

AGATA ZNAMIROWSKA, KATARZYNA SZAJNAR, MAŁGORZATA PAWŁOS,
DOROTA KALICKA

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA CHELATU AMINOKWASOWEGO MAGNEZU DO WZBOGACANIA JOGURTU

Streszczenie

Wśród związków magnezu wymienionych w wykazie zawartym w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1170/2009 znajduje się diglicynian magnezu, czyli chelat aminokwasowy magnezu. Składa się on z glicyny i magnezu elementarnego. Stosunek jonowy metalu do aminokwasu w chelacie wynosi 1 : 2. Chelaty aminokwasowe stanowią nową grupę związków dopuszczonych do suplementacji diety człowieka, stąd też w dostępnej literaturze brak jest wyników badań dotyczących oceny możliwości ich wykorzystania do fortyfikacji mleka i przetworów. Celem pracy było określenie możliwości zastosowania chelatu aminokwasowego magnezu (diglicynianu) do wzbogacania jogurtu. Analizowano wpływ następujących dawek magnezu do mleka przerobowego [mg/100 g mleka]: 0 (próba kontrolna), 5, 10, 15, 20, 25 i 30 na stabilność termiczną białek podczas pasteryzacji oraz jakość jogurtu w czasie chłodniczego przechowywania. Fortyfikacja diglicynianem magnezu nie zmieniła istotnie cech sensorycznych jogurtów, a nawet zapobiegła zjawisku przekwaszania, które często występuje wraz z wydłużaniem czasu przechowywania. Dowiedziono, że zwiększenie zawartości magnezu (nawet o 30 mg w 100 g produktu) w jogurtach za pomocą diglicynianu magnezu jest możliwe przed procesem pasteryzacji mleka przerobowego. Wzbogacanie jogurtów diglicynianem magnezu nie spowodowało istotnego pociemnienia produktu. Wzbogacenie magnezem zmieniło istotnie adhezyjność jogurtów, natomiast nie wpłynęło na twardość i kohezję tych napojów w ciągu 21 dni chłodniczego przechowywania w temp. 5 °C.

Słowa kluczowe: jogurt, fortyfikacja, diglicynian magnezu, tekstura

Wprowadzenie

Magnez pełni wiele ważnych funkcji w organizmie: umożliwia właściwą mineralizację kości oraz stabilizację błon komórkowych, koordynuje skurcz i rozkurcz mięśni, odpowiada za prawidłowy przebieg prawie wszystkich procesów zachodzących

Dr hab. inż. A. Znamiorska, prof. nadzw., mgr inż. K. Szajnar, mgr inż. M. Pawłos, dr inż. D. Kalicka, Zakład Technologii Mleczarstwa, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 2d, 35-601 Rzeszów. Kontakt: aznam@univ.rzeszow.pl

w ustroju [1, 4, 13]. Prawidłowe stężenie magnezu w surowicy krwi człowieka powinno zawierać się w granicach $0,75 \div 0,95$ mmol/l ($1,8 \div 2,3$ mg/dl). Średnie dzienne spożycie magnezu przez Polaków jest mniejsze niż zapotrzebowanie organizmu na ten pierwiastek, wynoszące $300 \div 400$ mg na dobę [6, 25]. Średnie wykorzystanie magnezu z diety przez organizm człowieka wynosi $40 \div 50$ %, a jego wchłanianie zwiększa się w obecności laktozy i białka. Mleko i jego przetwory fortyfikowane magnezem mogłyby więc spełniać funkcję transporterów magnezu do organizmu. Istnieje pewna obawa, że w przypadku spożywania żywności bogatej w wapń, do której należy mleko, może zachodzić interakcja między wchłanianiem wapnia i magnezu [9, 10, 23, 27]. W badaniach nie wykazano jednak zależności pomiędzy zawartością wapnia w pokarmie i wchłanianiem magnezu pod warunkiem, że nie zostanie przekroczona dawka 2000 mg wapnia na dobę [1, 15, 23].

