



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



Иновативни технологии за Храна и Нутриционизам

**МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ДИНАМИКАТА
НА НУТРИТИВНИТЕ ВРЕДНОСТИ НА КЛАСИЧНИОТ КЕФИР И ТРИ
ВКУСОВИ НА ФУНКЦИОНАЛЕН КЕФИР**

докторски проект

Кандидат
Елена Гаврилоска
број на индекс: 1

Ментор
вонр. проф. д-р Татјана Калевска

СОДРЖИНА

Апстракт	2
1. Вовед	3
2. Материјали и методи	3
3. Резултати и дискусија	4
3.1. Динамика на содржина на протеини во производствени серии на контролен и функционален кефир	4
3.2. Динамика на вкупна содржина на сува материја во производствени серии на контролен и функционален кефир.	6
3.3. Динамика на вкупната содржина на млечни масти кај производни серии на контролен и функционални кефири	7
3.4. Есенцијални минерали во сериите на контролните и функционалните кефири	9
3.5. Анализа на составните компоненти (РСА) од есенцијални минерали во кефирите	10
4. Заклучок	11
Благодарност	11
Користена литература.....	11

МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ДИНАМИКАТА НА НУТРИТИВНИТЕ ВРЕДНОСТИ НА КЛАСИЧНИОТ КЕФИР И ТРИ ВКУСОВИ НА ФУНКЦИОНАЛЕН КЕФИР

Елена Дамјановска Гаврилоска
Универзитет Св. "Климент Охридски" - Битола
Технолошко технички факултет - Велес
elena3dam@gmail.com

Татјана Калевска
Универзитет Св. "Климент Охридски" - Битола
Технолошко технички факултет - Велес
tatjana.kalevska@uklo.edu.mk

Апстракт

Основната цел на овој труд е да се спроведе математичко моделирање и статистичка анализа како алатки за одредување на динамиката за време на вкупната содржина на протеини, сува материја, масти и минерали во класичен кефир и три варијанти на кефир збогатени со диететски влакна и овошни ароми на јагода, ванила и праска.

Анализирањето на трендовите во содржината на протеини, сува материја и масти со текот на времето вклучува примена на регресивна анализа, со кубни функции кои најдобро одговараат на податоците за складирање. Статистичката значајност ($p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$) е одредена преку t-тестови, споредувајќи ги вредностите на примерокот (функционален кефир наспроти класичен кефир) за различни времетраење на складирање (1, 7, 14 и 21 ден). Дополнително, есенцијалните минерали се евалуирани со користење на t-тестови и се подложени на анализа на главни компоненти (РСА). Од резултатите добиени по истражувањето, утврдена е хранливата вредност на класичниот кефир наспроти функционалниот кефир, а во функција на динамиката на складирање.

Резултатите укажаа на различни нутритивни профили на функционалните кефири. Содржината на протеини варира во периодите на складирање, при што кефирот со ванила покажува уникатни модели. Диететските влакна и аромите влијаат на содржината на сува материја, што влијае на стабилноста на функционалните наспроти контролните кефири. Содржината на масти се разликува поради додадените состојки. Есенцијалните минерали покажуваат минимални разлики помеѓу функционалните и контролните кефири, со исклучок на магнезиумот и натриумот во одредени случаи. РСА ги нагласува односите на есенцијалните минерали меѓу варијантите на кефир.

Клучни зборови: Функционален кефир, Нутритивна вредност, Математичко моделирање, Статистичка анализа

1. Вовед

Со подобрувањето на животниот стандард, зголемената достапност на информации и едукацијата во врска со здравствените придобивки од консумирањето здрави и урамнотежени производи, производителите на храна се повеќе се фокусираат на развојот и производството на прехранбени производи кои ги комбинираат нутритивните и здравствените функции, често нарекувани функционална храна.

Денес, за индустриското производство на кефир се користат различни сложени комерцијални стартер култури. Иако стартер културите обезбедуваат стабилност во процесот на производство, овој метод има одредени недостатоци. Недостатокот на користење на стартер култури главно се однесува на недостатокот на вкус на кефир во споредба со традиционално произведениот кефир, поради микробниот состав на кефирните зрна, главните метаболити на ферментација како што се млечна киселина, CO₂ и етанол. Преку различни спектроскопски и хроматографски анализи, потврдено е присуството на органски киселини и испарливи соединенија, кои играат примарна улога во формирањето на аромата, и покрај тоа што се присутни во релативно ниски концентрации. Главните испарливи соединенија кои придонесуваат за формирање на аромата се идентификувани како ацетоин, ацеталдехид и диацетил (Güzel-Seydim et al., 2020).

Хранливиот и хемискиот состав на кефирот е променлив и зависи од природната содржина на масти во млекото, микробиолошкиот состав и технолошкиот процес на кефирот. Кефирот се состои од 90% вода, 6% шеќери, 3% протеини, 0,7% минерални материи (калциум, фосфор, магнезиум, калиум, натриум, хлориди), есенцијални аминокиселини (триптофан, еуцин, лизин, валин), витамини (А, каротин, В1, В2, В6, В12, С, D, Е), ароматични соединенија (ацеталдехид, диацетил, ацетоин) и елементи во трагови (железо, бакар, молибден, манган, цинк) (Guedes et al., 2016).

