

VYUŽITIE β -CYKLODEXTRÍNU PRI ODSTRAŇOVANÍ NEŽIADÚCICH ZLOŽIEK Z MLIEKA

THE APPLICATION OF β -CYCLODEXTRIN IN THE REMOVAL OF UNWANTED COMPONENTS IN MILK

Lukáš Kolarič¹ – Peter Šimko¹

¹Ústav potravinárstva a výživy, Oddelenie potravinárskej technológie
Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-996-9-0161>



ABSTRAKT

β -cyklodextrín je široko používaný v potravinárskom priemysle ako potravinárska prídavná látka vďaka svojej jedinečnej vlastnosti tvorby inklúzných komplexov s rôznymi žiaducimi alebo nežiaducimi zložkami v potravinách. V poslednej dobe sa výskum zamerával aj na elimináciu nežiaducich chutí alebo zlúčenín, ako je cholesterol alebo kontaminanty z mlieka alebo mliečnych výrobkov. Naša štúdia skúma optimálne podmienky pre odstránenie cholesterolu, ako aj aflatoxínu M_1 z mlieka aplikáciou β -cyklodextrínu. Zistilo sa, že by bolo možné vyrábať mliečne výrobky so zníženým obsahom cholesterolu až o 98 %. Druhý experiment tiež ukázal, že aflatoxín M_1 môže byť tiež viazaný v dutine cyklodextrínu, účinnosť eliminácie dosiahla približne 40 %. Okrem toho dotazník odhalil, že 67,9 % respondentov by bolo ochotných konzumovať mliečne výrobky so zníženým obsahom cholesterolu. Možno teda konštatovať, že aplikácia β -cyklodextrínu môže zohrávať dôležitú úlohu pri zvyšovaní výživových a bezpečnostných hodnôt mlieka a mliečnych výrobkov.

Kľúčové slová: β -cyklodextrín, cholesterol, aflatoxín M_1 , mlieko, eliminácia

ABSTRACT

β -cyclodextrin is widely used in the food industry as a food additive due to its unique property of forming inclusion complexes with various desirable or unwanted components in food. Recently, research has also focused on the elimination of unwanted tastes or compounds, such as cholesterol or contaminants from milk or dairy products. Our study investigates the optimal conditions for the removal of cholesterol as well as aflatoxin M_1 in milk by the application of β -cyclodextrin. It was found that it would be possible to produce dairy products with a lowered cholesterol content of up to 98%. The second experiment also showed that aflatoxin M_1 can also be bound in the cyclodextrin cavity, the elimination rate reached about 40%. Furthermore, the questionnaire revealed that 67.9% of respondents would be willing to consume dairy products with a reduced cholesterol content. So, it can be concluded that the application of β -cyclodextrin can play an important role in the increase of nutritional and safety values of milk and dairy products.

Keywords: β -cyclodextrin, cholesterol, aflatoxin M_1 , milk, elimination

ÚVOD / INTRODUCTION

Mlieko je vysoko výživné a obsahuje mnoho makro- a mikroživín, ktoré sú nevyhnutné pre rast a udržanie ľudského zdravia, najmä dojčiat, detí a starších dospelých (Šimko and Kolarič, 2022). Podľa správy Organizácie pre výživu a poľnohospodárstvo sa priemerná spotreba mlieka na obyvateľa vo svete pohybuje

približne na 100 kg/rok. V jednotlivých krajinách sa však líši (FAO, 2017). Očakáva sa, že mliekarenstvo bude v nasledujúcom desaťročí najrýchlejšie rastúcim odvetvím, pričom celosvetová produkcia mlieka by sa mala zvýšiť o 22 %. Zvýšená produkcia mlieka bude poháňaná rozširovaním výnosov v dôsledku optimalizácie systémov produkcie mlieka, zlepšeným zdravím zvierat, lepšou genetikou a zlepšenou účinnosťou kŕmenia a rozšírením zásob dojčiacich zvierat (Šimko and Kolarič, 2022). Z pohľadu spotreby potravín na Slovensku podľa Štatistického úradu Slovenskej republiky za rok 2020 je zrejmé, že spotreba mlieka a mliečnych výrobkov v hodnote mlieka bez masla bola vyššia (180,1 kg na osobu) ako spotreba mäsa (69,9 kg na osobu) a vajec (14,0 kg na osobu). V iných krajinách Európy je spotreba mliečnych výrobkov ešte vyššia, napr. v Česku 249,0 kg či v Poľsku 194,7 kg (Sitárová, 2021). Preto je kladený stále vyšší dôraz na kvalitu a bezpečnosť týchto potravinárskych komodít.

