>
51. Bilyk, O., Slyvka, N., Gutyj, B., Dronyk, H., & Sukhorska, O. (2017). Study of the different ways of proteins extraction from sheep and cow whey for “Urda” cheese production. *EUREKA: Life Sciences*, (3), 3-8. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2017.00333>
52. Bintsis, T., & Papademas, P. (2023). Sustainable Approaches in Whey Cheese Production: A Review. *Dairy*, 4(2), 249-270. <https://doi.org/10.3390/dairy4020018>
53. Bintsis, T., Mantzouridou, F. T., Lalou, S., Alvanoudi, P., Ordoudi, S. A., Angelidis, A. S., & Fletouris, D. (2024). Comparative analysis of chemical, microbiological, sensory and volatile compound profiles in manouri PDO and

- artisanal manouri cheeses: a preliminary study. *Food and Bioprocess Technology*, 1-15. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-024-03333-z>
54. Bleoussi, R., Konfo, C. T., Tchekessi, C. C., Sachi, P., Banon, J. S. B., Djogbe, A. A., Karl T. Assogba, K.T., Dahouenon-Ahoussi Edwige, D-A., & Bokossa, Y. I. (2020). Nutritional quality and use of whey in human food for its valorization. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 8(1), 284-293. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2020.8.1.0356>
55. Bojanic Rasovic, M., Nikolić, N., & Rasovic, R. (2017). Quality of “urda” obtained after production of montenegrin semi-hard cheese. *Food Research*, 1(5),166 – 170; DOI: [10.26656/fr.2017.5.107](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5.107)
56. Bolshakova E.I.(2022).Milk whey is a promising raw material for the production of sweet proteins.All-Russian Research Institute of the Dairy Industry, Moscow, Russia UDC 637.1: 637.344
57. Borba, K. K. S., Silva, F. A., Madruga, M. S., de Cássia Ramos do Egypto Queiroga, R., deSouza, E. L., & Magnani, M. (2014). The effect of storage on nutritional, textural and sensory characteristics of creamy ricotta made from whey as well as cow's milk and goat's milk. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(5), 1279-1286. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12432>
58. Bozanic, R., Barukcic, I., Kl, J., & Tratnik, L. (2014). Possibilities of whey utilisation. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(7). www.austinpublishinggroup.com.
59. Brzezińska-Rojek, J., Rutkowska, M., Ośko, J., Konieczka, P., Prokopowicz, M., & Grembecka, M. (2024). Evaluation of the Safety and Potential Benefits of Beetroot-Based Dietary Supplements According to Their Elemental Composition. *Biological trace element research*, 202(7), 3318–3332. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03902-x>
60. Buchanan, D., Martindale, W., Romeih, E., & Hebishy, E. (2023). Recent advances in whey processing and valorisation: Technological and environmental perspectives. *International Journal of Dairy Technology*, 76(2), 291-312. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12935>
61. Bucur, L., Țarălungă, G. H. E. O. R. G. H. E., & Schroder, V. (2016). The betalains content and antioxidant capacity of red beet (*Beta vulgaris* L. *subsp. vulgaris*) root. *Farmacia*, 64(2), 198-201.

62. Budimir, D. (2023). Nutritional value of whey after the production of trappist cheese, 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture, 11-17 February, 2023, Dubrovnik, Croatia, 285-290.
63. Bunkar, D. S., Anand, A., Kumar, K., Meena, M., Goyal, S. K., & Paswan, V. K. (2020). Development of production technology for preparation of beetroot powder using different drying methods. *Annals of Phytomedicine*, 9(2), 293-301. DOI: [10.21276/ap.2020.9.2.29](https://doi.org/10.21276/ap.2020.9.2.29)
64. Iahtisham-UI-Haq, Butt, M. S., Randhawa, M. A., & Shahid, M. (2019). Nephroprotective effects of red beetroot-based beverages against gentamicin-induced renal stress. *Journal of food biochemistry*, 43(7), e12873. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12873>
65. Calva-Estrada, S. J., Jiménez-Fernández, M., & Lugo-Cervantes, E. (2022). Betalains and their applications in food: The current state of processing, stability and future opportunities in the industry. *Food chemistry: molecular sciences*, 4, 100089. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100089>
66. Câmara, S. P. A., Maduro Dias, C., Nunes, H. P. B., Martin, R., Pimentel, F., Gomes, J. V., Silveira, M. d. G. A., Rosa, H. J. D., Dapkevicius, A., Borba, A. E. S., & Dapkevicius, M. d. L. N. E. (2025). Addressing Quality, Safety, and Sustainability Challenges in Artisanal Pico Cheese Production: Proteolysis Indexes, Staphylococci, and Whey Valorization. *Foods*, 14(9), 1487. <https://doi.org/10.3390/foods14091487>
67. Casper, J. L., Wendorff, W. L., & Thomas, D. L. (1998). Seasonal changes in protein composition of whey from commercial manufacture of caprine and ovine specialty cheeses. *Journal of dairy science*, 81(12), 3117–3122. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75876-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75876-X)
68. Casti, D., Scarano, C., Pala, C., Cossu, F., Lamon, S., Spanu, V., Ibba, M., Mocci, A. M., Tedde, F., Nieddu, G., Spanu, C., & De Santis, E. P. (2016). Evolution of the Microbiological Profile of Vacuum-Packed *Ricotta Salata* Cheese During Shelf-Life. *Italian journal of food safety*, 5(2), 5501. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2016.5501>
69. Ceclu, L., & Nistor, O. V. (2020). Red beetroot: Composition and health effects—A review. *J. Nutr. Med. Diet Care*, 6(1), 1-9. DOI: [10.23937/2572-3278.1510043](https://doi.org/10.23937/2572-3278.1510043)
70. Chadikovski, A., Klopchevska, J., Velickova, E., & Rafajlovska, V. (2022). The effect of whey type on the yield and quality characteristics of Urda. *Mljekarstvo*:

časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka, 72(3), 151-160.

<https://hrcak.srce.hr/279661>

71. Chadikovski, A., Nagy, A., Klopchevsk, J., & Rafajlovsk, V.(2023). Effect Of The Heat Treatment Time On The Whey Cheese Yield. *26thCongress of SCTM Sept. 20-23, 2023*, Ohrid, N. Macedonia
72. Chaffee, B. W., & King, J. C. (2012). Effect of zinc supplementation on pregnancy and infant outcomes: a systematic review. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 26 Suppl 1(01), 118–137. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2012.01289.x>
73. Chandrajith, V. G. G., & Karunasena, G. A. D. V. (2018). Applications of whey as a valuable ingredient in food industry. *J. Dairy Vet. Sci*, 6(5), 1-4. DOI: [10.19080/JDVS.2018.06.555698](https://doi.org/10.19080/JDVS.2018.06.555698)
74. Chauhan, S., Chamoli, K., & Sharma, S. (2020). Beetroot-A review paper. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2S), 424-427.
75. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food chemistry*, 272, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>
76. Chirilli, C., & Torri, L. (2023). Effect of Biobased Cling Films on Cheese Quality: Color and Aroma Analysis for Sustainable Food Packaging. *Foods*, 12(19), 3672. <https://doi.org/10.3390/FOODS12193672>
77. Cho, E., Smith-Warner, S. A., Spiegelman, D., Beeson, W. L., van den Brandt, P. A., Colditz, G. A., & Hunter, D. J. (2004). Dairy foods, calcium, and colorectal cancer: a pooled analysis of 10 cohort studies. *Journal of the National Cancer Institute*, 96(13), 1015-1022. DOI: [10.1093/jnci/djh185](https://doi.org/10.1093/jnci/djh185)
78. Christaki, S., Moschakis, T., Hatzikamari, M., & Mourtzinis, I. (2022). Nanoemulsions of oregano essential oil and green extracts: Characterization and application in whey cheese. *Food Control*, 141, 109190. DOI: [10.1016/j.foodcont.2022.109190](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109190)
79. Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., & Stevenson, E. J. (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7(4), 2801–2822. <https://doi.org/10.3390/nu7042801>

80. Codex Alimentarius Commission. (2010). *Codex standard for whey cheeses (CODEX STAN 284-1971)*. FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>
81. Constantin, O. E., Lazăr Mistrănu, S., Stoica, F., Rațu, R. N., Andronoiu, D. G., Stănciuc, N., Banožić, M., Čujić Nikolić, N., Mutavski, Z., & Râpeanu, G. (2025). Red Beetroot Skin Powder Addition as a Multifunctional Ingredient in Nougat. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 14(6), 676. <https://doi.org/10.3390/antiox14060676>
82. Dabija, A., Codină, G. G., Ropciuc, S., & Stroe, S. G. (2019). Studies regarding the production of a novel yogurt using some local plant raw materials. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(6), e13826. DOI: [10.1111/jfpp.13826](https://doi.org/10.1111/jfpp.13826)
83. Dalaka, E., Politis, I., & Theodorou, G. (2023). Antioxidant Activity of Sweet Whey Derived from Bovine, Ovine and Caprine Milk Obtained from Various Small-Scale Cheese Plants in Greece before and after In Vitro Simulated Gastrointestinal Digestion. *Antioxidants*, 12(9), 1676. <https://doi.org/10.3390/antiox12091676>
84. Davoodi, H., Esmaceli, S., & Mortazavian, A. M. (2013). Effects of milk and milk products consumption on cancer: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 249-264. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12011>
85. Damunupola, D. A. P. R., Weerathilake, W. A. D. V., & Sumanasekara, G. S. (2014). Evaluation of quality characteristics of goat milk yogurt incorporated with beetroot juice. *International journal of scientific and research publications*, 4(10), 1-5.
86. da Silva, D.,V.,T., dos Santos Baião, D., de Oliveira Silva, F., Alves, G., Perrone, D., Mere Del Aguila, E., & M. Flosi Paschoalin, V. (2019). Betanin, a Natural Food Additive: Stability, Bioavailability, Antioxidant and Preservative Ability Assessments. *Molecules*, 24(3), 458. <https://doi.org/10.3390/molecules24030458>
87. Deeth, H., & Bansal, N. (2019). Whey proteins: An overview. *Whey proteins*, 1-50. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812124-5.00001-1>
88. Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J. P., Tognolini, M., Borges, G., & Crozier, A. (2013). Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxidants & redox signaling*, 18(14), 1818–1892. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.4581>