Дополнително, неодамнешните истражувања го истакнуваат значењето на компонентите во исхраната во прогресијата на одредени здравствени состојби. На пример, студиите на Gavriloska et al. (2022) и Gavriloska Damjanovska et al. (2018) ја истражуваале улогата на нископротеинската исхрана во контекст на хронична бубрежна болест.

За време на ферментацијата, протеините на кефирот стануваат лесно сварливи поради дејството на киселинската коагулација и протеолизата. Аминокиселинскиот профил на кефирот вклучува серин, лизин, аланин, треонин, триптофан, валин, метионин, фенилаланин и изолеуцин, кои се повисоки во кефирот во споредба со неферментираното млеко (Damiana et al., 2017). Според други студии, аминокиселинскиот профил на кефирот вклучува и глутаминска аминокиселина, тирозин, хистидин, аланин, метионин, лизин и други (Gul et al., 2015). Содржината на есенцијалните аминокиселини во кефирот го следи овој редослед: лизин (376 mg/100 g), изолеуцин (262 mg/100 g), фенилаланин (231 mg/100 g), валин (220 mg/100 g), треонин (183 mg/100 g), метионин (137 mg/100 g) и триптофан (70 mg/100 g) (Liutkevičius & Šarkinas, 2014).

2. Материјали и методи

Производството на класичен кефир (ПК) без додгаци и формулираните варијанти на кефир збогатени со диететски влакна и овошни вкусови на јагода (ПКЈ), ванила (ПКВ) и праска (ПКП) е спроведено во индустриски услови во млекарницата ВЕМИЛК (ИМВ - Млечна индустрија Велковски, с. Кравари, Битола).

Комерцијални starter култури за производство на кефир, вклучително и млечно киселински бактерии и пробиотски бактерии во комбинација со квасец, се користени за ферментација на пастеризирано млеко (Kourkoutas et al. 2006; Mei et al. 2014; Nikolaou et al. 2020). Дополнително, комерцијални диететски влакна и ароми се вградени во формулациите (Kourkoutas et al. 2006; Mei et al. 2014; Nikolaou et al. 2020).

Параметрите подложени на статистичка анализа се добиени од прелиминарната физичко-хемишка анализа на произведените видови на кефир и опфатија различни определби. Содржината на протеините е одредена со методот на Kjeldahl (AOAC International 2016), додека Герберовата метода е употребена за одредување на мастите (Gerber 1892). Содржината на сува материја е одредена со сушење на примероците на 105°C додека не се постигне константна маса на примерокот, а есенцијалните минерали се определуваа со атомски апсорпционен спектрофотометар (МКС EN ISO 14082:2003).

Хемиските методи не се примарен фокус на оваа студија, туку нивните резултати и статистичка обработка.

Статистичката анализа на податоците вклучува пресметување на средните вредности и нивните стандардни отстапувања. Тестирањето за статистички разлики во средните вредности на испитуваните параметри помеѓу контролниот и функционалните варијанти на кефир е извршено со користење на t-тестот со нивоа на значајност од $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$ (Student, 1908).

Следењето и предвидувањето на динамиката на вкупната содржина на нутритивните вредности е направено според модел на регресивна анализа на трендот на променливите, како функција со текот на времето (Montgomery et al. 2015).

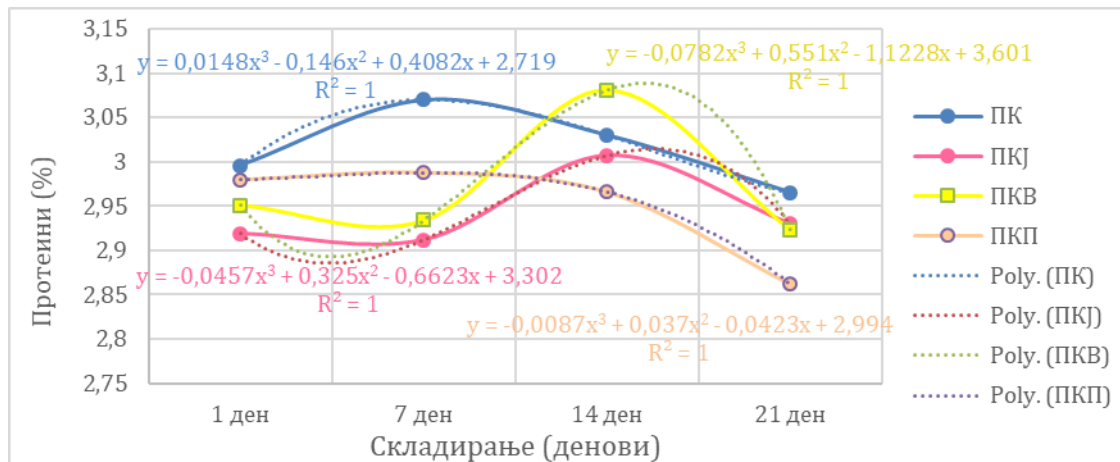
За есенцијалните минерали покрај t-тестот, е спроведена и анализа на главна компонента (PCA) (Jolliffe & Cadima 2016). Во анализите на Jurina et al., (2019) споредена е ефективноста на регресијата на главната компонента и регресијата на делумните линеарни квадрати при моделирањето и предвидувањето на динамиката.