Cyklodextríny (CD) sú enzýmovo modifikované deriváty škrobu vyrábané priemyselne (Fenyvesi et al., 2016) v dôsledku transformácie škrobu určitými baktériami, ako je *Bacillus macerans* (Astray et al., 2009). Po chemickej stránke sú to oligosacharidy v tvare zrezaného kužeľa tvorené α -(1,4) glykozidickými väzbami glukopyranózových jednotiek (Matencio et al., 2020). Tri hlavné CD zahŕňajú α -, β - a γ -CD. Varianty týchto cyklických oligosacharidov pozostávajú zo 6 (α -CD), 7 (β -CD) alebo 8 (γ -CD) glukopyranózových jednotiek a líšia sa svojou veľkosťou (priemer 0,5 – 0,9 nm), čo určuje geometrické možnosti vzniku inklúzných komplexov s „host'ujúcimi“ molekulami (Fenyvesi et al., 2016). α -, β - a γ -CD sa „všeobecne považujú za bezpečné“ (GRAS) na použitie ako aditíva v potravinových výrobkoch, ale ich schválenie závisí od krajiny. Hlavnou ich vlastnosťou je, že ich hydrofóbná vnútorná dutina tvorí tzv. inklúzne komplexy so širokou škálou host'ujúcich molekúl, zatiaľ čo hydrofilný exteriér ovplyvňuje rozpustnosť vo vode (dos Santos et al., 2017). β -CD je na zozname GRAS od roku 1998 ako nosič chuťovo-vonných látok a ochranný prostriedok proti oxidácii na úrovni 2 % v mnohých potravinárskych výrobkoch (Szente and Szejtli, 2004).

Cholesterol zohráva v tele dvojitú (prospešnú aj negatívnu) úlohu. Jeho hlavnou funkciou je udržiavať integritu a priepustnosť bunkových membrán a slúžiť ako prekursor pre syntézu dôležitých látok v organizme, ako steroidných hormónov, žlčových kyselín a vitamínu D. Vysoký príjem cholesterolu zo stravy je však často spájaný so zvýšeným rizikom vzniku kardiovaskulárnych ochorení (KVO) (Morzycki, 2014; Zampelas and Magriplis, 2019). Mlieko a mliečne výrobky tvoria heterogénnu skupinu, v rámci ktorej sa hladiny cholesterolu môžu významne líšiť a sú ovplyvňované rôznymi faktormi, napr. živočíšnym druhom (Bonczar et al., 2016). Podľa Manzia et al. (2013) bol obsah cholesterolu v kravskom mlieku stanovený v rozmedzí od 64 do 135 mg/kg. V ostatných mliečnych výrobkoch je obsah cholesterolu ešte väčší, napr. v smotane priemerne okolo 1370 mg/kg (Han et al., 2007), v syroch od 809 do 1248 mg/kg (Andrikopoulos et al., 2003), či v masle od 2043 do 3824 mg/kg (Derewiaka et al., 2011), v závislosti od obsahu tukov.

Aflatoxín M₁ (AFM₁) je častou úlohou vedeckej činnosti, pretože je predmetom mnohých publikovaných článkov. Napríklad 779 záznamov v zbierke Web of Science Core Collection a 883 záznamov v databázach Scopus možno nájsť z výskumu uskutočneného za posledných 10 rokov o zisteniach, hodnotení rizika a stratégií znižovania prítomnosti AFM₁ v mlieku a mliečnych výrobkoch (Šimko and Kolarič, 2022). Podľa

celosvetového systematického prehľadu a meta-analýzy (Mollayusefian et al., 2021) bola priemerná koncentrácia AFM₁ v surovom a pasterizovanom mlieku 0,057 µg/kg a 0,085 µg/kg, zatiaľ čo najnižšia a najvyššia koncentrácia AFM₁ v pasterizovanom mlieku bola u kôz a kráv. AFM₁ je príčinou akútnych aj chronických toxikóz. Následne dlhodobé štúdie na rôznych živočíšnych druhoch potvrdili hepatotoxicitu AFM₁ a preukázali jeho karcinogénny účinok (klasifikovaný ako ľudský karcinogén skupiny 2B podľa IARC) (Giovati et al., 2015). V dôsledku týchto nepriaznivých účinkov niektoré krajiny obmedzili maximálne prípustné limity AFM₁ v mlieku; limit v EÚ je 0,05 µg/kg pre potraviny pre dospelých a 0,025 µg/kg pre dojčenskú výživu (Commission Regulation (EC) No. 165/2010).

Cieľom našej práce bolo sledovať optimálne podmienky pre odstraňovanie cholesterolu a AFM₁ z mlieka pomocou β-CD. Okrem toho bol vypracovaný dotazník o akceptácii mliečnych výrobkov so zníženým obsahom cholesterolu.