89. de Oliveira, L. C. P., Farias, A. K. N., Baldus, T., Rodrigues, E. C., de Oliveira, A. P., Nascimento, E., ... & Scabora, M. H. (2024). Beetroot pulp and residue improve the shelf life of Greek yogurt when added as syrup. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 17(7), e8233-e8233. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.7-100>
90. Demirhan, E., & Tansel, S. H. (2015). Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese powder during storage. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 6656–6664. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9546>
91. Dermiki, M., Ntzimani, A., Badeka, A., Savvaidis, I. N., & Kontominas, M. G. (2008). Shelf-life extension and quality attributes of the whey cheese “Myzithra Kalathaki” using modified atmosphere packaging. *LWT-Food Science and Technology*, 41(2), 284-294. DOI: [10.1016/j.lwt.2007.02.014](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.02.014)
92. Deshmukh, G. P., Inka, P., Sindhav, R., & Jose, N. (2018). Application of beetroot as natural coloring pigment and functional ingredient in dairy and food products. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 7, 2010-2016.
93. Deshmukh, N., Rao, P. S., Sharma, H., & Kumar, M. (2024). Waste to nutrition: The evolution of whey, a byproduct to galactooligosaccharides production. *Food Chemistry Advances*, 4, 100642. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100642>
94. Destailats, F., Trottier, J. P., Galvez, J. M., & Angers, P. (2005). Analysis of alpha-linolenic acid biohydrogenation intermediates and conjugated linoleic acids in rumen contents by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, 88(9), 3231–3239. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72903-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72903-2)
95. Desseva, I., Stoyanova, M., Petkova, N., & Mihaylova, D. (2020). Red beetroot juice phytochemicals bioaccessibility: An in vitro approach. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 70(1). DOI: [10.31883/pjfn/116590](https://doi.org/10.31883/pjfn/116590)
96. Dhineshkumar, V., & Ramasamy, D. (2016). Studies on development of yogurt flavoured with beetroot juice (*Beta vulgaris* L.). *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci*, 3(2), 108-117
97. Dias, S., Castanheira, E. M. S., Fortes, A. G., Pereira, D. M., & Gonçalves, M. S. T. (2020). Natural Pigments of Anthocyanin and Betalain for Coloring Soy-Based Yogurt Alternative. *Foods*, 9(6), 771. <https://doi.org/10.3390/foods9060771>
98. Didukh, G. (2017). Sweet whey as a raw material for the dietary supplements obtaining with immunomodulatory effect. *Харчова наука і технологія*, 11(2), 3-8. DOI: [10.15673/fst.v11i2.506](https://doi.org/10.15673/fst.v11i2.506)

99. Dinika, I., Verma, D. K., Balia, R., Utama, G. L., & Patel, A. R. (2020). Potential of cheese whey bioactive proteins and peptides in the development of antimicrobial edible film composite: A review of recent trends. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 57-67. DOI: [10.1016/j.tifs.2020.06.017](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.017)
100. Dinkci, N. Whey, Waste or Value?. *World J Agri & Soil Sci.* 6 (5): 2021. *WJASS. MS. ID*, 648. <https://doi.org/10.33552/WJASS.2021.06.000648>
101. Dmytrów, I., Szymczak, M., Szkolnicka, K., & Kamiński, P. (2021). Development of Functional Acid Curd Cheese (Tvarog) with Antioxidant Activity Containing Astaxanthin from Shrimp Shells Preliminary Experiment. *Foods*, 10(4), 895. <https://doi.org/10.3390/foods10040895>
102. Dopieralska, P., Barłowska, J., Teter, A., Król, J., Brodziak, A., & Domaradzki, P. (2020). Changes in Fatty Acid and Volatile Compound Profiles during Storage of Smoked Cheese Made from the Milk of Native Polish Cow Breeds Raised in the Low Beskids. *Animals*, 10(11), 2103. <https://doi.org/10.3390/ani10112103>
103. Duyar, S. M., Sari, F., & Karaoglan, H. A. (2024). Production of red beetroot juice by different methods: Kinetics of microbial growth, sugar consumption, and acid production. *Heliyon*, 10(9), e30448. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30448>
104. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). (2015). Scientific Opinion on the re-evaluation of beetroot red (E 162) as a food additive. *EFSA Journal*, 13(12), 4318.
105. El-Tanboly, E. S., El-Hofi, M. K., & Khorshid, A. (2017). Recovery of cheese whey, a by-product from the dairy industry for use as an animal feed. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*, 6(5), 148. DOI: [10.15406/jnhfe.2017.06.00215](https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.06.00215)
106. Eugster, E., Jakob, E., & Wechsler, D. (2000). Cheese, processed cheese, and whey. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. _ 2012 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim DOI: [10.1002/14356007.a06_163.pub2](https://doi.org/10.1002/14356007.a06_163.pub2)
107. European Commission. (2005, November 15). Commission Regulation (EC) No. 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs (EC Reg. No.2073/2005). Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02005R2073-20140601&rid=1>

108. Evstigneeva, T., Iakovchenko, N., Kuzmicheva, N., & Skvortsova, N. (2020). Applying beetroot as food ingredient in ice-cream production, *Agronomy Research*, 18 <https://doi.org/10.15159/ar.20.115>
109. FAO.(2022). *Dairy Market Review: Emerging trends and outlook 2022*. Rome.
110. FAO/IFAD/UNICEF/WFP/WHO. The state of food security and nutrition in the world 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2021.
111. Farhan, M., Ahmad, Z., Waseem, M., Mehmood, T., Javed, M. R., Ali, M., & Goksen, G. (2024). Assessment of Beetroot powder as nutritional, antioxidant, and sensory evaluation in candies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101023. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101023>
112. Fernández-López, J. A., Viuda-Martos, M., & Pérez-Alvarez, J. A. (2023). Beetroot juices as colorant in plant-based minced meat analogues: Color, betalain composition and antioxidant activity as affected by juice type. *Food Bioscience*, 56, 103156. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103156>
113. Ferreiro, T., & Rodríguez-Otero, J. L. (2018). Evolution and distribution of phospholipids in cheese and whey during the manufacturing of fresh cheese from cows' milk. *International Journal of Dairy Technology*, 71(3), 820-823. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12499>
114. Fischer, C., & Kleinschmidt, T. (2015). Synthesis of galactooligosaccharides using sweet and acid whey as a substrate. *International Dairy Journal*, 48, 15-22. DOI: [10.1016/j.idairyj.2015.01.003](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.003)
115. Flinois, J. C., Dando, R., & Padilla-Zakour, O. I. (2019). Effects of replacing buttermilk with yogurt acid whey in ranch dressing. *Journal of dairy science*, 102(9), 7874-7883. DOI: [10.3168/jds.2018-16158](https://doi.org/10.3168/jds.2018-16158)
116. Flores-Mancha, M. A., Ruíz-Gutiérrez, M. G., Sánchez-Vega, R., Santellano-Estrada, E., & Chávez-Martínez, A. (2021a). Effect of Encapsulated Beet Extracts (*Beta vulgaris*) Added to Yogurt on the Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activity. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(16), 4768. <https://doi.org/10.3390/molecules26164768>
117. Flores-Mancha, M. A., Ruíz-Gutiérrez, M. G., Rentería-Monterrubio, A. L., S´anchez-Vega, R., Juárez-Moya, J., Santellano-Estrada, E., et al. (2021b). Stirred yogurt added with beetroot extracts as an antioxidant source: Rheological, sensory,

- and physicochemical characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7), e15628. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15628>
118. Franceschi, P., Formaggioni, P., Brasca, M., Natrella, G., Faccia, M., Malacarne, M., & Summer, A. (2023). Fatty acids composition and lipolysis of Parmigiano Reggiano PDO cheese: effect of the milk cooling temperature at the farm. *Animal bioscience*, 36(1), 132–143. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0080>
119. Fu, Y., Shi, J., Xie, S. Y., Zhang, T. Y., Soladoye, O. P., & Aluko, R. E. (2020). Red beetroot betalains: Perspectives on extraction, processing, and potential health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(42), 11595-11611. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04241>
120. Fretze, D. (2024). *Proizvodnja skute s dodatkom ekstrakta bosiljka* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Agriculture. Dairy Science).
121. Frisoli, T. M., Schmieder, R. E., Grodzicki, T., & Messerli, F. H. (2012). Salt and hypertension: is salt dietary reduction worth the effort?. *The American journal of medicine*, 125(5), 433-439. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2011.10.023>
122. Gasmalla, M. A. A., Tessema, H. A., Salaheldin, A., Alahmad, K., Hassanin, H. A. M., & Aboshora, W. (2017). Health benefits of milk and functional dairy products. *MOJ Food Process. Technol*, 4(4), 108-111. DOI: [10.15406/mojfpt.2017.04.00099](https://doi.org/10.15406/mojfpt.2017.04.00099)
123. Gengatharan, A., Dykes, G. A., & Choo, W. S. (2015). Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 645-649. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.052>
124. Georgiev, V. G., Weber, J., Kneschke, E. M., Denev, P. N., Bley, T., & Pavlov, A. I. (2010). Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit dark red. *Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 65(2), 105–111. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0156-6>
125. Giusti, M. M. (2001). Current protocols in food analytical chemistry, F3.1.1-F3.1.7 Copyright © 2001 by John Wiley & Sons, Inc. DOI:10.1002/0471142913.faf0402s01
126. Gojković, T., Kotur, S. J., Bogavac, S. N., Antonić, T., Mihajlović, M., Vujčić, S., & Spasojević, K. V. (2019). Cardiometabolic and antioxidative effects of lyophilized goat whey supplementation. *Hrana i ishrana*, 60(2), 59-64. DOI: [10.5937/hraIsh1902059G](https://doi.org/10.5937/hraIsh1902059G)

127. González-Martín, I., Hernández-Hierro, J. M., Revilla, I., Vivar-Quintana, A., Lobos-Ortega, I., & González-Pérez, C. (2009). Changes in the mineral content in cheeses of different compositions during 6 months of ripening. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(1), 114-118; DOI:10.17221/1086-CJFS
128. Goulding, D. A., Fox, P. F., & O'Mahony, J. A. (2020). Milk proteins: An overview. *Milk proteins*, 21-98. DOI: [10.1016/B978-0-12-815251-5.00002-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00002-5)
129. Gralak, A., Grochowska, R., & Szczepaniak, I. (2022). Determinants of implementation of the circular economy in the food processing sector on the example of the dairy industry. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 372(3), 64-84. DOI: <https://doi.org/10.30858/zer/152535>
130. Guyomarc'H,F., Famelart,M-H., Henry,G., Gulzar,M., Léonil,J., Hamon, P., Bouhallab,S., & Croguennec, T. (2015). Current ways to modify the structure of whey proteins for specific functionalities-a review. *Dairy Science & Technology*, 95 (6) 795-814. ff10.1007/s13594-014-0190-5ff. ffhal-01209713f
131. Halladj F, Amellal-Chibane H, Aitfella-Lahlou R, Bourai MA, Tigrine A. (2022). Effect of red beet cooking water on yoghurt's physico-chemical, textural and antioxidant characteristics. *Food Science and Technology International*, 30(1):85-93. doi:[10.1177/10820132221137386](https://doi.org/10.1177/10820132221137386)
132. Hassan, M. L., Berglund, L., Abou Elseoud, W. S., Hassan, E. A., & Oksman, K. (2021). Effect of pectin extraction method on properties of cellulose nanofibers isolated from sugar beet pulp. *Cellulose*, 28(18), 10905–10920. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04223-9>
133. Hauswirth, C. B., Scheeder, M. R., & Beer, J. H. (2004). High omega-3 fatty acid content in alpine cheese: the basis for an alpine paradox. *Circulation*, 109(1), 103–107. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000105989.74749.DD>
134. Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Stability and color changes of thermally treated betanin, phylloactin, and hyllocerenin solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), 390–398. <https://doi.org/10.1021/JF051854B>
135. Hernández-Ledesma, B., Ramos, M., & Gómez-Ruiz, J. Á. (2011). Bioactive components of ovine and caprine cheese whey. *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 196-204. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2011.09.040](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.040)