W badaniach biodostępności magnezu zawartego w dziesięciu organicznych i nieorganicznych związkach dowiedziono, że sole organiczne, takie jak: glukonian, mleczan i asparaginian cechują się dobrą biodostępnością. Natomiast związki nieorganiczne magnezu są mniej biodostępne dla organizmu [8]. Związek magnezu, który ma być zastosowany do wzbogacania produktów mleczarskich, powinien być bezpieczny w stosowaniu, a rozpuszczony w mleku nie powinien obniżać stabilności cieplnej mleka ani skracać czasu przydatności do spożycia gotowego produktu. Ponadto związek magnezu nie powinien niekorzystnie wpływać na cechy sensoryczne fortyfikowanych produktów mleczarskich, zwłaszcza że niektóre związki dwuwartościowego magnezu charakteryzują się gorzkim i słonym smakiem i w mniejszym stopniu – posmakiem metalicznym [18].

W Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1170/2009 [21], zmieniającym Dyrektywę 2002/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady oraz w Rozporządzeniu (WE) 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady [20] podano wykaz związków magnezu, które mogą być stosowane do produkcji żywności fortyfikowanej. Wśród wielu związków wymienionych w tym wykazie znajduje się diglicynian magnezu, czyli chelat aminokwasowy magnezu. Składa się on z glicyny (aminokwasu biorącego udział m.in. w syntezie białek, cyklu metabolicznym kwasów nukleinowych czy neurotransformacji) i magnezu elementarnego. Stosunek jonowy metalu (Mg) do aminokwasu (glicyny) w chelacie wynosi 1 : 2 [12]. Chelaty aminokwasowe stanowią nową grupę związków dopuszczonych do fortyfikowania żywności, stąd też w dostępnej literaturze brak jest wyników badań dotyczących oceny możliwości ich wykorzystania do wzbogacania mleka i przetworów. W badaniach *in vitro* wykazano natomiast, że chelat aminokwasowy magnezu jest lepiej przyswajalny niż tlenek magnezu (8,9 razy), siarczan(VI) magnezu (3,6 razy) i węglan magnezu (2,3 razy) [8, 16].

Celem pracy było określenie wpływu wzbogacania mleka diglicynianem magnezu na jego stabilność termiczną podczas obróbki cieplnej oraz na jakość wyprodukowanych z niego jogurtów podczas 21 dni chłodniczego przechowywania.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań było mleko krowie pasteryzowane o zawartości tłuszczu 2 % (OSM „Resmlecz”, Trzebowniko), odtłuszczone mleko w proszku (SM Gostyń), szczepy starterowe YC-X16 (Chr. Hansen, Dania) oraz diglicynian magnezu (OlimpLabs, Polska). Doświadczenie przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie określano dawkę magnezu, która nie powodowała denaturacji termicznej białek w trakcie repasteryzacji mleka (w temp. 72 °C przez 15 s). Dawkę magnezu obliczano na podstawie masy cząsteczkowej diglicynianu. Doświadczenie rozpoczęto od 1 mg magnezu i kontynuowano do 30 mg magnezu w 100 g mleka. Wykonano również próbę kontrolną bez dodatku diglicynianu magnezu. Po ochłodzeniu próbek określano pH i kwasowość ogólną (miareczkową) mleka.