MATERIÁL A METODIKA / MATERIAL AND METHODS

Odstraňovanie cholesterolu a AFM₁ z mlieka prebiehalo podľa metodiky, ktorá bola publikovaná v našich predošlých prácach (Kolarič et al., 2022; Šimko and Kolarich, 2022). Princípom je prídavok β-CD do mlieka v rôznych koncentráciách (1 – 3 %, w/w) a následné miešanie pri podmienkach 840 rpm, 25 °C, 20 min. Po miešaní sa mlieko nechalo odležať pre tvorbu inklúzneho komplexu a následne sa β-CD oddelil od mlieka centrifugáciou (130 g, 20 min). Zvyškový obsah cholesterolu a AFM₁ sa stanovil pomocou HPLC (Agilent Technologies 1260 Infinity, Santa Clara, CA, USA) s UV (pre cholesterol) resp. fluorescenčným (FLD) detektorom (pre AFM₁). HPLC-UV stanovenie cholesterolu sa uskutočnilo s použitím izokratickej elúcie pri prietokovej rýchlosti 0,5 ml/min s mobilnou fázou zloženou z acetonitrilu/metanolu 60:40 (v/v). Vstrekovací objem bol 10 µl a teplota bola nastavená na 30 °C. Stacionárna fáza sa použila Zorbax Eclipse Plus C₁₈ (2,1 × 50 mm, veľkosť častíc 5 µm, Agilent) s ochrannou kolónou Zorbax SB-C₁₈ (2,1 × 12,5 mm, veľkosť častíc 5 µm, Agilent). Na HPLC-FLD stanovenie AFM₁ v opracovanom mlieku bola použitá kolóna Zorbax Eclipse Plus C₁₈ (2,1 × 150 mm, veľkosť častíc 5 µm, Agilent, Santa Clara, CA, USA) s predkolónou Zorbax SB-C₁₈ (4,6 × 12,5 mm, veľkosť častíc 5 µm, Agilent, Santa Clara, CA, USA) a mobilná fáza zložená z vody a acetonitrilu (80:20). FLD detekcia prebiehala pri excitačnej vlnovej dĺžke 360 nm a emisnej 440 nm. Vstrekovací objem bol 50 µl. Prietok mobilnej fázy bol nastavený na 0,5 ml/min. Výsledky boli zaznamenané pomocou softvéru OpenLab CDS, ChemStation Edition pre LC a LC/MS systémov (verzia produktu A.01.08.108).

Súčasťou práce bol aj dotazník, ktorý sa skladal z 8 uzatvorených (výber z možností) otázok:

1. Pohlavie
2. Vek
3. Stupeň dosiahnutého vzdelania
4. Bola Vám alebo niekomu z Vašej rodiny diagnostikovaná zvýšená hladina cholesterolu v krvi?
5. Ktorý z týchto výrobkov obsahuje podľa Vás najvyšší obsah cholesterolu?
6. Snažíte sa obmedziť príjem cholesterolu vo svojej diéte?

7. Boli by ste ochotný/á si kúpiť mliečny výrobok, kde bude deklarovaný znížený obsah cholesterolu?
8. Čo by Vás odradilo od kúpy takýchto výrobkov?

Dotazník sa šírila prostredníctvom internetu v období november – december 2023.