136. Ingle, M., Thorat, S. S., Kotecha, P. M., & Nimbalkar, C. A. (2017). Nutritional assessment of beetroot (*Beta vulgaris* L.) powder cookies. *Asian Journal of Dairy & Food Research*, 36(3). DOI: [10.18805/ajdfr.v36i03.8963](https://doi.org/10.18805/ajdfr.v36i03.8963)
137. Iannetti, L., Visciano, O., Marfoggia, C., Iannitto, G., Parisciani, G., Sericola, M., & Schirone, M. (2019). Coagulase positive staphylococci enumeration and enterotoxins detection in milk and dairy products from Central Italy. *Italian Journal of Food Science*, 31(3). DOI:10.14674/IJFS-1331
138. Iqbal, S. & Ali, I. (2021). Effect of maternal zinc supplementation or zinc status on pregnancy complications and perinatal outcomes: An umbrella review of meta-analyses, *Heliyon*, 7 (7), e07540.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07540>
139. İrkin, R. (2011). Shelf-life of unsalted and light “lor” whey cheese stored under various packaging conditions: microbiological and sensory attributes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(2), 163-178. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00469.x>
140. Islam, M. A., Sultana, S., Sojib, M. S. I., Siddiki, M. S. R., Rahman, M. F., Mannan, M. A., & Bari, M. S. (2021). Chemical and microbial quality of whey from cow milk using calf rennet, microbial rennet, lactic acid and papaya latex. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 50(2), 107-113.
141. Jachimowicz-Rogowska, K., & Winiarska-Mieczan, A. (2023). Initiatives to reduce the content of sodium in food products and meals and improve the population’s health. *Nutrients*, 15(10), 2393. DOI: [10.3390/nu15102393](https://doi.org/10.3390/nu15102393)
142. Jensen, R. G. (2002). The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 295–350.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74079-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74079-4)
143. Javier, C. R., Carlos, A. G., Ma, R., Nanci, E., & Luz, E. (2016). Indicator microorganisms, Salmonella, Listeria monocytogenes, Staphylococcal enterotoxin, and physicochemical parameters in requeson cheese. *African Journal of Food Science*, 10(9), 178-184. <https://doi.org/10.5897/AJFS2016.1473>
144. Jeličić, I., Božanić, R., Tratnik, L., & Lisak, K. (2010). Possibilities of implementing nonthermal processing methods in the dairy industry. *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 60(2), 113-126.
145. Johansen, A. G., Vegarud, G. E., & Skeie, S. (2002). Seasonal and regional variation in the composition of whey from Norwegian Cheddar-type and Dutch-type

- cheeses. *International Dairy Journal*, 12(7), 621-629.
[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00054-7](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00054-7)
146. Jovanović, M., Zlatanović, S., Micić, D., Bacić, D., Mitić-Ćulafić, D., Đuriš, M., & Gorjanović, S. (2021). Functionality and Palatability of Yogurt Produced Using Beetroot Pomace Flour Granulated with Lactic Acid Bacteria. *Foods*, 10(8), 1696.
<https://doi.org/10.3390/foods10081696>
147. Junqueira-Goncalves, M. P., Cardoso, L. P., Pinto, M. S., Pereira, R. M., Soares, N. F., & Miltz, J. (2011). Irradiated beetroot extract as a colorant for cream cheese. *Radiation physics and chemistry*, 80(1), 114-118.
DOI: [10.1016/j.radphyschem.2010.08.002](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2010.08.002)
148. Kalantzopoulos, G. C. (1999). Cheeses from ewes' and goats' milk. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 2: Major Cheese Groups* (pp. 507-553). Boston, MA: Springer US.
149. Kalevska, T., Uzunoska, Z., Stamatovska, V., & Saveski, A. (2018). Whey properties and its use for production of functional and probiotic drinks. *Applied Researches in Technics, Technologies and Education*, 6(1) 50-
<https://eprints.uklo.edu.mk/id/eprint/2101>
150. Kamate, R. D., & Padghan, P. V. (2018). Studies on sensory/organoleptic properties of beetroot whey beverage. *International Journal of Current Microbiology Applied Sciences*, 7, 3309-3315.
151. Kamber, U. (2007). The Traditional Cheeses of Turkey: Cheeses Common to All Regions. *Food Reviews International*, 24(1), 1–38.
<https://doi.org/10.1080/87559120701761833>
152. Kaminarides, S. (2015a). A modified form of Myzithra cheese produced by substituting the fresh cheese whey by dried whey protein concentrate and ovine milk and cream. *Small Ruminant Research*, 131, 118-122.
DOI: [10.1016/j.smallrumres.2015.07.020](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.07.020)
153. Kaminarides, S., Ilias-Dimopoulos, E., Zoidou, E., & Moatsou, G. (2015b). The effect of addition of skimmed milk on the characteristics of Myzithra cheeses. *Food chemistry*, 180, 164-170.
154. Kaminarides, S., Aktypis, A., Koronios, G., Massouras, T., & Papanikolaou, S. (2018). Effect of 'in situ' produced bacteriocin thermophilin T on the microbiological and physicochemical characteristics of Myzithra whey cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 213-222.

155. Kaminarides, S., Nestoratos, K., & Massouras, T. (2013). Effect of added milk and cream on the physicochemical, rheological and volatile compounds of Greek whey cheeses. *Small Ruminant Research*, 113(2-3), 446-453. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2013.04.009](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.04.009)
156. Kaminarides, S., Zagari, H., & Zoidou, E. (2020). Effect of whey fat content on the properties and yields of whey cheese and serum. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(2), 2149-2156. DOI: [10.12681/jhvms.23640](https://doi.org/10.12681/jhvms.23640)
157. Kandarakis, J.G.(1986). Traditional whey cheeses. *Bull. IDF* 202, 118–122
158. Kanner, J., Harel, S., & Granit, R. (2001). Betalains--a new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(11), 5178–5185. <https://doi.org/10.1021/jf010456f>
159. Kapadia, G. J., Azuine, M. A., Rao, G. S., Arai, T., Iida, A., & Tokuda, H. (2011). Cytotoxic effect of the red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract compared to doxorubicin (Adriamycin) in the human prostate (PC-3) and breast (MCF-7) cancer cell lines. *Anti-cancer agents in medicinal chemistry*, 11(3), 280–284. <https://doi.org/10.2174/187152011795347504>
160. Kavitar, R.S., Rao, K.J., Mishra, D., Chavhan, B., Deshmukh, G.P., & Prajapati, R. (2017). Utilisation of Beetroot Extract as Colouring Agent in Lassi, Int. J. Pure App. Biosci. 5(6), 295-299. doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2913>
161. Kazimierczak, R., Hallmann, E., Treščinska, V., & Rembiałkowska, E. (2011). Estimation of the nutritive value of two red beet (*Beta vulgaris*) varieties from organic and conventional cultivation. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 3(56), 206-210.
162. Khairiah, R., & Butar-Butar, D. (2023). The Effectiveness Of Giving Beet Juice On Hb Levels In Third Trimester Pregnant Women At Budhi Asih Hospital In 2022. *International Journal of Health and Pharmaceutical (IJHP)*, 3(3), 567-572. DOI: <https://doi.org/10.51601/ijhp.v3i3.196>
163. Khalid Shakir, B., & Simone, V. (2024). Estimation of betalain content in beetroot peel powder. *Italian Journal of Food Science*, 36(1), 53-57. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v36i1.2438>
164. Khan, I. T., Nadeem, M., Imran, M., Ullah, R., Ajmal, M., & Jaspal, M. H. (2019). Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in health and disease*, 18(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>

165. Kiouri, D. P., Tsoupra, E., Peana, M., Perlepes, S. P., Stefanidou, M. E., & Chasapis, C. T. (2023). Multifunctional role of zinc in human health: an update. *EXCLI journal*, 22, 809–827. <https://doi.org/10.17179/excli2023-6335>
166. Kleekayai, T., O'Neill, A., Clarke, S., Holmes, N., O'Sullivan, B., & FitzGerald, R. J. (2022). Contribution of Hydrolysis and Drying Conditions to Whey Protein Hydrolysate Characteristics and In Vitro Antioxidative Properties. *Antioxidants*, 11(2), 399. <https://doi.org/10.3390/antiox11020399>
167. Koop, L., Nascimento da Silva, M., Diniz da Silva, F., Thayres Dos Santos Lima, K., Santos Soares, L., José de Andrade, C., Ayala Valencia, G., & Rodrigues Monteiro, A. (2022). Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 153, 110929. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110929>
168. Krajka-Kuźniak, V., Szafer, H., Ignatowicz, E., Adamska, T., & Baer-Dubowska, W. (2012). Beetroot juice protects against N-nitrosodiethylamine-induced liver injury in rats. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 50(6), 2027–2033. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.03.062>
169. Królczyk, J. B., Dawidziuk, T., Janiszewska-Turak, E., & Sołowiej, B. (2016). Use of whey and whey preparations in the food industry—A review. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 66(3), 157-165. DOI: [10.1515/pjfn-2015-0052](https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0052)
170. Kujala, T. S., Loponen, J. M., Klika, K. D., & Pihlaja, K. (2000). Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(11), 5338–5342. <https://doi.org/10.1021/jf000523q>
171. Kumar, D., & Ramasamy, D. (2016). Studies on development of yoghurt flavoured with beetroot juice (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Advance Research in Biological Sciences*, 3(2), 108-117. <https://ijarbs.com/pdfcopy/feb2016/ijarbs17.pdf>
172. Kumar, Y. (2015). Beetroot: A super food. *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 01(3), 20–26. <https://oaji.net/articles/2015/1742-1431678273.pdf>

173. Kurdil, N. V., Khudaikulova, O. O., Krapuvnytska, I. O., Omelchuk, Y. O., Shchutska, T. O., Kostyuchenko, T. P., & Palamar, B. I. (2025). Assessment of the complex-forming capacity of pectins obtained from various vegetable and fruit raw materials as a basis for creating special food products. *Polski merkuriusz lekarski : organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, 53(3), 361–366. <https://doi.org/10.36740/Merkur202503110>
174. Lahhoba, Q. R., Al-sanafd, A. E., Mohammede, N. Y., Abbasf, H. J., & Jaber, Z. (2023). Mineral and trace elements, dietary sources, biological effects, deficiency, and toxicity. *Eurasian Chem. Commun*, 5 (2023), 536-555 DOI: [10.22034/ecc.2023.381964.1594](https://doi.org/10.22034/ecc.2023.381964.1594)
175. Lahhob, Q. R., Mohammed, N. Y., & Abbas, H. J. (2021). Study of Some Minerals and Trace Elements Levels in patients with Sickle Cell Anemia and Sickle Cell Anemiathalassemia in South of Iraq. *Biochemical and Cellular Archives*, 21(1), 1091-1095. <https://connectjournals.com/03896.2021.21.1091>
176. Lappa, I. K., Papadaki, A., Kachrimanidou, V., Terpou, A., Koulougliotis, D., Eriotou, E., & Kopsahelis, N. (2019). Cheese Whey Processing: Integrated Biorefinery Concepts and Emerging Food Applications. *Foods*, 8(8), 347. <https://doi.org/10.3390/foods8080347>
177. Latunde-Dada, G. O. (2024). Iron Intake and Human Health. *Nutrients*, 16(2), 206. <https://doi.org/10.3390/nu16020206>
178. Lazăr, S., Constantin, O. E., Horincar, G., Andronoiu, D. G., Stănciuc, N., Muresan, C., & Râpeanu, G. (2022). Beetroot By-Product as a Functional Ingredient for Obtaining Value-Added Mayonnaise. *Processes*, 10(2), 227. <https://doi.org/10.3390/pr10020227>
179. Lee, E. J., An, D., Nguyen, C. T., Patil, B. S., Kim, J., & Yoo, K. S. (2014). Betalain and betaine composition of greenhouse- or field-produced beetroot (*Beta vulgaris* L.) and inhibition of HepG2 cell proliferation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(6), 1324–1331. <https://doi.org/10.1021/jf404648u>
180. Levkov, V., Coneva, E., Gjorgovska, N., Mateva, N., & Belichovska, D. (2021). Changes of nutritional characteristics of whey fermented with kefir grains-a preliminary results. *Int. J. Innov. Approaches Agric. Res*, 5, 424-433. <http://hdl.handle.net/20.500.12188/16346>