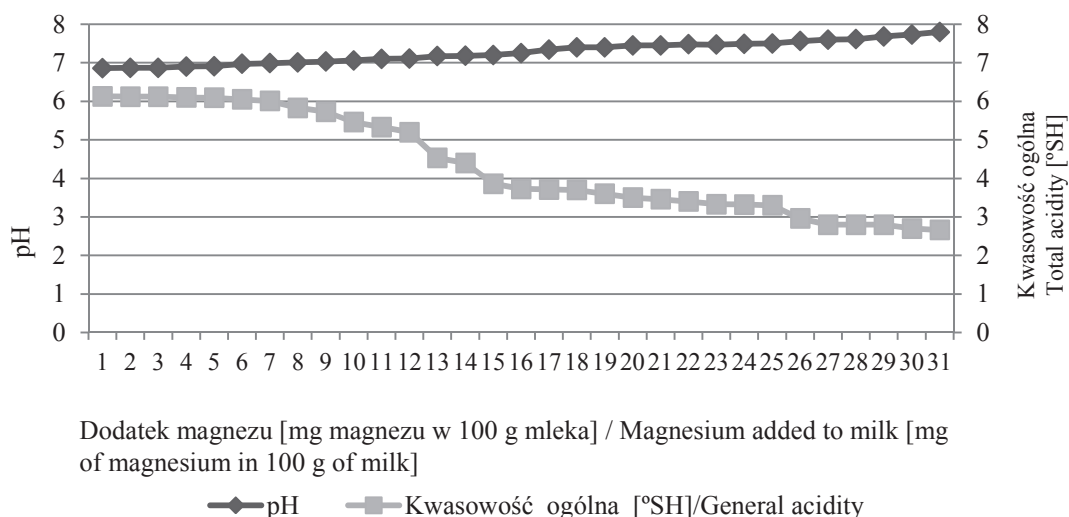
W drugim etapie badań zwiększono zawartość suchej masy przez 3-procentowy dodatek odtłuszczonego mleka w proszku i wzbogacano magnezem w ilościach [mg Mg/100 g mleka]: 0 (próba kontrolna), 5, 10, 15, 20, 25 i 30. Następnie próbki mleka repasteryzowano (72 °C przez 15 s), schładzano i homogenizowano (65 °C, 20 MPa). Po schłodzeniu próbek do temp. 43 °C dodawano szczepionkę FD – DVS YC-X 16 – Yo - Flex® (Chr. Hansen, Dania). Mleko rozlewano do opakowań o pojemności 100 ml z pokrywką i kodowano. Inkubację prowadzono w temp. 43 °C przez 4,5 h, następnie uzyskany jogurt schładzano do 5 °C i przechowywano w tej temperaturze przez 21 dni. Próbki do analiz pobierano po 24 h oraz w 7., 14. i 21. dniu. W jogurtach oznaczano: pH przy użyciu pH-metru Elmetron CPC-411 (Elmetron, Polska), synerezę (procentowy wyciek serwatki z 25 g napoju po 120 min, w temp. 5 °C, podciek serwatki oznaczano wagowo), teksturę testem TPA (teksturometrem Brookfield CT3, Brookfield AMETEK, USA) – wykonywano dwukrotny test kompresyjny przy ustawieniach: siła 0,1 N, prędkość głowicy 1 mm/s, średnica próbki 35 mm, sonda TA3/100, średnica elementu pomiarowego 25,4mm (Brookfield AMETEK, USA). Określano następujące składowe tekstury: twardość, adhezyjność, kleistość, kohezyjność, sprężystość. Kleistość według definicji podanej przez producenta teksturometru oznacza odległość na jaką żywność była odciągana od powierzchni, z którą miała kontakt. Ocenę sensoryczną metodą profilowania przeprowadził przeszkolony 9-osobowy zespół. Oceniano próbki w skali 9-stopniowej ze skalą liniową ustrukturowaną i z określeniami brzegowymi: lewy koniec skali oznaczał cechę najmniej wyczuwalną, najmniej charakterystyczną, a prawy – cechę najintensywniejszą, najbardziej charakterystyczną [3]. Oceniano konsystencję, smak mleczno-kremowy, smak kwaśny, smak i zapach obcy, zapach kwaśny. Barwę jogurtów mierzono instrumentalnie (Chroma

Meter CR-400, Konica Minolta, Japonia) w systemie CIE LAB ($L^*a^*b^*$) po 24 h chłodniczego ich przechowywania, według standardu CIE DS 014-4.3/E:2007 [7], illuminant C,D₆₅, system oświetlenia/pomiaru d:0 (oświetlenie rozproszone/kąt pomiaru 0).