VÝSLEDKY A DISKUZE / RESULTS AND DISCUSSION

Mlieko a mliečne výrobky sú dôležitým zdrojom živín, ale v posledných rokoch sa mliečne výrobky spájajú s mnohými negatívnymi účinkami na zdravie v dôsledku obsahu nasýtených mastných kyselín, čo môže viesť k zvýšeným hladinám cholesterolu v krvi a riziku rozvoja KVO (Lordan et al., 2018). Na zníženie obsahu cholesterolu v mliečnych výrobkoch bolo vyvinutých niekoľko metód, ako je enzymatická konverzia, destilácia vodnou parou, superkritická extrakcia alebo adsorpcia na rôzne sorbenty. Tieto metódy sú však väčšinou neselektívne a negatívne ovplyvňujú nutričné a mechanické vlastnosti konečných výrobkov (Kolarič and Šimko, 2021). Cholesterol môže byť tiež odstránený aplikáciou β -CD, pretože tento postup je dostatočný na selektívne odstránenie cholesterolu, zatiaľ čo obsah iných výživových a chuťových zložiek nie je významne ovplyvnený (Kolarič and Šimko, 2022). V našej práci (Kolarič et al., 2022) sa potvrdila vysoká účinnosť odstraňovania cholesterolu z mlieka pomocou β -CD. Už prídavok 1 % (w/w) β -CD zapríčinil zníženie obsahu cholesterolu o 97,3 %, pričom najvyššie zníženie (o 98,1 %) sa pozorovalo pri 2 % (w/w) β -CD. Okrem toho, textúrnou analýzou sa zistilo, že odstránením cholesterolu sa nezmenila pevnosť ani konzistencia mlieka. Stanovením farebných charakteristík sa zistilo, že zvýšené koncentrácie β -CD mierne vplývali na farbu mlieka, avšak do 2 % (w/w) β -CD boli farebné rozdiely minimálne a nepozorované ľudským okom. V práci bolo tiež preukázané, že z takto opracovaného mlieka bolo možné vyrobiť tiež mliečne výrobky s rovnako významným zníženým obsahom cholesterolu (maslo – 95,6 %, čerstvý syr – 97,7 %, tvaroh – 97,9 %). Keďže veľkosť dutiny β -CD je ideálna pre veľkosť molekuly cholesterolu, tento postup je vysoko selektívny pre cholesterol a preto sú nízko-cholesterolové výrobky veľmi podobné bežným výrobkom (Zunnurain and Baig, 2017). Výsledky sú podobné s inými štúdiami, napr. Zunnurain a Baig (2017) uviedli, že približne 90 % cholesterolu bolo odstráneného, keď bolo mlieko spracované s 1,5 % β -CD. Alonso et al. (2018) uviedli, že z ovčieho mlieka bolo možné odstrániť 97,6 % cholesterolu použitím 1 % β -CD. Z hľadiska vplyvu odstraňovania cholesterolu z mlieka pomocou β -CD na nutričné a organoleptické vlastnosti mliečnych výrobkov, niekoľko štúdií potvrdzuje dobrú selektivitu a špecifickosť procesu. Ha et al. (2010) uviedli, že množstvo laktózy zachytenej v β -CD nepresiahlo 0,03 % a obsah ďalších živín, ako sú mastné kyseliny s krátkym reťazcom, voľné aminokyseliny a vitamíny rozpustné vo vode, tiež zostal rovnaký. Z hľadiska reologických vlastností syra boli zistené len malé rozdiely medzi syrom Camembert s nízkym obsahom cholesterolu a kontrolou (Kim et al., 2008). Senzorické hodnotenie mlieka so zníženým obsahom cholesterolu ukázalo, že 77 % spotrebiteľov ho hodnotilo ako dobré alebo veľmi dobré z hľadiska akceptácie (Gianni et al., 2020).

Ohľadom možnosti viazania AFM₁ do dutiny β -CD je publikovaných iba málo štúdií a tento výskum je pomerne nový. Prvé publikácie sa zameriavali na interakcie medzi aflatoxínmi a β -CD pre zvýšenie fluorescenčnej emisie aflatoxínov. V týchto štúdiách bola dokázaná komplexná tvorba inklúzneho komplexu