181. Li, N., & Girard, A. L. (2023). Impact of pH and temperature on whey protein-proanthocyanidin interactions and foaming properties. *Food Hydrocolloids*, 134, 108100. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108100>
182. Li, Q., Yang, X., Liu, T., Yang, L., Liu, Y., Chen, X., & Lin, Y. (2024). Elucidation of pineapple softening based on cell wall polysaccharides degradation during storage. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1492575. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1492575>
183. Limnaios, A., Tsevdou, M., Zafeiri, E., Topakas, E., & Taoukis, P. (2024). Cheese and Yogurt By-Products as Valuable Ingredients for the Production of Prebiotic Oligosaccharides. *Dairy*, 5(1), 78-92. <https://doi.org/10.3390/dairy5010007>
184. Liu, Y., Helikh, A. O., Filon, A. M., Tang, X. X., Duan, Z. H., & Ren, A. Q. (2024). Beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.) pretreated by freeze-thaw: influence of drying methods on the quality characteristics. *CyTA-Journal of Food*, 22(1), 1-12. DOI: [10.1080/19476337.2023.2295421](https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2295421)
185. Lopes, A. C. A., Eda, S. H., Andrade, R. P., Amorim, J. C., & Duarte, W. F. (2019). New alcoholic fermented beverages—potentials and challenges. *Fermented beverages*, 5, 577-603. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815271-3.00014-2>
186. Lorieau, L., Halabi, A., Ligneul, A., Hazart, E., Dupont, D., & Flourey, J. (2018). Impact of the dairy product structure and protein nature on the proteolysis and amino acid bioaccessibility during in vitro digestion. *Food Hydrocolloids*, 82, 399-411. DOI: [10.1016/j.foodhyd.2018.04.019](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.019)
187. Lorieau, L., Le Gouar, Y., Henry, G., Mao, T. T., Ligneul, A., Hazart, E., Dupont, D., & Flourey, J. (2019). Whey-based cheese provides more postprandial plasma leucine than casein-based cheese: A pig study. *Food chemistry*, 277, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.097>
188. Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V., Abraham, J., Adair, T., Aggarwal, R., Ahn, S. Y., Alvarado, M., Anderson, H. R., Anderson, L. M., Andrews, K. G., Atkinson, C., Baddour, L. M., Barker-Collo, S., Bartels, D. H., Bell, M. L., Benjamin, E. J., & Memish, Z. A. (2012). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet (London, England)*, 380(9859), 2095–2128. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61728-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61728-0)

189. Lukinac Čačić J. (2012). Mathematical modeling and optimization of the bread browning kinetics during baking, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno - Tehnološki fakultet Osijek (Ph.D thesis in croatian).
190. Macedo, A., Bilau, J., Cambóias, E., & Duarte, E. (2021). Integration of Membrane Processes for By-Product Valorization to Improve the Eco-Efficiency of Small/Medium Size Cheese Dairy Plants. *Foods*, 10(8), 1740. <https://doi.org/10.3390/foods10081740>
191. Macwan, S. R., Dabhi, B. K., Parmar, S. C., & Aparnathi, K. D. (2016). Whey and its utilization. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(8), 134-155. DOI: 10.20546/ijemas.2016.508.016
192. Madadlou, A., & Abbaspourrad, A. (2017). Bioactive whey peptide particles: An emerging class of nutraceutical carriers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(9), 1468–1477. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1264064>
193. Magan, J. B., O’Callaghan, T. F., Zheng, J., Zhang, L., Mandal, R., Hennessy, D., Fenelon, M. A., Wishart, D. S., Kelly, A. L., & McCarthy, N. A. (2020). Effect of Diet on the Vitamin B Profile of Bovine Milk-Based Protein Ingredients. *Foods*, 9(5), 578. <https://doi.org/10.3390/foods9050578>
194. Maggira, M., Ioannidou, M. D., Parissi, Z. M., Abraham, E. M., Karatassiou, M., & Samouris, G. (2023). Compositional Characteristics, Fatty Acid Profile, Phenolic Content and Volatile Organic Compounds (VOCs) of Feta Cheese Made in Mountainous Grasslands and Plains of Greece. *Dairy* 2023, , 4(4), 672–688. <https://doi.org/10.3390/DAIRY4040046>
195. Mahan, L. K., & Raymond, J. L. (2017). Krause’s food & the nutrition care process (14th ed.). Elsevier. ISBN: 978-0-323-34075-5
196. Mahato, D.K., Keast, R., Liem, D.G., Russell, C.G., Cicerale, S., Gamlath S. (2020). Sugar reduction in dairy food: an overview with flavoured milk as an example. *Foods*. 9(10), 1400. <https://doi.org/10.3390/foods9101400>
197. Malos, I. G., Ghizdareanu, A.-I., Vidu, L., Matei, C. B., & Pasarin, D. (2025). The Role of Whey in Functional Microorganism Growth and Metabolite Generation: A Biotechnological Perspective. *Foods*, 14(9), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods14091488>
198. Mangano, K. M., Bao, Y., & Zhao, C. (2019). Nutritional properties of whey proteins. *Whey protein production, chemistry, functionality, and applications*, 103-140. <https://doi.org/10.1002/9781119256052.ch5>

199. Mangione, G., Caccamo, M., Natalello, A., & Licitra, G. (2023). Graduate Student Literature Review: History, technologies of production, and characteristics of ricotta cheese. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 3807-3826. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22460>
200. Mangione, G., Martino, Musati., Margherita, C., Antonino, B., Fabrizio, M., Marco S. C., Giuseppe, L., Alessandro, P., & Antonio, N. (2025). Ricotta cheese quality as affected by season. *Journal of Dairy Science* 108:5658–5674 <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26448>
201. Månsson H. L. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. *Food & nutrition research*, 52, 10.3402/fnr.v52i0.1821. <https://doi.org/10.3402/fnr.v52i0.1821>
202. Markiewicz-Kęszycka, M., Czyżak-Runowska, G., Lipińska, P., & Wójtowski, J. (2013). Fatty acid profile of milk-a review. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 57(2), 135-139. <https://doi.org/10.2478/bvip-2013-0026>
203. Masithoh, R. E., Pahlawan, M. F. R. ., Arifani, E. N., Amanah, H. Z., & Cho, B. K. (2024). Determination of the Betacyanin and Betaxanthin Contents of Red Beet (Beta Vulgaris) Powder Using Partial Least Square Regression Based on Visible-Near Infrared Spectra. *Trends in Sciences*, 21(5), 7639. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.7639>
204. Maywald, M., & Rink, L. (2022). Zinc in Human Health and Infectious Diseases. *Biomolecules*, 12(12), 1748. <https://doi.org/10.3390/biom12121748>
205. Mendis, S. (2024). Diet and Prevention of Cardiovascular Disease. *Recent Progress in Nutrition*, 4(3), 1-19. DOI: [10.21926/rpn.2403011](https://doi.org/10.21926/rpn.2403011)
206. Merkel, A., Voropaeva, D., & Ondrušek, M. (2021). The impact of integrated nanofiltration and electro-dialytic processes on the chemical composition of sweet and acid whey streams. *Journal of Food Engineering*, 298, 110500. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2021.110500](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110500)
207. Messias, T. B. O. N., Magnani, M., Pimentel, T. C., SILVA, L. M. D., Alves, J., Gadelha, T. S., & Queiroga, R. D. C. R. D. E. (2021). Typical Brazilian cheeses: safety, mineral content and adequacy to the nutritional labeling. *Food Science and Technology*, 42, e37121. <https://doi.org/10.1590/fst.37121>
208. Meyer-Ficca, M., & Kirkland, J. B. (2016). Niacin. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 7(3), 556–558. <https://doi.org/10.3945/an.115.011239>
209. Milton-Laskibar, I., Martínez, J. A., & Portillo, M. P. (2021). Current Knowledge on Beetroot Bioactive Compounds: Role of Nitrate and Betalains in

- Health and Disease. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(6), 1314. <https://doi.org/10.3390/foods10061314>
210. Mititelu, M., Lupuliasa, D., Neacșu, S. M., Olteanu, G., Busnatu, Ș. S., Mihai, A., Popovici, V., Măru, N., Boroghină, S. C., Mihai, S., Ioniță-Mîndrican, C.-B., & Scafa-Udriște, A. (2025). Polyunsaturated Fatty Acids and Human Health: A Key to Modern Nutritional Balance in Association with Polyphenolic Compounds from Food Sources. *Foods*, 14(1), 46. <https://doi.org/10.3390/foods14010046>
211. Mitrevski, J., Pantelić, N. Đ., Dodevska, M. S., Kojić, J. S., Vulić, J. J., Zlatanović, S., Gorjanović, S., Laličić-Petronijević, J., Marjanović, S., & Antić, V. V. (2023). Effect of Beetroot Powder Incorporation on Functional Properties and Shelf Life of Biscuits. *Foods*, 12(2), 322. <https://doi.org/10.3390/foods12020322>
212. Mohamed Ali, A. R., A Shahin, A., & E Abd El-Halim, S. (2024). Improving of Sweet Whey to Produce Healthy Beverages Incorporating with Some Plant Extracts. *Food Technology Research Journal*, 5(2), 147-159. https://ftjr.journals.ekb.eg/article_383872_26ef62af389015f213f15bebc816f47d.pdf
213. Mollea, C., Marmo, L., & Bosco, F. (2013). Valorisation of cheese whey, a by-product from the dairy industry. In book: Food industry; Chapter: 24; Publisher: InTECH Editors: Innocenzo Mazzalupo; DOI: [10.5772/53159](https://doi.org/10.5772/53159)
214. Mroczek, A., Kapusta, I., Janda, B., & Janiszowska, W. (2012). Triterpene saponin content in the roots of red beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(50), 12397–12402. <https://doi.org/10.1021/jf303952x>
215. Mucchetti, G., & Neviani, E. (2006). Microbiologia e tecnologia lattiero casearia. Qualita e Sicurezza. Tecniche Nuove editore, Milano, Italy.
216. Mucchetti, G., Pugliese, A., & Paciulli, M. (2017). Characteristics of some important Italian cheeses: Parmigiano reggiano, grana padano, mozzarella, mascarpone and ricotta. In Mediterranean Foods (pp. 1-34). CRC Press.
217. Mudgal, D., Singh, S., & Singh, B. R. (2022). Nutritional composition and value added products of beetroot: A review. *Journal of Current Research in Food Science*, 3(1), 01-09.
218. Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Domínguez, R., Pollonio, M. A. R., Sepúlveda, N., Andres, S. C., Reyes, J., Santos, E. M., & Lorenzo, J. M. (2021). *Beta vulgaris* as a Natural Nitrate Source for Meat Products: A Review. *Foods*, 10(9), 2094. <https://doi.org/10.3390/foods10092094>