Добиените резултати се прикажани табеларно и графички. Статистичката обработка на резултатите е извршена со користење на соодветен софтверски пакет.

3. Резултати и дискусија

3.1. Динамика на содржина на протеини во производствени серии на контролен и функционален кефир

Динамиката на содржината на протеини во серијата кефир, вклучувајќи го класичниот кефир (ПК) и функционалните кефири ПКЈ, ПКВ и ПКП, се претставени преку просечната содржина на протеини во контролната и функционалната производна серија на кефири за време на складирањето. Вредностите на стандардното отстапување се означени со \pm како отстапувања од средната вредност. Графичкиот приказ на динамиката на содржината на протеини за сериите ПК и ПКЈ, ПКВ и ПКП, за време на складирањето со ладење е прикажан на Графикон 1.



Графикон 1: Динамика на содржината на протеини за производните серии ПК, ПКЈ, ПКВ и ПКП во текот на складирањето

Просечната содржина на протеини за време на складирањето за кефир од серијата ПКЈ на 1-виот ден изнесува $2,919 \pm 0,017$, на 7-миот ден $2,912 \pm 0,006$, на 14-тиот ден $3,007 \pm 0,008$, а на 21-от ден содржината на протеини беше $2,2 \pm 0,93$.

Функцијата на динамиката која ги приближува вредностите на содржината на протеини во кефирот е претставена со кубна функција, Функционалниот модел за содржина на протеини во производните серии ПК и ПКЈ при складирање (денови) е полином со $R^2=1$. Содржината на протеини за серијата ПК во текот на 21 дена складирање изнесува $M=3,01525$ и $SD=0,0185$, додека за серијата ПКЈ, $M=2,942$, $SD=0,0135$.

Слични резултати во однос на содржината на протеини се добиени и за време на складирањето и ладењето на производната серија функционален кефир со ванила (примерок ПКВ, $2,919 \pm 0,017$ првиот ден, $2,912 \pm 0,006$ на 7-миот ден, $3,007 \pm 3,007$ на 14-тиот и $2,930 \pm 0,023$ на 21-от.

Функционалниот модел за содржината на протеини во сериите за производство на ПКВ за време на складирање (денови) е полиномна функција од трет ред. Приближувањето на вредностите на протеините во производот е претставено со кубна функција, со коефициент на регресија $R^2=1$. Содржината на протеини во текот на 21 дена складирање за серијата ПКВ беше $M=2,972$, $SD=0,0055$. Додавањето на ванила и диетални влакна на функционалниот кефир со ванила влијаеше на вкупната содржина на протеини за време на складирањето.

За време на ладно складирање на серијата ПКП, содржината на протеини на 1-виот ден беше $2,980 \pm 0,008$, на 7-ми и 14-тиот ден $2,988 \pm 0,001$ и $2,966 \pm 0,013$, соодветно, а на 21-от ден беше $2,801 \pm 2,802$. Динамичната функција на протеините е претставена со кубна равенка. Функционалниот модел за содржина на протеини во сериите за производство на ПКП при складирање (денови) е полиномна функција со ред од три со коефициент на регресија $R^2=1$. Содржината на протеини во текот на 21 дена складирање за серијата ПКП беше $M=2,949$, $SD=0,008$.

По спроведувањето на t-тестот за статистичка значајност, споредувајќи ги функционалните кефири наспроти контролниот кефир утврдено е дека постои значајна разлика помеѓу 7-ми и 14-ти ден во содржината на протеини за примерокот ПК и ПКЈ: $t(1)=42,51$, $p=0,007$; $t(1)=93,80$, $p=0,003$. Во 1-ви и 21-ви ден, забележаната разлика не беше значајна: $t(1)=1,13$, $p=0,231$, $t(1)=6,49$, $p=0,049$. Овие резултати ја потврдуваат материјалната рамнотежа на протеините во функционалниот кефир.

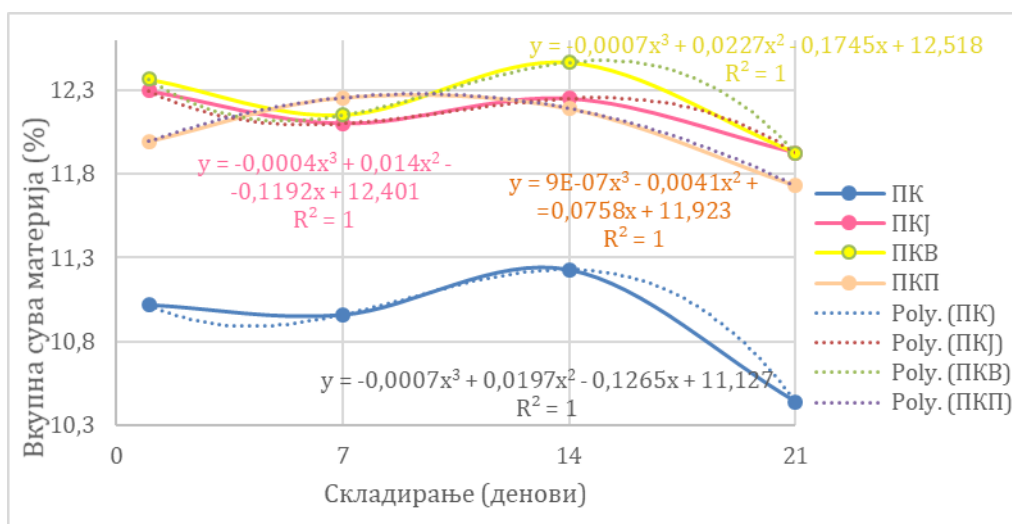
Има значајна разлика на 1, 7 и 14 дена во проценките на содржината на протеини за сериите ПК и ПКВ: $t(1)=24,78$, $p=0,013$; $t(1)=104,00$, $p=0,003$; $t(1)=-19,94$, $p=0,016$; $t(1)=1,13$, $p=0,231$. Овие резултати потврдуваат дека содржината на протеини статистички значајно се разликува во функционалната производна серија во споредба со контролната, која е резултат на додавање на вкус на ванила и диетални влакна.