Doświadczenie powtórzono trzykrotnie, a każdy parametr oznaczano pięciokrotnie. Obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe analizowanych wyróżników oraz współczynniki korelacji prostoliniowej (r) w programie Statistica v. 10. Wykonano analizę wariancji ANOVA dotyczącą wpływu dawki magnezu i czasu przechowywania na badane zmienne. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi grup szacowano testem Tukeya przy $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wpływ wzbogacania mleka diglicynianem magnezu na wartości pH i kwasowość ogólną po repasteryzacji mleka przedstawiono na rys. 1. Fortyfikacja mleka coraz większymi dawkami magnezu powodowała podwyższanie wartości pH i systematyczne obniżanie jego kwasowości miareczkowej. Mleko uzyskiwało odczyn obojętny, a nawet zasadowy – przy dużych dawkach wzbogacających. Zdolność diglicynianu do zobojętniania mleka można wykorzystać w celu zwiększania dawek wzbogacających przy udziale innych związków, które w większości nadają mleku odczyn kwaśny. Właściwe proporcje np. pomiędzy zasadowym diglicynianem magnezu a zwiększającą kwasowość np. D-glukonianem magnezu mogą skutkować pożądanym zwiększeniem ilości wprowadzanego pierwiastka [26].



Rys. 1. Wpływ zastosowanej dawki magnezu na pH i kwasowość ogólną [°SH] mleka po pasteryzacji
Fig 1. Impact of applied dose of magnesium on pH and total acidity [°SH] of milk after pasteurization

W przeprowadzonym doświadczeniu najwyższa dawka wzbogacająca, tj. 30 mg magnezu w 100 g mleka, nie powodowała koagulacji białek mleka podczas obróbki termicznej (72 °C przez 15 s).

Uzyskane wyniki pomiarów pH, kwasowości miareczkowej i synerozy w jogurtach podczas 21-dniowego przechowywania przedstawiono w tab. 1. W pierwszym dniu oceny pH było wyższe w jogurtach fortyfikowanych 20 mg Mg/100 g i dawkami większymi w porównaniu z jogurtami kontrolnymi i wzbogaconymi mniejszymi dawkami tego pierwiastka (5, 10 i 15 mg/100 g), jednak stwierdzone różnice nie były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). W kolejnych terminach oznaczeń wpływ dawki magnezu na pH jogurtów okazał się również nieistotny. Współczynnik korelacji pomiędzy dawką wzbogacającą i pH wyniósł tylko $r = 0,30$. Ważnym czynnikiem wpływającym na kwasowość czynną jogurtów okazał się czas przechowywania, gdyż pH jogurtów wraz z wydłużaniem czasu przechowywania systematycznie malało, a wykazane różnice były istotne ($p \leq 0,05$). Zależność tę potwierdził współczynnik korelacji $r = -0,83$ ($p \leq 0,05$) pomiędzy czasem przechowywania i pH.

Na ogół zwiększenie zawartości magnezu w jogurcie powodowało obniżenie jego kwasowości miareczkowej, a wykazane różnice pod względem kwasowości ogólnej pomiędzy jogurtami kontrolnymi i fortyfikowanymi 30 mg magnezu były istotne ($p \leq 0,05$) w 14. dniu przechowywania. Współczynnik korelacji określający zależność pomiędzy dawką magnezu wzbogacającą jogurty i kwasowością miareczkową wyniósł $r = -0,61$ ($p \leq 0,05$). W 14. dniu przechowywania oznaczono również istotnie ($p \leq 0,05$) niższą kwasowość w jogurtach fortyfikowanych magnezem w ilości 20, 25 i 30 mg w porównaniu z kwasowością jogurtów kontrolnych. W 21. dniu przechowywania kwasowość miareczkowa jogurtów, niezależnie od poziomu fortyfikacji, była niższa w porównaniu z kwasowością oznaczoną w 7. i 14. dniu przechowywania.

Wraz z wydłużaniem czasu chłodniczego przechowywania badane jogurty charakteryzowały się coraz mniejszym wyciekaniem serwatki ($r = -0,71$, $p \leq 0,05$). Na wielkość synerozy wpływ miała również zastosowana dawka magnezu. W 21. dniu badań próbki jogurtów wzbogacone w 30 mg magnezu charakteryzowały się o 3,93 % mniejszym wyciekaniem serwatki w porównaniu z próbkami kontrolnymi.