219. Murata, M. M., da Silva Marques, J. B., Morioka, L. R. I., & Suguimoto, H. H. (2023). Applications of cheese whey in dairy production chains: waste to raw material of high value-added products. In *Cases on Managing Dairy Productive Chains* (205-235). IGI Global. DOI: [10.4018/978-1-6684-5472-5.ch010](https://doi.org/10.4018/978-1-6684-5472-5.ch010)
220. Nakov, G., Koceva Komlenić, D., Ivanova, N., Damyanova, S., Godjevargova, T., & Šušak, A. (2018). Sensory analysis of biscuits from einkorn flour, barley flour, einkorn flakes and wheat flour in different proportions and different sugars. In 9th International Congress Flour-Bread'17 and 11th Croatian Congress of Cereal Technologists Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, 105-114. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:580213>
221. Nakov G., Jankuloska V., Dimov, I. & Taneva I. (2019). Influence of food by-products on the color of bakery products. International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2019, 478-486.
222. Nakov, G., Trajkovska, B., Zlatev, Z., Jukić, M., & Lukinac, J. (2023). Quality characteristics of probiotic yoghurt enriched with honey and by-products left after the production of hemp oil by cold pressing the seeds of *Cannabis sativa* L. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 73(1), 3-11. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0101>
223. Neelima, Sharma, R., Rajput, Y. S., & Mann, B. (2013). Chemical and functional properties of glycomacropeptide (GMP) and its role in the detection of cheese whey adulteration in milk: a review. *Dairy science & technology*, 93(1), 21–43. <https://doi.org/10.1007/s13594-012-0095-0>
224. Necedová, L., Bursová, Š., Haruštiaková, D., Bogdanovičová, K., & Lačanin, I. (2019). Effect of heat treatment on activity of staphylococcal enterotoxins of type A, B, and C in milk. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 3924-3932. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15255>
225. Neha, P., Jain, S. K., Jain, N. K., Jain, H. K., & Mittal, H. K. (2018). Chemical and functional properties of Beetroot (*Beta vulgaris* L.) for product development: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 6(3), 3190-3194. <https://www.chemjournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=3&ArticleId=2889&si=>
226. Nemzer, B., Pietrzkowski, Z., Spórna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michałowski, T., & Wybraniec, S. (2011). Betalainic and nutritional profiles of

- pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. *Food chemistry*, 127(1), 42-53. DOI: [10.1016/j.foodchem.2010.12.081](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.081)
227. Netzel, M., Stintzing, F. C., Quaas, D., Strass, G., Carle, R., Bitsch, R., & Frank, T. (2005). Renal excretion of antioxidative constituents from red beet in humans. *Food Research International*, 38(8-9), 1051-1058.
228. Niro, S., Succi, M., Cinquanta, L., Fratianni, A., Tremonte, P., Sorrentino, E., & Panfili, G. (2013). Production of functional ricotta cheese. *Agro Food Ind. Hi-Tech*, 24, 56-59.
229. Nistor, O. V., Seremet Ceclu, L., Andronoiu, D. G., Rudi, L., & Botez, E. (2017). Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *Cylindra*). *Food chemistry*, 236, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.129>
230. Noh, M. F. M., & Mustar, R. D. N. G. (2019). Vitamin A in health and disease. *Vitamin A*. Publisher: IntechOpen <https://www.intechopen.com/chapters/66221>
231. Nudda, A., McGuire, M. A., Battacone, G., & Pulina, G. (2005). Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *Journal of dairy science*, 88(4), 1311–1319. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72797-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72797-1)
232. Oliveira, D. L., Wilbey, R. A., Grandison, A. S., & Roseiro, L. B. (2015). Milk oligosaccharides: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 305-321 <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12209>.
233. Oliveira, R., Faria, M., Silva, R., Bezerra, L., Carvalho, G., Pinheiro, A., Simionato, J., & Leão, A. (2015). Fatty Acid Profile of Milk and Cheese from Dairy Cows Supplemented a Diet with Palm Kernel Cake. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 20(8), 15434–15448. <https://doi.org/10.3390/molecules200815434>
234. Osundahunsi, O. F., & Afolabi, T. A. (2021). Effect of beetroot powder supplementation on physicochemical and sensory properties of fermented milk products. *Foods*, 10(8), 1696. <https://doi.org/10.3390/foods10081696>
235. Pala, C., Scarano, C., Venusti, M., Sardo, D., Casti, D., Cossu, F., Lamon, S., Spanu, V., Ibba, M., Marras, M., Paba, A., Spanu, C., & De Santis, E. P. (2016). Shelf Life Evaluation of *Ricotta Fresca* Sheep Cheese in Modified Atmosphere Packaging. *Italian journal of food safety*, 5(3), 5502. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2016.5502>

236. Panthi, S., Lee, D. U., & Metzger, L. E. (2024). Changes of physicochemical and functional properties of processed cheese made with natural Cheddar and Mozzarella cheeses during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 107(2), 1081–1093. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23630>
237. Pappa, E. C., Samelis, J., Kondyli, E., & Pappas, A. C. (2016). Characterisation of Urda whey cheese: Evolution of main biochemical and microbiological parameters during ripening and vacuum packaged cold storage. *International Dairy Journal*, 58, 54-57. DOI: [10.1016/j.idairyj.2015.12.016](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.12.016)
238. Pappa, E. C., Kondyli, E., Bosnea, L., Mataragas, M., Giannouli, A., & Tsiraki, M. (2020). Semi-Industrial Production of Kashkaval of Pindos Cheese Using Sheep or a Mixture of Sheep–Goat Milk and Utilization of the Whey for Manufacturing Urda Cheese. *Foods*, 9(6), 736. <https://doi.org/10.3390/foods9060736>
239. Papademas, P., & Kotsaki, P. (2019). Technological utilization of whey towards sustainable exploitation. *Journal of Advances In Dairy Research*, 7(4), 231. <https://doi.org/10.35248/2329-888X.19.7.231>
240. Paskaš, S., Miočinović, J., Savić, M., Ješić, G., Rašeta, M., & Becskei, Z. (2019). Comparison of the chemical composition of whey cheeses: Urda and Ricotta. *Macedonian veterinary review*, 42(2), 151-161. DOI: [10.2478/macvetrev-2019-0020](https://doi.org/10.2478/macvetrev-2019-0020)
241. Patted, P.G., Masareddy, R.S., Patil, A.S. *et al.* Omega-3 fatty acids: a comprehensive scientific review of their sources, functions and health benefits. *Futur J Pharm Sci* 10, 94 (2024). <https://doi.org/10.1186/s43094-024-00667-5>
242. Pires, A., Božek, A., Pietruszka, H., Szkolnicka, K., Gomes, D., Díaz, O., Cobos, A., & Pereira, C. (2024). Whey Cheeses Containing Probiotic and Bioprotective Cultures Produced with Ultrafiltrated Cow's Whey. *Foods*, 13(8), 1214. <https://doi.org/10.3390/foods13081214>
243. Pires, A. F., Marnotes, N. G., Bella, A., Viegas, J., Gomes, D. M., Henriques, M. H. F., & Pereira, C. J. D. (2021a). Use of ultrafiltrated cow's whey for the production of whey cheese with Kefir or probiotics. *Journal of the science of food and agriculture*, 101(2), 555–563. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10667>
244. Pires, A. F., Marnotes, N. G., Rubio, O. D., Garcia, A. C., & Pereira, C. D. (2021b). Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. *Foods*, 10(5), 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>

245. Pintado, M. E., da Silva, J. L., & Malcata, F. X. (1996). Characterization of Requeijão and technological optimization of its manufacturing process. *Journal of food engineering*, 30(3-4), 363-376. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(96\)00016-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(96)00016-7)
246. Pintado, M. E., Macedo, A. C., & Malcata, F. X. (2001). Technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. *Food Science and Technology International*, 7(2), 105-116 <http://hdl.handle.net/10400.14/6879>
247. Pintado, C.M.B.S., Oliveira, A., Pampulha, M.E., & Ferreira, M.A.S.S. (2005). Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from soft cheese. *Food Microbiol.* 22, 79-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2004.04.004>
248. Prudencio, I. D., Prudêncio, E. S., Gris, E. F., Tomazi, T., & Bordignon-Luiz, M. T. (2008). Petit suisse manufactured with cheese whey retentate and application of betalains and anthocyanins. *LWT-Food Science and Technology*, 41(5), 905-910. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.019>
249. Punia Bangar, S., Singh, A., Chaudhary, V., Sharma, N., & Lorenzo, J. M. (2023). Beetroot as a novel ingredient for its versatile food applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(26), 8403-8427. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2055529>
250. Qader, R.S., Abdulqadr, A.T. & Sebo, N. (2023). Comparative Study of some Characteristics for Whey Cheese Produced by Heat Acid Coagulation. *Al-Qadisiyah Journal for Agriculture Sciences*, 13, 103–112. <https://doi.org/10.33794/qjas.2023.137549.1115>
251. Quinn, P.J., M.E. Carter, B. Markey and G.R. Carter. 1999. Clinical veterinary microbiology. Elsevier Ltd. Grafos S.A. Arte Sobre Papel Spain: 114–121.
252. Radovanović, R., Popov-Raljić, J. (2000-2001) Sensory analysis of food stuffs. Belgrade - Novi Sad: Faculty of Agriculture
253. Rahayu, S., Putriningtyas, N. D., Rahayu, T., & Azam, M. (2022). The beetroot (*Beta vulgaris*) powder improves blood pressure and glucose level Wistar rats after high intensity exercise. *Food Research*, 6(2), 152-158. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(2\).184](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(2).184)
254. Rahma, E. F., Nisa, F. Z., & Kusuma, R. J. (2021). Analysis of Proximate and Dietary Fiber of Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and Cinnamon (*Cinnamomum Burmanii*) Yogurt. *The International Journal of Science & Technoledge*, 9(3). <https://doi.org/10.24940/theijst/2021/v9/i3/ST2103-009>