Протеините во кефирот се клучна компонента, но водата е главната состојка, со што нејзиното додавање ја намалува содржината на протеини во функционалниот кефир со праска. Постои разлика во содржината на протеини за време на складирањето помеѓу контролните и функционалните кефири со праска. Утврдена е значајна разлика на 7-ми и 14-тиот ден во проценките на содржината на протеини за примерокот ПК и ПКП: $t(1)=182,11$, $p=0,002$; $t(1)=16,41$, $p=0,019$; додека статистички незначителна разлика е забележана на 1 и 21 ден, $t(1)=2,72$, $p=0,112$; $t(1)=1,83$, $p=0,159$. Разликата во содржината на протеини произлегува од додавањето на вкус на праска и диететските влакна во функционалниот кефир ПКП.

3.2. Динамика на вкупна содржина на сува материја во производствени серии на контролен и функционален кефир.

За да се одреди динамиката на вкупната содржина на сува материја во производните серии на кефири, контролни и функционални се пресметани просечните вредности за содржината на сува материја за време на складирањето на контролните кефири. Добиени се и вредностите за стандардна девијација.

Графичкиот приказ на вкупната содржина на сува материја во производствените серии на кефири ПК и ПКЈ, ПКВ и ПКП за време на складирањето и ладењето е прикажан на Графикон 2.



Графикон 2: Динамика на содржината на вкупната сува материја за производните серии кефири ПК и ПКЈ во текот на складирање

На првиот ден на ладно складирање во производната серија на ПК кефир, вкупната содржина на сува материја беше $11,02 \pm 0,0424\%$, на 7-ми ден беше $10,96 \pm 0,0113\%$, на 14-тиот ден беше $11,23 \pm 0,0084\%$, а на на 21-от ден на складирање, достигна $10,044 \pm 0,0658\%$. Просечната вкупна содржина на сува материја за 21 ден

складирање за производните серии ПК кефири беше $M=10,913$, $SD=0,0320$. Функцијата што ја приближува вкупната содржина на сува материја за производната серија ПК е претставена со кубна функција: $y = -0,0007x^3 + 0,0197x^2 - 0,1265x + 11,127$ и коефициент на регресија $R^2=1$.

Во производната серија на ПКЈ кефир, на првиот ден на ладно складирање, содржината на сува материја беше $12,295 \pm 0,0353\%$, на 7-ми ден беше $12,100 \pm 0,0141\%$, на 14-тиот ден беше $12,250 \pm 0,0424\%$, а на на 21-от ден се движеше од $11,927 \pm 0,0495\%$. Просечната вкупна содржина на сува материја во текот на 21 дена складирање за производните серии СКС кефири беше $M=12.143$, $SD=0.0353$. Функцијата што ја приближува вкупната содржина на сува материја за производната серија ПКЈ е претставена со кубна функција: $y = -0,0004x^3 + 0,014x^2 - 0,1192x + 12,401$ и коефициент на регресија $R^2=1$.

За време на складирањето и ладењето, вкупната содржина на сува материја во ПКВ кефирите беше $12,365 \pm 0,0354\%$ на првиот ден, $12,150 \pm 0,0141\%$ на седмиот ден, $12,465 \pm 0,0071\%$ на 11-тиот ден $\pm 0,0071\%$ и $4,9 \pm 0,9\%$ на 11-тиот ден ден на анализа, 21 ден. Просечната вкупна содржина на сува материја во текот на 21 дена складирање за производните серии ПКВ кефири беше $M=12.226$, $SD=0.0265$. Функцијата што ја приближува вкупната содржина на сува материја за производната серија ПКВ е претставена со кубна функција: $y = -0,0007x^3 + 0,0227x^2 - 0,1745x + 12,518$.