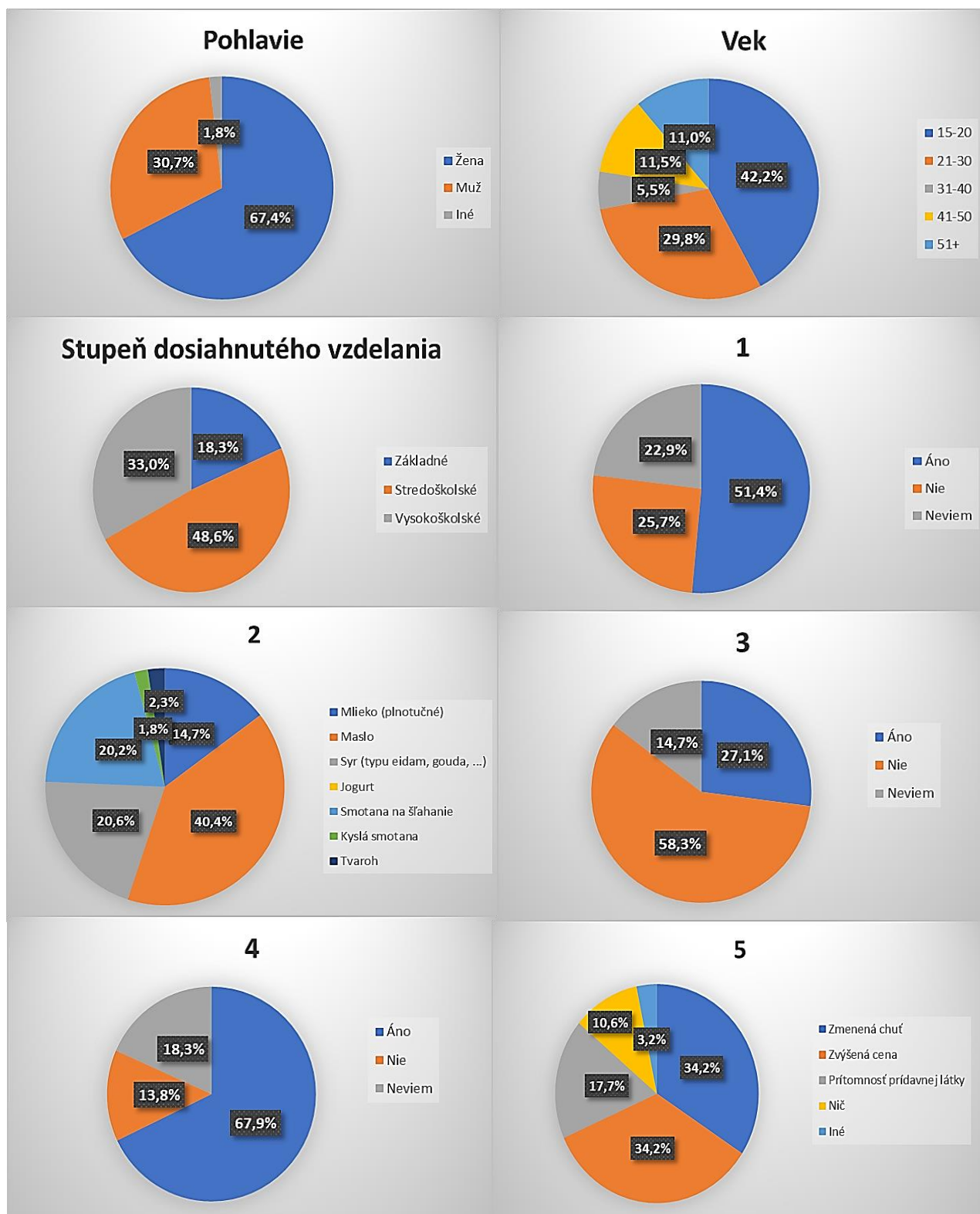
zahŕňajúca furánovú časť aflatoxínu (Galaverna et al., 2008). Mohos et al. (2022) nedávno publikovali štúdiu o extrakcii 12 mykotoxínov (vrátane AFM₁) z vodných roztokov nerozpustným β -CD polymérom. Na základe výsledkov nebol tento polymér (13,3 mg/ml) účinný pri extrakcii deoxynivalenolu a patulínu, avšak približne 28 a 35 % pokles koncentrácií AFM₁ a ochratoxínu A a viac ako 50 % AFB₁ a kyseliny cyklopiazonovej bolo odstránených rovnakým množstvom polyméru. Naše výsledky preukázali (Šimko and Kolarič, 2022), že súbežne s odstraňovaním cholesterolu sa znižoval aj obsah AFM₁ v mlieku v rozsahu od 33 do 45 % s priemernou hodnotou 39,1 %. Nakoľko sa však použili optimálne podmienky pre viazanie cholesterolu do β -CD, tak po určení optimálnych podmienok (množstvo β -CD, čas a rýchlosť miešania, doba odležania, čas a rýchlosť odstredovania) pre AFM₁ je vysoký predpoklad, že percento eliminácie AFM₁ môže byť vyššie. Niektoré ďalšie absorbenty boli tiež testované na zníženie koncentrácie AFM₁ v mlieku, napr. bentonit sodný (64,5 % účinnosť), bentonit vápenatý (31,4 % účinnosť), mykozorb (58,5 % účinnosť) a aktívne uhlie (5,4 % účinnosť) (Naeimipour et al., 2018). Použitie takýchto zlúčenín v potravinárskej technológii je však sporné a môže zmeniť organoleptickú a nutričnú hodnotu konečných výrobkov (Šimko and Kolarič, 2022). V súčasnosti najúčinnnejšou stratégiou pre elimináciu AFM₁ v mlieku je absorpcia na rôzne druhy mikroorganizmov. Napríklad Chaudhary a Patel (2022) predstavili zaujímavý prístup k odstráneniu AFM₁ z mlieka izolovanými baktériami mliečneho kvasenia. Okrem toho si Kuharić et al. (2018) všimli, že účinnosť dekontaminácie AFM₁ baktériami mliečneho kvasenia sa pohybuje od 21 do 95 % a uviedli, že tento postup by nemal ovplyvniť konečné organoleptické vlastnosti mliečnych výrobkov.