255. Rako, A., Kalit, S., & KALIT, M. T. (2016). Hranjiva vrijednost i potrošačka prihvatljivost bračke skute. In *Proceedings. 51st Croatian and 11th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia* (Vol. 360, p. 363).
256. Rako, A., Kalit, M. T., Kalit, S., Soldo, B., & Ljubenkov, I. (2018). Nutritional characteristics of Croatian whey cheese (Bračka skuta) produced in different stages of lactation. *LWT*, *96*(3), 657-662. DOI: [10.1016/j.lwt.2018.06.024](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.024)
257. Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A., Gabr, A. M., Kastell, A., Riedel, H., & Smetanska, I. (2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food research international*, *50*(2), 670-675. DOI: [10.1016/j.foodres.2011.07.002](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.002)
258. Razzak, M. A. ., Sharif, M. K., Naz, T. ., Rauf, M. A., Shahid, F. ., Shahzad, R., & Inam, A. (2024). Evaluating the Bioactive Compounds of Beetroot and Their Pharmacological Activities in Promoting Health. *European Journal of Health Sciences*, *10*(1), 13–30. <https://doi.org/10.47672/ejhs.1802>
259. Ryan, M. P., & Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *15*, 479-498. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9402-1>
260. Rocha-Mendoza, D., Kosmerl, E., Krentz, A., Zhang, L., Badiger, S., Miyagusuku-Cruzado, G., Mayta-Apaza, A., Giusti, M., Jiménez-Flores, R., & García-Cano, I. (2021). Invited review: Acid whey trends and health benefits. *Journal of dairy science*, *104*(2), 1262–1275. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19038>
261. Rodzik, A., Pomastowski, P., Sagandykova, G. N., & Buszewski, B. (2020). Interactions of Whey Proteins with Metal Ions. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(6), 2156. <https://doi.org/10.3390/ijms21062156>
262. Rozenberg, S., Body, J. J., Bruyere, O., Bergmann, P., Brandi, M. L., Cooper, C., & Reginster, J. Y. (2016). Effects of dairy products consumption on health: benefits and beliefs—a commentary from the Belgian Bone Club and the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases. *Calcified tissue international*, *98*, 1-17. DOI: [10.1007/s00223-015-0062-x](https://doi.org/10.1007/s00223-015-0062-x)
263. Rufino, M. S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., & Pérez-Jiménez, J. (2010). Bio-active compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, *121*(4), 996–1002.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.027>

264. Ryan, M. P., & Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15(3), 479-498. DOI: 10.1007/s11157-016-9402-1
265. Sadowska-Bartosz, I., & Bartosz, G. (2021). Biological Properties and Applications of Betalains. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(9), 2520. <https://doi.org/10.3390/molecules26092520>
266. Sahni, P., & Shere, D. M. (2016). Physico-chemical and sensory characteristics of beet root pomace powder incorporated fibre rich cookies. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 6(2), 309-315. DOI: [10.5958/2277-9396.2016.00055.6](https://doi.org/10.5958/2277-9396.2016.00055.6)
267. Sakihama, Y., Maeda, M., Hashimoto, M., Tahara, S., & Hashidoko, Y. (2012). Beetroot betalain inhibits peroxynitrite-mediated tyrosine nitration and DNA strand cleavage. *Free radical research*, 46(1), 93–99. <https://doi.org/10.3109/10715762.2011.641157>
268. Salman, K. H., Mehany, T., Zaki, K. G., & Al-Doury, M. K. (2024). Development of functional probiotic yogurt from buffalo milk supplemented with red beetroot (*Beta vulgaris* L.) as an antioxidant, natural colorant, and starter growth stimulant. *Food Chemistry Advances*, 5, 100776. DOI: [10.1016/j.focha.2024.100776](https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100776)
269. Salvatore, E., Pes, M., Falchi, G., Pagnozzi, D., Furesi, S., Fiori, M., Roggio, T., Addis, M. F., & Pirisi, A. (2014). Effect of whey concentration on protein recovery in fresh ovine ricotta cheese. *Journal of dairy science*, 97(8), 4686–4694. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7762>
270. Sandhya, P. S., & Priya, S. (2017). Formulation of beetroot cream cheese spread. *Int. J. Inf. Res. Rev*, 4, 3710-3712.
271. Sar, T., Harirchi, S., Ramezani, M., Bulkan, G., Akbas, M. Y., Pandey, A., & Taherzadeh, M. J. (2022). Potential utilization of dairy industries by-products and wastes through microbial processes: A critical review. *The Science of the total environment*, 810, 152253. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152253>
272. Sardana, R. K., Chhikara, N., Tanwar, B., & Panghal, A. (2018). Dietary impact on esophageal cancer in humans: a review. *Food & function*, 9(4), 1967-1977. DOI: [10.1039/C7FO01908D](https://doi.org/10.1039/C7FO01908D)
273. Sarker, A., Jung, Y., & Siddiqui, R. (2023). Yoghurt fortification with green papaya powder and banana resistant starch: Effects on the physicochemical and

- bioactive properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(11), 5745-5756. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16672>
274. Schneider-Teixeira, A., Molina-García, A. D., Alvarez, I., Dello Staffolo, M., & Deladino, L. (2022). Application of betacyanins pigments from *Alternanthera brasiliana* as yogurt colorant. *LWT*, 159, 113237. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.113237>
275. Sangeetha, V. J., Dutta, S., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2022). Zinc nutrition and human health: overview and implications. *Efood*, 3(5), e17. <https://doi.org/10.1002/efd2.17>
276. Semeniuc, C. A., Zapartan, L., Stan, L., Pop, C. R., Borş, M. D., & Rotar, A. M. (2015). Physicochemical and sensory properties of whey cheese with pine nuts. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 72(2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:11449>
277. Sentkowska, A., & Pyrzyńska, K. (2023). Old-Fashioned, but Still a Superfood—Red Beets as a Rich Source of Bioactive Compounds. *Applied Sciences*, 13(13), 7445. <https://doi.org/10.3390/app13137445>
278. Setiaji, W. P., Rizqiati, H., & Nurwantoro, N. (2019). Aktivitas Antioksidan, Nilai pH, Kemuluran dan Uji Hedonik Keju Mozzarella dengan Penambahan Jus Umbi Bit (*Beta vulgaris* L). *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 9-19.
279. Shah, K. K., Verma, R., Oleske, J. M., Scolpino, A., & Bogden, J. D. (2019). Essential trace elements and progression and management of HIV infection. *Nutrition research (New York, N.Y.)*, 71, 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2019.08.001>
280. Shakib, M. C., Gabriel, S. G., & Gabriel, G. N. (2015). Beetroot-Carrot Juice Intake either Alone or in Combination with Antileukemic Drug 'Chlorambucil' As A Potential Treatment for Chronic Lymphocytic Leukemia. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 3(2), 331–336. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2015.056>
281. Sigel, A., Sigel, H., & Sigel, R. K. (Eds.). (2013). *Interrelations between essential metal ions and human diseases* (Vol. 13, pp. 81-137). Netherlands: Springer Netherlands.
282. Silitonga, I. R., & Hayati, N. N. (2024). Effectivity of Beetroot in Increasing Pregnant Women Hemoglobin. *International Journal of Medical Science and Clinical Research Studies*, 4(04), 655-657. DOI: [10.47191/ijmscrs/v4-i04-12](https://doi.org/10.47191/ijmscrs/v4-i04-12)

283. Silva, C. S., Moutinho, C., Ferreira da Vinha, A., & Matos, C. (2019). Trace minerals in human health: Iron, zinc, copper, manganese and fluorine. *International Journal of Science and Research Methodology*, 13(3), 57-80. <https://core.ac.uk/download/pdf/227979202.pdf>
284. Singh, B., Singh, J. P., Singh, N., & Kaur, A. (2017). Saponins in pulses and their health promoting activities: A review. *Food chemistry*, 233, 540–549. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.161>
285. Singh, H., & Havea, P. (2003). Thermal denaturation, aggregation and gelation of whey proteins. In *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins: Part A/Part B* (pp. 1261-1287). Boston, MA: Springer US.
286. Sobhy, E. S., Abdo, E., Shaltout, O., Abdalla, A., & Zeitoun, A. (2020). Nutritional Evaluation of Beetroots (*Beta vulgaris* L.) and Its Potential Application in a Functional Beverage. *Plants* (Basel, Switzerland), 9(12), 1752. <https://doi.org/10.3390/plants9121752>
287. Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African journal of food science*, 4(5), 200-222.
288. Soumati, B., Atmani, M., Benabderrahmane, A., & Benjelloun, M. (2023). Whey valorization–innovative strategies for sustainable development and value-added product creation. *Journal of Ecological Engineering*, 24(10), 86–104 <https://doi.org/10.12911/22998993/169505>
289. Soutelino, M. E. M., da Silva, D. B., da Silva Rocha, R., de Oliveira, B. C. R., Esmerino, E. A., da Cruz, A. G., Mársico, E. T., & Silva, A. C. de O. (2023). Yogurt added with beetroot extract: physicochemical parameters, biological activities and sensory evaluation by check-all-that-apply method. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 3303–3309. <https://doi.org/10.1111/IJFS.16214>
290. Srivastava, S., & Singh, K. (2017). Formulation of value-added products of beetroot (*Beta vulgaris*): changes in nutrients, antioxidant and antinutrients. *International Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research*, 3(12), 2756-2763. DOI: [10.24327/23956429.ijcmpr20170329](https://doi.org/10.24327/23956429.ijcmpr20170329)
291. Stading, M., & Hermansson, A. M. (1991). Large deformation properties of β -lactoglobulin gel structures. *Food Hydrocolloids*, 5(4), 339-352. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(09\)80046-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(09)80046-5)

292. Stocco, G., Summer, A., Cipolat-Gotet, C., Malacarne, M., Cecchinato, A., Amalfitano, N., & Bittante, G. (2021). The mineral profile affects the coagulation pattern and cheese-making efficiency of bovine milk. *Journal of dairy science*, 104(8), 8439–8453. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20233>
293. Sulejmani, E., & Amedi, A. (2025). Physico-chemical and sensory characterization of fresh cheeses. *Letters in Food Research*, 1(2), e25021. <http://doi.org/10.26656/lifr.1.e25021>
294. Svanborg, S., Johansen, A. G., Abrahamsen, R. K., & Skeie, S. B. (2015). The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *Journal of dairy science*, 98(9), 5829–5840. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9039>
295. Székely, D., & Máté, M. (2022). Red beetroot (*Beta vulgaris* L.). In *Advances in Root Vegetables Research*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106692>
296. Talevski, G. (2012). Traditional production of beaten cheese. *Proteins*, 3, 0-10.
297. Tan, M. L., & Hamid, S. B. S. (2021). Beetroot as a Potential Functional Food for Cancer Chemoprevention, a Narrative Review. *Journal of cancer prevention*, 26(1), 1–17. <https://doi.org/10.15430/JCP.2021.26.1.1>
298. Tarasevičienė, Ž., Paulauskienė, A., Černiauskienė, J., & Degimienė, A. (2024). Chemical Content and Color of Dried Organic Beetroot Powder Affected by Different Drying Methods. *Horticulturae*, 10(7), 733. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070733>
299. Teixeira, F. J., Santos, H. O., Howell, S. L., & Pimentel, G. D. (2019). Whey protein in cancer therapy: A narrative review. *Pharmacological research*, 144, 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2019.04.019>
300. Temiz, H., Aykut, U., & HURŞİT, A. K. (2009). Shelf life of Turkish whey cheese (Lor) under modified atmosphere packaging. *International journal of dairy technology*, 62(3), 378-386. DOI:[10.1111/j.1471-0307.2009.00511.x](https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00511.x)
301. Tianling, M., Sumarmono, J., & Setyawardani, T. (2025). Beetroot as a Source of Antioxidants and Natural Colouring in Fresh Cheese Making from Cow's Milk. *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*, 9(1), 11–17. <https://doi.org/10.22259/2637-5354.0901002>
302. Tikhiy, A. V., Barakova, N. V., & Samodelkin, E. A. (2022). The effect of adding carrot or beetroot powders on the quality indicators of round cracknel