Во производствените серии на ПКП кефири, вкупната содржина на сува материја на првиот ден беше $11,995 \pm 0,0212\%$. За време на складирањето и ладењето, вкупната содржина на сува материја на 7-ми ден беше $12,255 \pm 0,0212\%$, на 14-тиот ден беше $12,19 \pm 0,00\%$, а на последниот ден на тестирање, 21-от ден, беше $11,73 \pm 0,0141\%$. Просечната вкупна содржина на сува материја за 21 ден складирање за производните серии ПКП кефири беше $M=12.043$, $SD=0.0141$. Функцијата што ја приближува вкупната содржина на сува материја за производната серија ПКП е претставена со кубна функција: $y = -0,0004x^3 + 0,0258x^2 - 0,4374x + 17,322$. Функцијата за вкупната содржина на сува материја во функционалниот кефир покажа стабилност за време на складирањето.

3.3. Динамика на вкупната содржина на млечни масти кај производни серии на контролен и функционални кефири

Динамиката на содржината на млечни масти на сериите кефири ПК и ПКЈ, ПКВ и ПКП е прикажана во Графикон 3.

Содржината на млечна маст во производната серија кефир ПК на првиот ден изнесуваше $3,00 \pm 0,034\%$, на 7-миот ден $3,00 \pm 0,0211\%$, на 14-тиот ден $3,00 \pm 0,0019\%$, а на 21-виот ден содржината на млечна маст изнесуваше $3,00 \pm 0,0131\%$. Содржината на млечна маст во текот од складирање, од 1 до 21 ден за серијата контролен кефир ПК изнесуваше $M=3,00$, $SD=0,018$,

Функцијата која ги представува приближните вредности за содржината на млечна маст е кубна функција и истата за производната серија кефири ПК е $y = 5E-07x^3 - 3E-05x^2 + 0,0002x + 3,0039$.

Просечната содржина на млечна маст на првиот ден функционалните кефири со јагода ПКЈ изнесуваше $2,90 \pm 0,0219\%$, во текот на складирањето на 7-миот ден изнесуваше $2,90 \pm 0,0312\%$, на 14-от ден $3,00 \pm 0,0035\%$ и на 21-от ден $3,00 \pm 0,0198\%$.

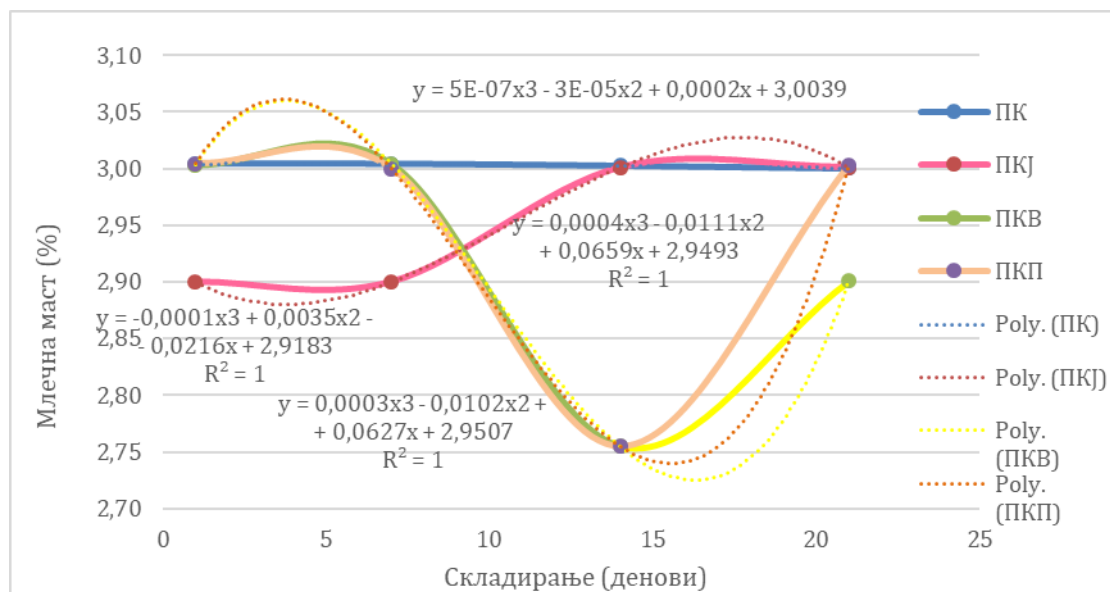
Функцијата која ги представува приближните вредности за содржината на млечна маст е кубна функција и истата за производната серија кефири ПКЈ е $y = -0,0001x^3 + 0,0035x^2 - 0,0216x + 2,9183$. Содржината на млечна маст во текот од 1 до 21 ден од складирање за серијата ПКЈ изнесуваше $M=2,95$, $SD=0,019\%$,

За време на складирањето во ладилник, содржината на млечна маст на кефирите од серијата ПКВ изнесуваше: 1 ден $3,00 \pm 0,0049\%$, на 7 ден $3,00 \pm 0,0191\%$, на 14 ден беше $2,75 \pm 0,0746\%$ и на 21-от ден $2,90 \pm 0,0170\%$. Содржината на млечна маст во текот од 1 до 21 ден од складирање за серијата функционален кефир ПКВ беше $M=2,916$, $SD=0,029$.

Функцијата која ги представува приближните вредности за содржината на млечна маст е кубна функција и истата за производната серија кефири ПКВ е $y = 0,0003x^3 - 0,0102x^2 + 0,0627x + 2,9507$.