Pre zistenie akceptácie mliečnych výrobkov so zníženým obsahom cholesterolu pomocou β -CD sa vypracoval dotazník, ktorý vyplnilo 218 respondentov. Výsledky sú vyobrazené na Obr. 1. Zo všetkých respondentov, 67,4 % tvorili ženy a 30,7 % muži. Z hľadiska vekovej kategórie, najväčšie percento tvorili respondenti vo veku od 15 do 20 rokov (42,2 %) a najmenšie vo veku od 31 do 40 rokov (5,5 %), čo súvisí aj s tým, že dotazník sa šírila najmä medzi študentami strednej a vysokej školy. Respondenti mali prevažne stredoškolské (48,6 %) a vysokoškolské vzdelanie (33,0 %). Prvá otázka súvisela so zistením, či respondentom alebo ich rodinným príslušníkom už bola diagnostikovaná zvýšená hladina cholesterolu krvi. Aj napriek tomu, že väčšina respondentov boli študenti, tak až 51,4 % odpovedí bolo kladných. To môže byť aj dôsledok toho, že na Slovensku je dlhodobo prekračovaný odporúčaný denný príjem cholesterolu na úrovni 300 mg (Kukula et al., 2020). Druhá otázka sa zameriavala na znalosti obsahu cholesterolu v mliečnych výrobkoch. Väčšina respondentov (40,4 %) správne odpovedala, že najväčší obsah cholesterolu sa vyskytuje v masle. Druhý najčastejšie označovaný výrobok bol syr (20,6 %), čo je tiež pravda, nakoľko v závislosti od obsahu tuku sa môže v syroch vyskytovať až do 1034 mg/kg cholesterolu (Kolarič et al., 2022). Na štvrtom mieste sa však umiestnilo mlieko (plnotučné), čo nie je úplne pravda, nakoľko obsahuje najmenej tuku zo všetkých ponúkaných výrobkov. Pri tretej otázke sme chceli zistiť, či sa respondenti snažia obmedziť príjem cholesterolu v strave. Nadpolovičná väčšina (58,3 %) odpovedala záporne na túto otázku, čo je mierne prekvapujúce, nakoľko 51,4 % odpovedalo, že trpia na vysoký obsah cholesterolu v krvi. Posledné dve otázky už priamo súviseli s akceptáciou mliečnych výrobkov so zníženým obsahom cholesterolu. 67,9 % respondentov odpovedalo, že by boli ochotní si zakúpiť takýto výrobok. Najväčšie obavy by mali však

zo zmenenej chuti alebo vyššej kúpnej ceny. Ako už bolo spomínané, tak odstraňovanie cholesterolu pomocou β -CD je veľmi selektívny proces a iba nepatrná časť iných zložiek sa môže tiež viazať na β -CD. Preto chuť mliečnych výrobkov sa nezmení, nakoľko obsah tuku zostane približne rovnaký a tuk je hlavným nosičom chuťových látok v potravinách. Samotný β -CD je tiež bežne dostupnou látkou a proces odstraňovania cholesterolu je pomerne jednoduchý a dá sa vykonávať na bežných mliekarenských zariadeniach, preto ani cena takýchto výrobkov by nemusela byť výrazne vyššia oproti klasickým výrobkom. Niekoľko respondentov tiež uviedlo, že by mali obavy s prítomnosťou cudzej prídavnej látky, ktorá by mohla zhoršiť celkové nutričné zloženie týchto výrobkov. Vo všeobecnosti má β -CD status "všeobecne považovaný za bezpečný" (GRAS) a je vhodný na použitie ako prídavná látka v potravinách (dos Santos et al., 2017). Pokiaľ ide o toxicitu β -CD, vysoká perorálne podávaná dávka β -CD môže spôsobiť hnačku a zväčšenie slepého čreva a dokonca ovplyvniť biologickú dostupnosť niektorých látok (Matencio et al., 2020). Avšak toto neplatí pre mliečne výrobky so zníženým obsahom cholesterolu, nakoľko β -CD sa spolu s cholesteronom odstráni z mlieka počas procesu odstredovania. Po odstredení mlieka opracovaného s 0,6 % β -CD zostalo v odstredenom mlieku približne 0,15 % zvyškového β -CD (Alonso et al., 2009). Podľa Alonsa et al. (2019), konečné maslo s nízkym obsahom cholesterolu obsahovalo iba 51,75 mg/100 g (0,05 %) zvyškového obsahu β -CD. Experimentálny syr s nízkym obsahom cholesterolu získaný aplikáciou 1 % β -CD obsahoval 0,31 % zvyškového β -CD (Alonso et al., 2018).

ZÁVĚR / CONCLUSIONS

Cieľom tejto práce bolo poukázať na možnosť β -CD odstraňovať dve nežiadúce látky z mlieka, cholesterol a AFM₁. Zvýšená hladina cholesterolu v krvi je často spájaná s rizikom vzniku kardiovaskulárnych ochorení a keďže mliečne výrobky sú často konzumované a tiež obsahujú pomerne vysoké množstvá cholesterolu, tak produkcia výrobkov so zníženým obsahom cholesterolu by mohla zohrávať dôležitú úlohu v modernej zdravej výžive založenej na prevencii KVO. Výsledky preukázali, že pomocou β -CD ide odstrániť z mlieka až do 98 % cholesterolu bez zmeny jeho organoleptických a textúrnych vlastností. Okrem toho sa zistilo, že počas odstraňovania cholesterolu sa na β -CD viazal aj AFM₁. Celkové zníženie obsahu AFM₁ bolo na úrovni 40 %. Táto metóda by bola preto vhodná nie len na zvýšenie nutričnej kvality mlieka ale aj jeho zdravotnej bezpečnosti. Výsledky dotazníka preukázali, že u väčšiny respondentov už bola diagnostikovaná zvýšená hladina cholesterolu v krvi, zároveň však nedodržiavajú žiadnu špeciálnu diétu na jeho zníženie. Preto by konzumácia týchto mliečnych výrobkov mohla efektívne pôsobiť na znižovanie príjmu cholesterolu v populácii, bez toho, aby si to konzumenti vôbec uvedomili.