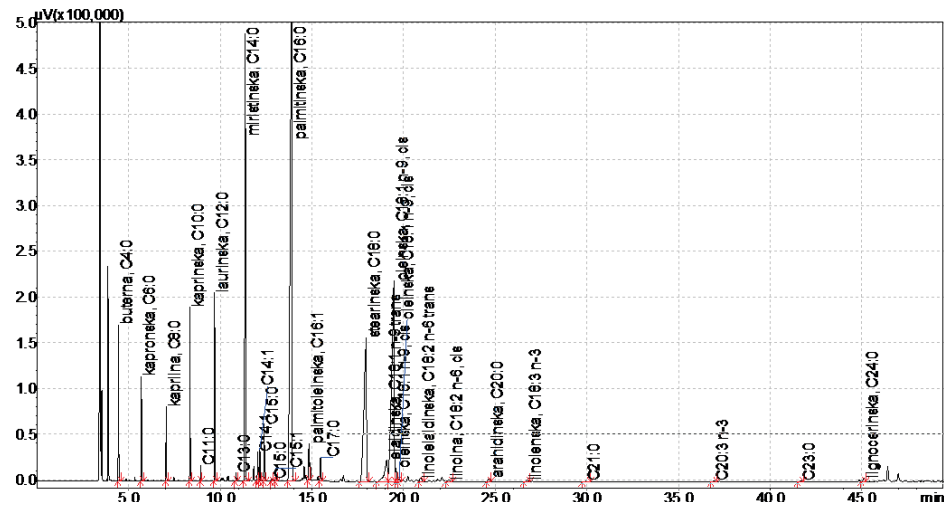
- products. *Estonian University of Life Sciences*20(2), <https://doi.org/10.15159/ar.22.025>
303. Timby, N., Hernell, O., Vaarala, O., Melin, M., Lönnerdal, B., & Domellöf, M. (2015). Infections in infants fed formula supplemented with bovine milk fat globule membranes. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 60(3), 384–389. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000000624>
304. Tomska, K., Tomovska, J., & Magerovska, M. (2024). EXAMINATION OF THE COMPOSITION OF WHEY FROM MIXED CHEESE. *IJFTN International Journal of Food Technology and Nutrition*, 7(13-14), 86-93. <https://doi.org/10.62792/ut.jftn.v7.i13-14.p2692>
305. Tong, L. M., Sasaki, S., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2000). Mechanisms of the antioxidant activity of a high molecular weight fraction of whey. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5), 1473–1478. <https://doi.org/10.1021/jf991342v>
306. Trajkovska, B., Nakov, G., Prabhat, S. T., & Badgujar, P. C. (2024). Effect of Blueberry Pomace Addition on Quality Attributes of Buttermilk-Based Fermented Drinks during Cold Storage. *Foods*, 13(11), 1770. <https://doi.org/10.3390/foods13111770>
307. Tratnik, L. (2003). Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne mliječne hrane. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 53(4), 325-352. <https://hrcak.srce.hr/1690>
308. Tratnik, L., & Božanić, R. (2012). Mlijeko i mliječni proizvodi / Bašić, Zoran (ur.). Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga, 2012. 510.
309. Tremblay, A., Gagné, M. P., Pérusse, L., Fortier, C., Provencher, V., Corcuff, R., Pomerleau, S., Foti, N., & Drapeau, V. (2024). Sodium and Human Health: What Can Be Done to Improve Sodium Balance beyond Food Processing?. *Nutrients*, 16(8), 1199. <https://doi.org/10.3390/nu16081199>
310. Tripaldi, C., Rinaldi, S., Palocci, G., Di Giovanni, S., Campagna, M. C., Di Russo, C., & Zottola, T. (2020). Chemical and microbiological characteristics of homogenised ricotta cheese produced from buffalo whey. *Italian Journal of Food Science*, 32(2), 292-309. DOI: <https://doi.org/10.14674/IJFS-1654>
311. Tsermoula, P., Khakimov, B., Nielsen, J. H., & Engelsen, S. B. (2021). WHEY-The waste-stream that became more valuable than the food product. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 230-241. DOI: [10.1016/j.tifs.2021.08.025](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.025)

312. Tsiraki, M. I., & Savvaidis, I. N. (2013). Effect of packaging and basil essential oil on the quality characteristics of whey cheese “Anthotyros”. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 124-132. DOI [10.1007/s11947-011-0676-6](https://doi.org/10.1007/s11947-011-0676-6)
313. Tudor Kalit, M. (2019). Skuta – nježni biser mliječnih proizvoda. *Mlijeko i ja*, 2 (30), 20-21. <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-casopis/785777>
314. Tumbas Šaponjac, V., Čanadanović-Brunet, J., Četković, G., Jakišić, M., Djilas, S., Vulić, J., & Stajčić, S. (2016). Encapsulation of Beetroot Pomace Extract: RSM Optimization, Storage and Gastrointestinal Stability. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 21(5), 584. <https://doi.org/10.3390/molecules21050584>
315. Tunick, M. H. (2008). Whey protein production and utilization: a brief history. *Whey processing, functionality and health benefits*, 1-13. <https://doi.org/10.1002/9780813803845.ch1>
316. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. (2014, revised May 2015). *USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27: Documentation and user guide*. https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/80400535/DATA/sr27/sr27_doc.pdf
317. USDA, Agricultural Research Service. (2019). *Beets, raw* [Data set]. FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/1102642> US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2019). *USDA National Nutrient Database for Standard Reference — Legacy Release*. Ag Data Commons. https://agdatacommons.nal.usda.gov/articles/dataset/USDA_National_Nutrient_Database_for_Standard_Reference_Legacy_Release/24661818
318. US Food and Drug Administration (FDA). (2009). *Code of Federal Regulations*. Retrieved January 28, 2020, from <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=73.260>
319. Vaitkevičienė, N., Saponaitė, A., & Kulaitienė, J. (2022). Evaluation of Proximate Composition, Mineral Elements and Bioactive Compounds in Skin and Flesh of Beetroot Grown in Lithuania. *Agriculture*, 12(11), 1833. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111833>
320. Venetsaneas, N., Antonopoulou, G., Stamatelatou, K., Kornaros, M., & Lyberatos, G. (2009). Using cheese whey for hydrogen and methane generation in a two-stage continuous process with alternative pH controlling

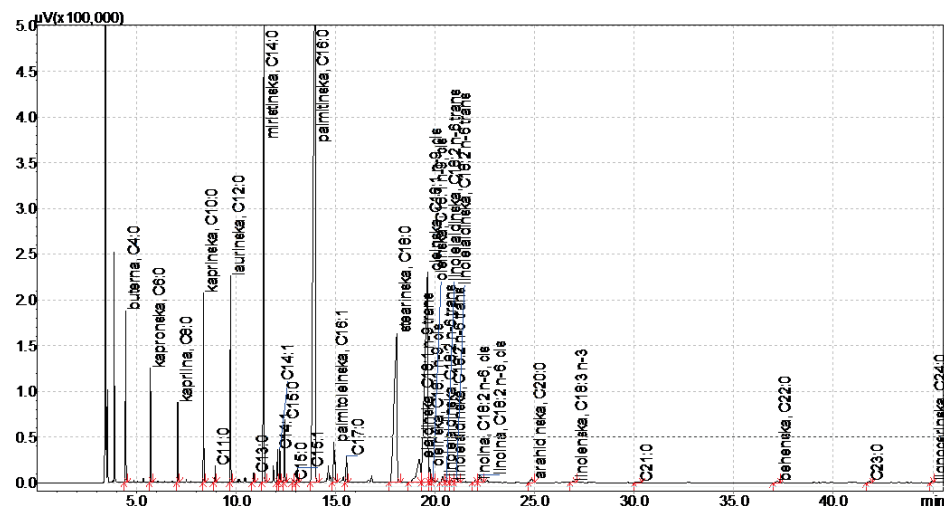
- approaches. *Bioresource technology*, 100(15), 3713–3717.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.01.025>
321. Varshney, K., & Mishra, K. (2022). An analysis of health benefits of beetroot. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management*, 9(1), 207-210. DOI: [10.55524/ijirem.2022.9.1.39](https://doi.org/10.55524/ijirem.2022.9.1.39)
322. Vasconcellos, J., Conte-Junior, C., Silva, D., Pierucci, A. P., Paschoalin, V., & Alvares, T. S. (2016). Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. *Food science and biotechnology*, 25(1), 79–84.
<https://doi.org/10.1007/s10068-016-0011-0>
323. Verardo, V., Gómez-Caravaca, A. M., Arráez-Román, D., & Hettinga, K. (2017). Recent Advances in Phospholipids from Colostrum, Milk and Dairy By-Products. *International journal of molecular sciences*, 18(1), 173.
<https://doi.org/10.3390/ijms18010173>
324. Vrdoljak, J., Dobranić, V., Filipović, I., & Zdolec, N. (2016). Microbiological quality of soft, semi-hard and hard cheeses during the shelf-life. *Macedonian veterinary review*, 39(1), 59-64; [10.1515/macvetrev-2015-0068](https://doi.org/10.1515/macvetrev-2015-0068)
325. Warzyszynska, J., & Kim, Y. I. (2014). Folate in human health and disease. *eLS. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd*, 1-14.
DOI: [10.1002/9780470015902.a0002268.pub2](https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0002268.pub2)
326. Wegmüller, R., Tay, F., Zeder, C., Brnic, M., & Hurrell, R. F. (2014). Zinc absorption by young adults from supplemental zinc citrate is comparable with that from zinc gluconate and higher than from zinc oxide. *The Journal of nutrition*, 144(2), 132–136. <https://doi.org/10.3945/jn.113.181487>
327. WHO. Fact Sheet on Salt Reduction: Key Facts, Overview, Recommendations, Actions and WHO Response; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2020. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction#.X6R3-UY1> NSU (accessed on 19 March 2022).
328. World Health Organization. Obesity and overweight—Key facts [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2021. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> .
329. Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Müller, U., & Weghuber, J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper

- Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 46-55. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.005>
330. Wu, C.-S., Guo, J.-H., & Lin, M.-J. (2020). Stability Evaluation of pH-Adjusted Goat Milk for Developing Ricotta Cheese with a Mixture of Cow Cheese Whey and Goat Milk. *Foods*, 9(3), 366. <https://doi.org/10.3390/foods9030366>
331. Yadav, M., Masih, D., & Sonkar, C. (2016). Development and quality evaluation of beetroot powder incorporated yogurt. *International Journal of Science, Engineering and Technology*, 4(4), 582-586.
332. Yadav, J. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology advances*, 33(6 Pt 1), 756–774. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>
333. Yilmaz, M., Çelik, E., & Kahyaoğlu, D. T. (2023). A study on the investigation of some properties of cheeses supplied from Kastamonu local markets. *European Food Science and Engineering*, 4(2), 41-46. <https://doi.org/10.55147/efse.1378580>
334. Yu, H., Jing, Y., Zhang, X., Qayum, A., Gantumur, M. A., Bilawal, A., & Li, A. (2020). Comparison of intracellular glutathione and related antioxidant enzymes: impact of two glycosylated whey hydrolysates. *Process Biochemistry*, 97, 80-86. DOI: [10.1016/j.procbio.2020.06.028](https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.06.028)
335. Zandona, E., Blažić, M., & Režek Jambrak, A. (2021). Whey Utilization: Sustainable Uses and Environmental Approach. *Food technology and biotechnology*, 59(2), 147–161. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.02.21.6968>
336. Zandona, E., Perković, I., Aladić, K., & Blažić, M. (2020). Quality and shelf life of Skuta whey cheese packed under vacuum and modified atmosphere in presence or absence of the hemp seed powder. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 21(4), 483-495.
337. Zhang, Z., Wang, J., & Zhao, M. (2018). Effects of dietary fiber from beetroot pomace on physicochemical properties and shelf life of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 101(12), 10742–10751. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14902>
338. Zhao, G., Zhao, S., Hagner Nielsen, L., Zhou, F., Gu, L., Tilahun Tadesse, B., & Solem, C. (2023). Transforming acid whey into a resource by selective removal of lactic acid and galactose using optimized food-grade microorganisms. *Bioresource technology*, 387, 129594. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129594>