За време на чување кефирите од серијата ПКП на ладно, содржината на млечна маст изнесуваше: 1 ден $3,00 \pm 0,0064\%$, на 7 ден $3,00 \pm 0,0354\%$, на 14 ден $2,76 \pm 0,0651\%$ и на 21-от ден содржината на млечна маст изнесуваше $3,00 \pm 0,0537\%$. Просечната содржина на млечна маст во текот од 1 до 21 ден од складирање за серијата функционален кефир ПКП изнесуваше $M=2,941$, $SD=0,040$.

Функцијата која ги представува приближните вредности за содржината на млечна маст е кубна функција и истата за функционалната серија кефири ПКП е $y = 0,0004x^3 - 0,0111x^2 + 0,0659x + 2,9493$.



Графикон 3: Споредба во динамиката на млечна маст кај производните серии контролни и функционални кефири во текот на складирањето

Компаративната анализа за содржината на млечна маст помеѓу производните серии контролни и функционални кефири во текот на складирањето е прикажана на Графикон 3. Содржината на млечни масти беше поголема кај контролните кефири. Резултатите покажуваат дека на првиот ден од контролното складирање кефири имале поголема содржина на млечни масти.

На првиот и седмиот ден сериите ПК, ПКВ и ПКП имаат најголема концентрација на млечна маст $3,00\%$, а функционалните кефири со јагода најниска содржина на млечна маст $2,9\%$. Додавањето на аромите од ванила и праска со

диететски влакна во сериите од функционалните јогурти значително не ја намали содржината на млечни масти.

Содржината на млечни масти кај контролните и функционалните јогурти на 14-тиот ден се движеше од 2,75 – 3,00%, но на 14-от ден најголема содржина на масти беше ПК и ПКЈ, додека значително се намали кај ПКВ и ПКП. На последниот ден од складирањето, забележана е слична процентуална содржина на млечни масти на ПК, ПКЈ и ПКП од 3,00%, додека кај кефирот од ванила содржината на млечна маст е 2,90%.

Функциите што ја претставуваат динамиката на содржината на млечните масти во производните серии кај функционалните кефири покажуваат дека има отстапувања во содржината на масти за време на складирањето, но вредностите на сериите контролен кефир биле речиси константни.

Статистички значајна разлика за содржината на млечна маст беше констатирана кај производните серии јогурти ПК и ПКЈ на првиот ден и седмиот ден: $t(1)=11,18$, $p=0,028$, $t(1)=20,41$, $p=0,016$, додека пак на 14-тиот и 21-от ден не беше статистички значајна и тоа: $t(1)=-0,13$, $p=0,458$ односно, $t(1)=-0,11$, $p=0,465$.

Статистички значајна разлика за содржината на млечна маст беше констатирана кај производните серии јогурти ПК и ПКВ на 1-от и 7-от ден од складирање и тоа: $t(1)=11,18$, $p=0,028$, и $t(1)=20,41$, $p=0,016$, додека на 14-от и 21-от ден од складирање не се покажа статистички значајна разлика $t(1)=-0,13$, $p=0,458$ и $t(1)=-0,11$, $p=0,465$.

Констатирана е статистички незначајна разлика на 1-от ден, 7-от и 21-от ден, за содржината на млечна маст на производните серии ПК и ПКП: $t(1)=-0,28$, $p=0,413$, $t(1)=0,50$, $p=0,352$ односно $t(1)=-0,13$, $p=0,460$. На 14-тиот ден разликата беше статистички значајна односно $t(1)=8,68$, $p=0,036$.

3.4. Есенцијални минерали во сериите на контролните и функционалните кефири

Анализите за содржината на есенцијалните минерали се направени на 14-тиот ден од складирањето, како што е прикажано во Табела 1. кефирите се карактеризираат со содржина на калциум (Ca), цинк (Zn), фосфор (P), бакар (Cu), железо (Fe), магнезиум (Mg), калиум (K), натриум (Na) и манган (Mn).

Во Табела 1, се прикажани резултатите од просечната содржина на есенцијалните минерали и нивната стандардна девијација во контролниот кефир и трите видови на функционални кефири.

mg/kg	ПК	ПКЈ	ПКВ	ПКП
Zn- цинк	26,4 ± 0	24 ± 0	28,4 ± 0	22,3 ± 0
P - фосфор	720 ± 99	690 ± 28,28	732,5 ± 21,21	750 ± 49,49
Cu - бакар	0,125 ± 0	0,125 ± 0	0,01 ± 0	0,01 ± 0
Fe - железо	0,07 ± 0	0,05 ± 0	0,08 ± 0	0,04 ± 0
Ca - Калциум	200,7 ± 124,5	300,7 ± 56,64	541,3 ± 28,36	401 ± 56,54
Mg-Магнезиум	693 ± 15,56	850,5 ± 15,56	644 ± 15,56	1093 ± 43,84
K-Калиум	905 ± 50,91	1012 ± 93,33	918,8 ± 22,63	871,3 ± 50,91
Na - Натриум	198,75 ± 8,49	283,75 ± 21,21	260 ± 7,01	333,8 ± 28,28
Mn-Манган	н.д.	н.д.	н.д.	141 ± 0