Obrázok 1: Výsledky dotazníka ohľadne akceptácie mliečnych výrobkov so zníženým obsahom cholesterolu. Pozn.: 1 – Bola Vám alebo niekomu z Vašej rodiny diagnostikovaná zvýšená hladina cholesterolu v krvi?; 2 – Ktorý z týchto výrobkov obsahuje podľa Vás najvyšší obsah cholesterolu?; 3 – Snažíte sa obmedziť príjem cholesterolu vo svojej diéte?; 4 – Boli by ste ochotný/á si kúpiť mliečny výrobok, kde bude deklarovaný znížený obsah cholesterolu?; 5 – Čo by Vás odradilo od kúpy takýchto výrobkov?

PODĚKOVÁNÍ / ACKNOWLEDGMENTS

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-22-0102 a APPV-18-0061.

LITERATURA/REFERENCES

- Alonso, L., Cuesta, P., Fontecha, J., Juarez, M., Gilliland, S. E. (2009): Use of β -cyclodextrin to decrease the level of cholesterol in milk fat. *Journal of Dairy Science*, 92(3): 863–869.
- Alonso, L., Fox, P. F., Calvo, M. V., Fontecha, J. (2018): Effect of beta cyclodextrin on the reduction of cholesterol in ewe's milk manchego cheese. *Molecules*, 23(7): 1789.
- Alonso, L., Calvo, M. V., Fontecha, J. (2019): A scale-up process for the manufacture of reduced-cholesterol butter using beta-cyclodextrin. *Journal of Food Process Engineering*, 42(3): 13009.
- Andrikopoulos, N. K., Kalogeropoulos, N., Zerva, A., Zerva, U., Hassapidou, M., Kapoulas, V. M. (2003): Evaluation of cholesterol and other nutrient parameters of Greek cheese varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(2): 155–167.
- Astray, G., Gonzales-Barreiro, C., Mejuto, J.C., Rial-Otero, R., Simal-Gándara, J. (2009): A review on the use of cyclodextrins in foods. *Food Hydrocolloids*, 23(7): 1631–1640.
- Bonczar, G., Walczycka, M.B., Domagała, J., Maciejowski, K., Najgebauer-Lejko, D., Sady, M., Wszolek, M. (2016): Effect of dairy animal species and of the type of starter cultures on the cholesterol content of manufactured fermented milks. *Small Ruminant Research*, 136: 22–26.
- Commission Regulation (EC). No 165/2010 amending Regulation 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. (2010). *Official Journal of European Union*, 50: 8–12.
- Derewiaka, D., Sosińska, E., Obiedziński, M., Krogulec, A., Czaplicki, S. (2011): Determination of the adulteration of butter. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(8): 1005–1011.
- dos Santos, C., Buera, P., Mazzobre, F. (2017): Novel trends in cyclodextrins encapsulation. Applications in food science. *Current Opinion in Food Science*, 16: 106–113.
- FAO. (2017): Gateway to Dairy Production and Products. Milk and Milk Products. Available online: www.fao.org/dairy-productionproducts/products/en/ (accessed on 20 April 2022).
- Fenyvesi, É., Vikmon, M., Szente, L. (2016): Cyclodextrins in food technology and human nutrition: Benefits and limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(12): 1981–2004.
- Galaverna, G., Dall'Asta, C., Corradini, R., Dossena, A., Marchelli, R. (2008): Cyclodextrins as selectors for mycotoxin recognition. *World Mycotoxin Journal*, 1: 397–406.
- Gianni, D. E., Jorcin, S., Lema, P., Olazabal, L., Medrano, A., Lopez-Pedemonte, T. (2020): Effect of ultra-high pressure homogenization combined with β -cyclodextrin in the development of a cholesterol-reduced whole milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11): 14845.