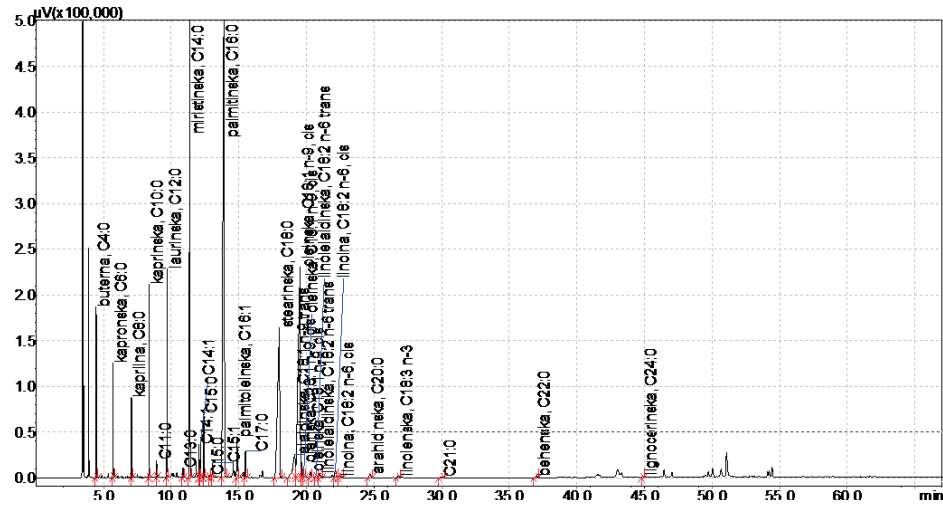
339. Zinina, O., Khitsenko, A., Neverova, O., Stepanov, A., & Bykova, O. (2021, March). Research of the Ricotta made from cheese whey enriched with citrus dietary fiber. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 699(1), 012006. IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/699/1/012006
340. Zotta, T., Solieri, L., Iacumin, L., Picozzi, C., & Gullo, M. (2020). Valorization of cheese whey using microbial fermentations. *Applied microbiology and biotechnology*, 104(7), 2749–2764. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10408-2>
341. Zusammensetzung, Q. V. Z. S. C. (2016). Goat sweet whey quality–chemical composition and microbiological status. *Arch Lebensmittelhyg*, 67, 101-106. <https://doi.org/10.2376/0003-925X-67-101>
342. Правилник за барањата за квалитет на суровото млеко, стандардите за квалитет на конзумното млеко, млечните производи и употребата на нивните називи, квалитетот и активноста на starter културите, сирилата и други специфични материи и начинот на нивната употреба, начинот на дополнително означување на млекото и млечните производи како и дозволеното отстапување на тежината во однос на декларацијата (Службен весник на РМ, бр. 96 од 18.07.2011). <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mac151327.pdf>
343. Правилник за посебните барања кои се однесуваат на микробиолошките критериуми за храната. (2013). *Службен весник на Република Македонија*, бр. 100.
344. Правилник за изменување на правилникот за посебните барања кои се однесуваат на микробиолошките критериуми за храната (Службен весник на Р.М.бр.145 од 3.10.2014 год).



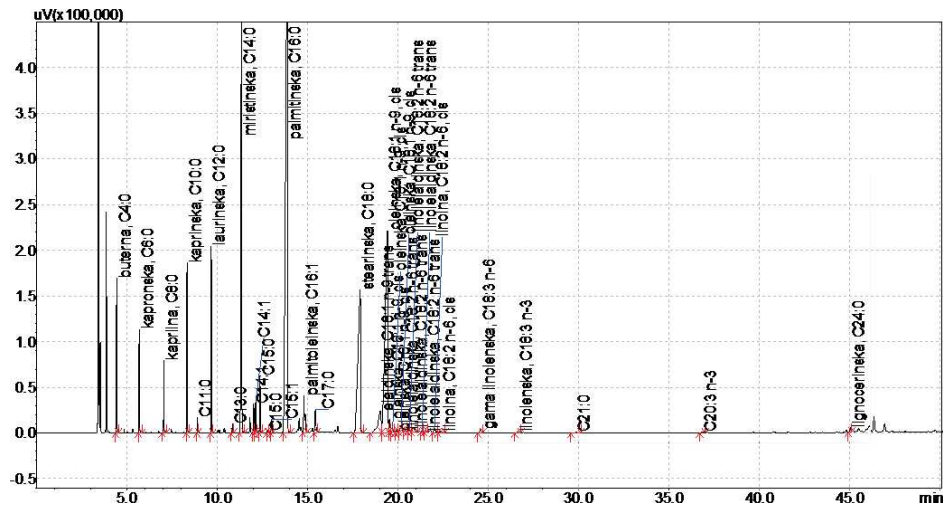
Слика 3. Хроматограм од профил на масни киселини во албуминско сирење збогатено со 2,5 % на органско цвекло во прав (АС1), на 1-от ден од складирање



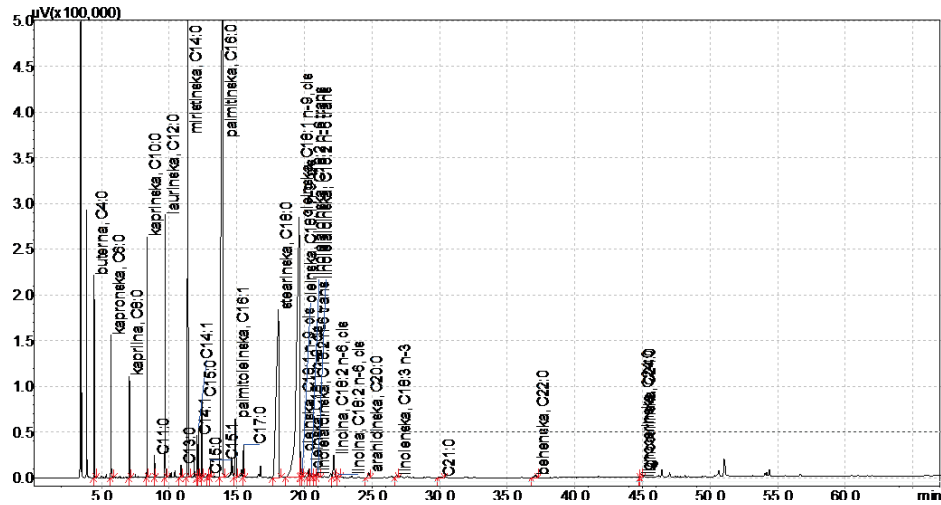
Слика 4. Хроматограм од профил на масни киселини во албуминско сирење збогатено со 5,0 % на органско цвекло во прав (АС2), на 1-от ден од складирање



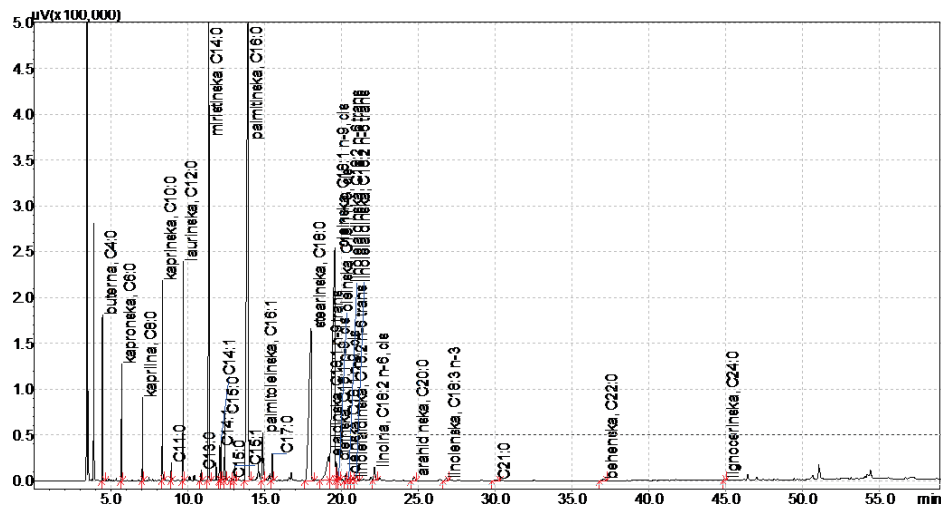
Слика 5. Хроматограм од профил на масни киселини во албуминско сирење збогатено со 7,5 % на органско цвекло во прав (АСЗ), на 1-от ден од складирање



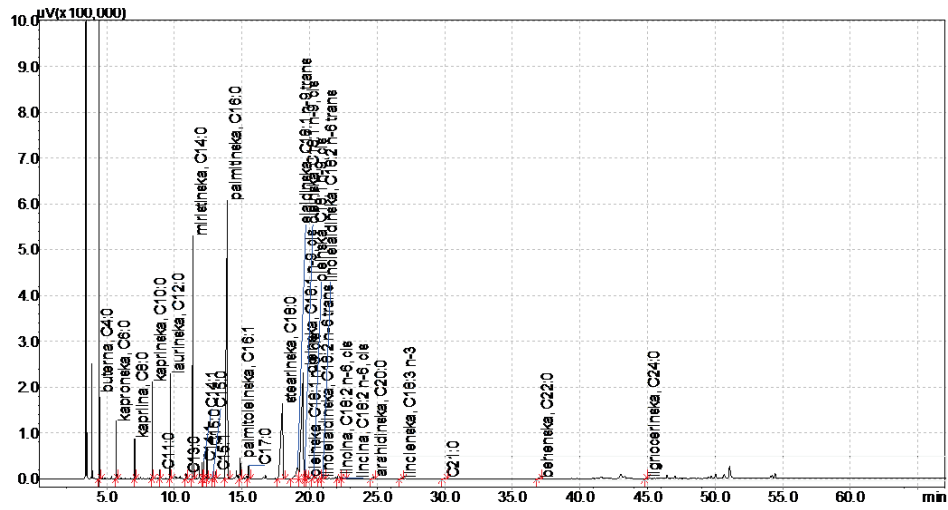
Слика 6. Хроматограм од профил на масни киселини во контролен примерок на албуминско сирење (АСК), на 10-от ден од складирање



Слика 7. Хроматограм од профил на масни киселини во албуминско сирење збогатено со 2,5 % на органско цвекло во прав (АС1), на 10-от ден од складирање



Слика 8. Хроматограм од профил на масни киселини во албуминско сирење збогатено со 5,0 % на органско цвекло во прав (АС2), на 10-от ден од складирање



Слика 9. Хроматограм од профил на масни киселини во албуминско сирење збогатено со 7,5 % на органско цвекло во прав (АС3), на 10-от ден од складирање