Baranowska i wsp. [2] wykazali różną podatność jogurtu o zawartości 14,00 % s.m. na synerozę w zależności od metody jego produkcji: tradycyjną – 8,30 %, a przyspieszoną – 5,00 %. Przy zawartości 16,00 % s.m. jogurtu wartości te wynosiły odpowiednio: 6,90 i 1,70 %. W badaniach tych w czasie przechowywania stwierdzono zwiększenie podatności jogurtów na podciek serwatki. W 14. dniu przechowywania synerozę w jogurtach (14,00 % s.m.) produkowanych metodą tradycyjną wynosiła 16,30 i 12,70 % w jogurtach o zawartości suchej masy do 16,00 %. W jogurtach produkowanych metodą przyspieszoną synerozę po przechowywaniu wynosiła odpowiednio: 13,30 i 6,30 %.

Tabela 1. Wyniki pomiarów pH, kwasowości ogólnej, barwy i synerazy determinowane wielkością dodatku magnezu do mleka, podczas przechowywania
 Table 1. Results of measuring pH, total acidity, colour, and syneresis of yoghurts as determined by the dose of magnesium added to milk, during cold storage

Właściwości Characteristics	Dzień przechowywania Day of storage	Dodatek magnezu [mg magnezu w 100 g mleka] Dose of magnesium added [mg of magnesium in 100 g of milk]							
		0	5	10	15	20	25	30	
pH	1.	4,63 ^{Aa} ± 0,14	4,63 ^{Aa} ± 0,12	4,62 ^{Aa} ± 0,10	4,64 ^{Aa} ± 0,13	4,71 ^{Aa} ± 0,16	4,75 ^{Aa} ± 0,19	4,75 ^{Aa} ± 0,12	
	7.	4,48 ^{Aa} ± 0,15	4,49 ^{Aa} ± 0,14	4,50 ^{Aa} ± 0,10	4,50 ^{Aa} ± 0,12	4,51 ^{Aa} ± 0,10	4,54 ^{Aa} ± 0,06	4,53 ^{Aa} ± 0,09	
	14.	4,42 ^{Aa} ± 0,12	4,46 ^{Aa} ± 0,07	4,46 ^{Aa} ± 0,07	4,47 ^{Aa} ± 0,07	4,51 ^{Aa} ± 0,06	4,51 ^{Aa} ± 0,04	4,51 ^{Aa} ± 0,05	
	21.	4,37 ^{Aa} ± 0,17	4,37 ^{Aa} ± 0,16	4,38 ^{Aa} ± 0,14	4,35 ^{Aa} ± 0,14	4,38 ^{Aa} ± 0,15	4,39 ^{Aa} ± 0,14	4,39 ^{Aa} ± 0,17	