- Giovati, L., Magliana, W., Ciociola, T., Santinoli, C., Conti, S., Polonelli, L. (2015): AFM1 in milk: Physical, biological, and prophalactic methods to mitigate contamination. *Toxins*, 7(10): 4330–4349.
- Ha, H. J., Lee, J. E., Chang, Y. H., Kwak, H.-S. (2010): Entrapment of nutrients during cholesterol removal from cream by crosslinked β -cyclodextrin. *International Journal of Dairy Technology*, 63(1): 119–126.
- Han, E. M., Kim, S. H., Ahn, J., Kwak, H. S. (2007): Optimizing cholesterol removal from cream using β -cyclodextrin crosslinked with adipic acid. *International Journal of Dairy Technology*, 60(1):31–36.
- Chaudhary, H.J., Patel, A.R. (2022): Removal of aflatoxin M1 from milk and aqueous medium by indigenously isolated strains of *W. confusa* H1 and *L. plantarum* S2. *Food Bioscience*, 45: 101468
- Kim, S.-Y., Bae, H.-Y., Kim, H.-Y., Ahn, J., Kwak, H.-S. (2008): Properties of cholesterol-reduced camembert cheese made by crosslinked β -cyclodextrin. *International Journal of Dairy Technology*, 61(4): 364–371.
- Kolarič, L., Šimko, P. (2021): The effect of treatment conditions on color characteristics and measure of cholesterol removal from milk by beta-cyclodextrin application. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15: 192–198.
- Kolarič, L., Šimko, P. (2022): Application of β -cyclodextrin in the production of low-cholesterol milk and dairy products. *Trends in Food Science & Technology*, 119: 13–22.
- Kolarič, L., Kántorová, P., Šimko, P. (2022): β -cyclodextrin as the key issue in production of acceptable low-cholesterol dairy products. *Molecules*, 27(9): 2919.
- Kuharič, Ž., Jakopović, Ž., Čanak, I., Frece, J., Bošnir, J., Pavlek, Ž., Ivešić, M., Markov, K. (2018): Removing aflatoxin M1 from milk with native lactic acid bacteria, centrifugation, and filtration. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 69(4): 334–339.
- Kukula, M., Kolarič, L., Šimko, P. (2020): Decrease of cholesterol content in milk by sorption onto β -cyclodextrin crosslinked by tartaric acid, considerations and implications. *Acta Chimica Slovaca*, 13(2): 1–6.
- Lordan, R., Tsoupras, A., Mitra, B., Zabetakis, I. (2018): Dairy Fats and Cardiovascular Disease: Do We Really Need to Be Concerned? *Foods*, 7(3): 29.
- Manzi, P., Di Costanzo, M. G., Mattera, M. (2013): Updating nutritional data and evaluation of technological parameters of Italian milk. *Foods*, 2: 254–273.
- Matencio, A., Navarro-Orcajada, S., García-Garmona, F., López-Nicolás, J. M. (2020): Applications of cyclodextrins in food science. A review. *Trends in Food Science & Technology*, 104: 132–143.
- Mohos, V., Faisal, Z., Fliszár-Nyúl, E., Szenté, L., Poór, M. (2022): Testing the extraction of 12 mycotoxins from aqueous solutions by insoluble beta-cyclodextrin bead polymer. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1): 210–221.

- Mollayusefian, I., Ranaei, V., Pilevar, Z., Cabral-Pinto, M.M., Rostami, A., Nematolahi, A., Khedher, K.M., Thai, V.N., Fakhri, Y., Khaneghah, A.M. (2021): The concentration of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk: A worldwide systematic review and meta-analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 115: 22–30.
- Morzycki, J.W. (2014): Recent advances in cholesterol chemistry. *Steroids*, 83: 62–79.
- Naeimipour, F., Aghajani, J., Kojuri, S.A., Ayoubi, S. (2018): Useful approaches for reducing aflatoxin M1 content in milk and dairy products. *Biomedical and Biotechnology Research Journal*, 2(2): 94–99.
- Sitárová, T. (2021): *Spotreba potravín v SR v roku 2020*. Štatistický úrad Slovenskej republiky, 30 s. ISBN 978-80-8121-827-9.
- Szente, L., Szejtli, J. (2004): Cyclodextrins as food ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3–4): 137-142.
- Šimko, P., Kolarič, L. (2022): Decrease in aflatoxin M1 concentration in milk during cholesterol removal by application of β -cyclodextrin. *Toxins*, 14(6): 379.
- Zampelas, A., Magriplis, E. (2019): New insights into cholesterol functions: A friend or enemy? *Nutrients*, 11: 1645.
- Zunnurain, M. N., Baig, H. A. (2017): The effect of beta cyclodextrin on the removal of cholesterol from buffalo milk. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 60(2): 87–91.
- Kontaktní adresa / Contact Information: Ing. Lukáš Kolarič, PhD., Slovenská technická univerzita, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Ústav potravinárstva a výživy, Oddelenie potravinárskej technológie, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovensko, e-mail: lukas.kolaric@stuba.sk*