Табела 1: Просечна содржина на есенцијални минерали и нивната стандардна девијација во контролниот кефир и трите видови на функционални кефири

Од резултатите во табела 1 можеме да заклучиме дека: макронутриенти за контролниот кефир ја следи низата на концентрација $K > P > Mg > Ca > Na > Zn > Cu > Fe$, додека макронутриенти за функционалниот кефир со јагода ја следи низата на концентрација $K > Mg > P > Ca > Na > Zn > Cu > Fe$. Исто така утврдено е дека макроелементот калиум (К) е квантитативно најистакнат во ПКВ од анализираниите минерали, а останатите макронутриенти ја следеле низата на концентрација $P > Mg > Ca > Na > Zn > Fe > Cu$. Во ПКП, макронутриенти ја следеле низата на концентрација $Mg > K > P > Ca > Na > Mn > Zn > Fe > Cu$. При испитувањето на концентратиите на минерали во контролниот и функционалните кефири од јагода и ванила не беше пронајдено присуство (н.д) на манган (Mn).

Тестираните примероци со t-тестот укажаа дека повеќето од резултатите од есенцијалните минерали не се статистички значајни.

При спроведувањето на t - тест, кај резултатите за содржината на минерали од нашите истражувања немаше значајна разлика помеѓу контролниот и функционалниот кефир ПКЈ. Повеќето елементи беа во поголема концентрација кај производните серии на функционалните кефири, но t-тестот покажа дека резултатите од есенцијалните минерали не се статистички значајно различни, освен за вредноста на Mg ($p < 0,01$), се покажа дека е високо статистички значајна разлика.

mg/kg	ПК-ПКЈ	ПК-ПКВ	ПК-ПКП
Zn- цинк	нс	нс	нс
P - фосфор	нс	нс	нс
Cu - бакар	нс	нс	нс
Fe - железо	нс	нс	нс
Ca - калциум	нс	*	нс
Mg -магнезиум	**	*	*
K-калиум	нс	нс	нс
Na - натриум	нс	*	*

Табела 2: Статистичка значајност на одржина на есенцијални минерали во кефирите на контролниот кефир во однос на функционалните кефири.

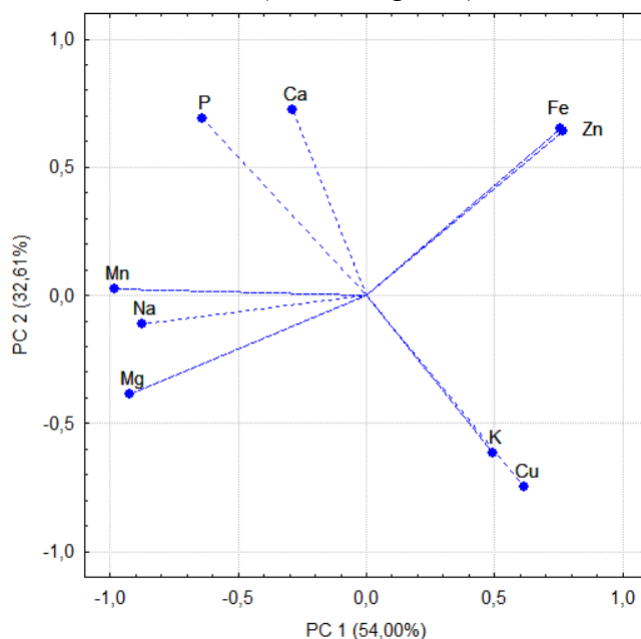
Статистички значајна разлика покажаа вредностите за Mg, Ca и Na на функционалниот кефир ПКВ во однос на контролниот кефир ПК, за ($p < 0,05$) и Mg и Na за ПКП во однос на ПК, за ($p < 0,05$). Со ознаките ns, е дадено статистички незначајно, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Од Табелата 2, може да се заклучи дека, на содржината на есенцијалните минерали значајно не влијаеше додавањето на вкус и диететски влакна кај функционалните серии кефири.

3.5.Анализа на составните компоненти (PCA) од есенцијални минерали во кефирите

Преку анализата на главните составни компоненти (PCA) од есенцијалните минерали се објаснува варијабилноста од 86,6% помеѓу кефирите (Графикон 4). Главната компонента 1 се состои од застапеност на (54,00%) од Fe, Zn, K и Cu. Главната компонента 2 е застапена со (32,61%) и се состои од P, Ca, Mg, Na, Mn.

Контролните и функционалните кефири генерално се карактеризираат со повисока застапеност на главната компонента 2 (P, Ca, Mg, Na,).



Графикон 4: PCA на минерални материи кај контролните и функционалните кефири

Во однос на корелација на есенцијалните минерали, Zn и Fe имаат многу силна позитивна корелација (0,995538), P и Ca, како и Ca и Na имаат умерена позитивна корелација соодветно, (0,477282) и (0,463608). Особено силна негативна корелација имаат Fe и Mg, како и Mg и K (-0,95), но исто така и Cu и Ca (-0,875241). K и Na имаат многу слаба позитивна корелација (0,014384).

5. Заклучок

Во ова истражување, имавме за цел да ја истражime нутритивната динамика на функционалните варијанти на кефир збогатени со диететски влакна и вкусови во споредба со класичниот кефир. Преку опсежни статистички анализи и споредби на контролниот кефир со функционалните кефири.

Содржината на протеини во функционалните кефири покажа различни модели за време на складирањето, со варијации кои се припишуваат на аромата и додавањето на диететски влакна. Функционалниот кефир со ванила покажа уникатна протеинска динамика, веројатно поради интеракциите помеѓу додадените компоненти. Содржината на сува материја беше под влијание на додавањето на диететски влакна и вкусови, што доведе до разлики во стабилноста помеѓу функционалните и контролните кефири. Содржината на млечна маст покажа варијации кај различни видови кефир, што го одразува влијанието на додадените состојки врз целокупниот состав. Содржината на есенцијалните минерали остана релативно конзистентна помеѓу функционалните и контролните кефири, со исклучок на магнезиумот и натриумот, кои покажаа мали варијации во некои случаи. Анализата на главните компоненти ги истакна односите и варијабилноста на есенцијалните минерали меѓу варијантите на кефир.

Овие сознанија придонесуваат за разбирање за тоа како функционалните состојки можат да го модифицираат нутритивниот профил на млечните производи, обезбедувајќи вредни информации и за потрошувачите и за производителите во прехранбената индустрија.

Благодарност

Благодарност кон VEMILK (IMV - Млечната индустрија Велковски) во Кравари, Битола, за нивната поддршка и соработка во анализата на кефирските проби во ова истражување. Тие значително допринесоа за успешното завршување на истражувањето и почит кон нивните напори во напредокот на науката за храна..

Користена литература

AOAC International. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. 20th ed. AOAC International.

Damiana, T., Naczek, M., Shahidi, F., & Ramos, O. L. (2017). Kefir: A fermented dairy product with numerous health benefits. In *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*, edited by F. X. Malcata, M. Amorim, M. A. Lemos, and A. C. Guedes, 299-313. Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-802309-9.00022-1

Gavrilovska, Elena, Vesna Knights, Vera Simovska, and Ninoslav Ivanovski. (2022). Statistical analysis concerning the importance of a low protein diet in the progression of chronic kidney disease. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 39 (1): 116-121.

Gerber, N. 1892. Ueber den gegenwärtigen Stand der Fettanalyse. *Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel I (1)*: 18-28.

Gul, O., Mortas, M., & Yasar, K. (2015). Chemical properties of kefir made from cow, goat and sheep milk. *International Journal of Food Properties* 18 (8): 1803-1810. DOI: 10.1080/10942912.2014.997855

Güzel-Seydim, Z. B., Kok-Tas, T., & Greene, A. K. 2020. The microbial and volatile compositions of kefir. *Foods* 9 (12): 1772. DOI: 10.3390/foods9121772

Gligorova Damjanovska, E., G. Severova, K. Cakalaroski, V. Antovska-Knight, I. Danilovska, V. Simovska, and N. Ivanovski. (2018). Beneficial short term effect of low protein diet on chronic kidney disease progression in patients with chronic kidney disease stage G3a. A pilot study. *Hippokratia* 4 (22): 178–182. Published on PubMed Central.

Jolliffe, I. T., and J. Cadima. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 374 (2065): 20150202.

Jurina, Tamara, Davor Valinger, Jasenka Gajdos Kljusuric, Maja Benkovic, Ana Jurinjak Tusek, Zelimir Kurtanjek, and Vesna Antoska-Knights. (2019). Principal component regression vs. partial linear squares regression in prediction modelling. *In 24th International Scientific Symposium on Biometrics*.

Kourkoutas, Y., P. Kandyliis, P. Panas, J. S. Dooley, P. Nigam, and A. A. Koutinas. (2006). Evaluation of freeze-dried kefir coculture as starter in feta-type cheese production. *Applied and Environmental Microbiology* 72 (9): 6124–35. doi:10.1128/AEM.03078-05.

Knights, V., Kolak, M., Markovikj, G., & Gajdoš Kljusurić, J. (2023). Modeling and Optimization with Artificial Intelligence in Nutrition. *Applied Sciences*, 13(13), 7835.

Liutkevičius, A., & Šarkinas, A. (2014). The amino acid composition of kefir produced from cow, goat and sheep milk. *Animal Husbandry* 60 (2): 33-39.

Mei, J., Q. Guo, Y. Wu, and Y. Li. (2014). Microbial diversity of a Camembert-type cheese using freeze-dried Tibetan kefir coculture as starter culture by culture-dependent and culture-independent methods. *PLOS ONE* 9 (10): e111648. doi:10.1371/journal.pone.0111648.

Montgomery, D. C., E. A. Peck, and G. G. Vining. (2015). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.

Nikolaou, A., G. Sgouros, G. Mitropoulou, V. Santarmaki, and Y. Kourkoutas. (2020). Freeze-Dried Immobilized Kefir Culture in Low Alcohol Winemaking. *Foods* 9 (2): 115. doi:10.3390/foods9020115.

Student. (1908). The Probable Error of a Mean. *Biometrika* 6 (1): 1-25.

VEMILK Dairy (IMV - Milk Industry Velkovski), August 16, (2023). <https://vemilk.com/services/eeee/>