Kwasowość ogólna Total acidity [°SH]	1.	36,18 ^{Aa} ± 2,58	35,87 ^{Aa} ± 1,08	34,60 ^{ABab} ± 1,50	34,66 ^{ABab} ± 1,31	32,95 ^{ABab} ± 2,18	32,22 ^{ABb} ± 2,55	31,19 ^{Bb} ± 2,15	
	7.	41,58 ^{Aa} ± 2,32	41,66 ^{Aa} ± 1,20	41,50 ^{Aa} ± 0,97	40,80 ^{Aa} ± 1,20	37,50 ^{Bb} ± 0,98	36,70 ^{Bb} ± 1,09	36,02 ^{Bb} ± 1,48	
	14.	42,76 ^{Aa} ± 2,88	40,74 ^{ABab} ± 2,18	41,78 ^{ABab} ± 0,97	40,14 ^{ABab} ± 0,53	38,86 ^{Ab} ± 1,87	37,46 ^{Bb} ± 1,28	37,54 ^{Bb} ± 0,65	
	21.	37,06 ^{Aa} ± 0,66	36,38 ^{Aa} ± 0,54	36,72 ^{Aa} ± 0,86	37,36 ^{Aa} ± 1,49	37,34 ^{Aa} ± 0,63	36,20 ^{Aa} ± 1,61	37,18 ^{Aa} ± 1,12	
Syneraza Syneresis [%]	1.	39,29 ^{Aa} ± 0,29	39,48 ^{Aa} ± 0,55	38,02 ^{Aa} ± 0,17	38,90 ^{Aa} ± 0,09	39,19 ^{Aa} ± 2,20	49,64 ^{Aa} ± 0,24	38,96 ^{Aa} ± 0,22	
	7.	39,42 ^{Aa} ± 1,14	38,04 ^{Aa} ± 0,70	39,07 ^{Aa} ± 0,41	37,03 ^{Aa} ± 0,29	37,62 ^{Aa} ± 0,78	37,24 ^{Aa} ± 0,39	38,94 ^{Aa} ± 0,45	
	14.	37,34 ^{Ab} ± 0,28	37,43 ^{Ab} ± 0,45	37,95 ^{Ab} ± 0,13	38,58 ^{Ab} ± 0,21	39,07 ^{Aa} ± 1,32	36,25 ^{Ab} ± 0,74	37,08 ^{Ab} ± 0,55	
	21.	37,87 ^{Aa} ± 1,02	36,66 ^{ABab} ± 0,07	35,83 ^{ABab} ± 0,77	36,45 ^{ABab} ± 1,06	36,57 ^{ABab} ± 0,25	35,57 ^{ABab} ± 0,43	33,94 ^{Bb} ± 0,51	
L*	98,47 ^a ± 1,28	97,83 ^a ± 1,36	96,60 ^a ± 1,03	96,54 ^a ± 1,40	95,99 ^a ± 1,45	95,99 ^a ± 1,04	95,82 ^a ± 0,56		
a*	-4,33 ^a ± 0,13	-4,32 ^a ± 0,03	-4,30 ^a ± 0,05	-4,20 ^b ± 0,08	-4,05 ^b ± 0,08	-4,04 ^b ± 0,03	-4,04 ^b ± 0,16		
b*	14,71 ^a ± 0,34	14,56 ^a ± 0,29	14,41 ^{ab} ± 0,11	14,37 ^{ab} ± 0,30	14,33 ^b ± 0,18	14,40 ^{ab} ± 0,17	14,41 ^{ab} ± 0,11		

Objasnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations.

A, B – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in lines and denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Wyniki oceny sensorycznej jogurtów determinowane wielkością dodatku magnezu do mleka, podczas przechowywania [pkt]
 Table 2. Results of sensory assessment of yoghurts as determined by the dose of magnesium added to milk, during cold storage [points]

Cecha Feature	Dzień przechowywania Day of storage	Dodatek magnezu [mg magnezu w 100 g mleka] Dose of magnesium added [mg of magnesium in 100 g of milk]						
		0	5	10	15	20	25	30
Konsystencja Consistency	1.	9,00 ^{Aa} ± 0,00	8,40 ^{Aa} ± 0,55	8,40 ^{Aa} ± 0,89	8,20 ^{Aa} ± 0,84	8,20 ^{Aa} ± 0,55	8,20 ^{Aa} ± 0,71	8,20 ^{Aa} ± 0,84
	7.	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00
	14.	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00	9,00 ^{Aa} ± 0,00
	21.	8,80 ^{Aa} ± 0,45	8,60 ^{Aa} ± 0,89	8,60 ^{Aa} ± 0,89	8,60 ^{Aa} ± 0,89	8,60 ^{Aa} ± 0,89	8,60 ^{Aa} ± 0,89	8,60 ^{Aa} ± 0,89
Smak mleczno- kremowy Milky-creamy taste	1.	5,40 ^{Aa} ± 0,75	5,40 ^{Aa} ± 0,35	5,40 ^{Aa} ± 1,02	5,80 ^{Aa} ± 1,08	5,40 ^{Aa} ± 0,41	5,40 ^{Aa} ± 1,02	5,20 ^{Aa} ± 0,30
	7.	5,50 ^{Aa} ± 0,72	5,55 ^{Aa} ± 0,50	5,60 ^{Aa} ± 0,74	5,65 ^{Aa} ± 0,50	6,00 ^{Ab} ± 0,20	6,00 ^{Ab} ± 0,22	6,55 ^{Ab} ± 0,27
	14.	5,50 ^{Aa} ± 0,12	5,50 ^{Aa} ± 0,12	5,50 ^{Aa} ± 0,50	5,50 ^{Aa} ± 0,47	6,00 ^{Aa} ± 0,10	6,50 ^{Aa} ± 0,29	6,75 ^{Aa} ± 0,92
	21.	4,80 ^{Aa} ± 0,25	5,20 ^{Aa} ± 0,68	5,20 ^{Aa} ± 0,17	5,20 ^{Aa} ± 0,59	5,20 ^{Aa} ± 0,59	5,20 ^{Aa} ± 0,11	5,20 ^{Aa} ± 0,87
Smak kwaśny Sour taste	1.	5,60 ^{Aa} ± 0,84	5,20 ^{Aa} ± 0,89	5,00 ^{Aa} ± 1,00	5,20 ^{Aa} ± 0,84	5,00 ^{Aa} ± 0,71	5,00 ^{Aa} ± 1,22	4,80 ^{Aa} ± 1,30
	7.	5,75 ^{Aa} ± 0,76	5,10 ^{Aa} ± 0,12	4,50 ^{Ab} ± 1,12	4,50 ^{Ab} ± 0,87	4,50 ^{Ab} ± 0,87	4,25 ^{Ab} ± 0,90	4,25 ^{Bb} ± 0,71
	14.	5,50 ^{Aa} ± 0,71	5,00 ^{Aa} ± 1,00	4,75 ^{Aa} ± 0,83	4,75 ^{Aa} ± 0,43	4,75 ^{Aa} ± 0,43	4,50 ^{Aa} ± 1,12	4,25 ^{Ba} ± 0,83
	21.	6,00 ^{Aa} ± 1,92	5,80 ^{Aa} ± 1,11	5,80 ^{Aa} ± 1,18	5,80 ^{Aa} ± 0,17	5,80 ^{Ba} ± 0,17	5,60 ^{Ba} ± 1,18	5,60 ^{Aa} ± 1,51
Smak i zapach obcy Foreign taste and smell	1.	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00
	7.	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00
	14.	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00
	21.	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00	1,00 ^{Aa} ± 0,00
Zapach kwaśny Sour smell	1.	4,20 ^{Aa} ± 0,64	3,60 ^{Aa} ± 0,14	3,60 ^{Aa} ± 0,55	4,20 ^{Aa} ± 0,84	4,20 ^{Aa} ± 0,84	4,60 ^{Aa} ± 0,14	4,00 ^{Aa} ± 0,71
	7.	4,00 ^{Aa} ± 0,50	4,00 ^{Aa} ± 0,50	4,00 ^{Aa} ± 0,50	4,00 ^{Aa} ± 0,00	4,00 ^{Aa} ± 0,00	3,50 ^{Ba} ± 0,50	3,00 ^{Ba} ± 0,00
	14.	4,20 ^{Aa} ± 0,87	4,00 ^{Aa} ± 0,30	4,00 ^{Aa} ± 0,87	3,80 ^{Aa} ± 0,12	3,80 ^{Aa} ± 0,71	3,50 ^{Ba} ± 0,43	3,00 ^{Ba} ± 0,71
	21.	4,80 ^{Ba} ± 0,79	3,80 ^{Aa} ± 0,39	3,80 ^{Aa} ± 0,39	3,80 ^{Aa} ± 0,39	3,80 ^{Aa} ± 0,79	3,55 ^{Ba} ± 0,39	3,00 ^{Ba} ± 0,70

Objasnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Tabela 3. Wyniki pomiarów teksturometrycznych jogurtów determinowane wielkością dodatku magnezu do mleka, podczas przechowywania
 Table 3. Measurement results of texture parameters of yoghurts as determined by the dose of magnesium added to milk, during the cold storage

Wyróżnik Parameter	Dzień przechowywania Day of storage	Dodatek magnezu [mg magnezu w 100 g mleka] The dose of magnesium enrichment [mg magnesium for 100 g of milk]						
		0	5	10	15	20	25	30
Twardość Hardness [N]	1.	2,89 ^{Aa} ± 0,61	3,00 ^{Aa} ± 0,69	2,92 ^{Aa} ± 0,64	2,78 ^{Aa} ± 0,49	2,74 ^{Aa} ± 0,50	2,72 ^{Aa} ± 0,59	2,70 ^{Aa} ± 0,52
	7.	3,09 ^{Aa} ± 0,70	3,06 ^{Aa} ± 0,64	3,02 ^{Aa} ± 0,72	2,97 ^{Aa} ± 0,59	2,99 ^{Aa} ± 0,57	2,95 ^{Aa} ± 0,64	2,78 ^{Aa} ± 0,56
	14.	3,22 ^{Aa} ± 0,78	3,28 ^{Aa} ± 0,79	3,26 ^{Aa} ± 0,67	3,18 ^{Aa} ± 0,82	3,20 ^{Aa} ± 0,62	3,05 ^{Aa} ± 0,63	3,19 ^{Aa} ± 0,69
	21.	3,26 ^{Aa} ± 0,78	3,25 ^{Aa} ± 0,85	3,32 ^{Aa} ± 0,70	3,05 ^{Aa} ± 0,67	3,09 ^{Aa} ± 0,63	3,19 ^{Aa} ± 0,70	3,10 ^{Aa} ± 0,80
Adhezyjność Adhesiveness [mJ]	1.	9,86 ^{Aa} ± 2,75	9,56 ^{Aa} ± 2,21	8,96 ^{Aab} ± 1,75	8,85 ^{Aab} ± 0,93	9,84 ^{Aa} ± 1,35	9,06 ^{Aa} ± 3,22	4,54 ^{Ab} ± 1,70
	7.	5,96 ^{Ba} ± 1,55	9,04 ^{Bb} ± 0,68	9,22 ^{Ab} ± 1,85	8,60 ^{Ab} ± 1,40	8,72 ^{Ab} ± 1,41	7,64 ^{Bb} ± 1,34	6,44 ^{Bb} ± 1,34
	14.	8,14 ^{Aa} ± 1,73	9,70 ^{Bb} ± 1,17	9,62 ^{Ab} ± 1,91	9,52 ^{Ab} ± 1,33	9,32 ^{Ab} ± 1,59	7,94 ^{Ba} ± 1,30	7,86 ^{Ba} ± 1,07
	21.	9,18 ^{Aa} ± 1,70	9,28 ^{Ba} ± 0,77	9,66 ^{Aa} ± 0,98	9,14 ^{Aa} ± 0,20	8,74 ^{ABa} ± 0,51	7,80 ^{Bb} ± 0,41	5,46 ^{Bb} ± 0,86
Kleistość Stringiness length [mm]	1.	12,69 ^{Aa} ± 0,77	10,46 ^{Aa} ± 0,59	8,97 ^{Ab} ± 0,82	9,70 ^{Ab} ± 0,34	8,88 ^{Ac} ± 0,16	5,50 ^{Ad} ± 0,12	5,11 ^{Ad} ± 0,20
	7.	7,97 ^{Ba} ± 1,57	8,17 ^{Ba} ± 1,89	6,16 ^{Bab} ± 1,45	5,51 ^{Bb} ± 1,92	3,44 ^{Ab} ± 0,67	5,33 ^{Ab} ± 0,86	5,28 ^{Ab} ± 1,17
	14.	7,40 ^{Ba} ± 1,18	4,88 ^{Cb} ± 0,54	5,25 ^{Bb} ± 1,12	5,50 ^{Bb} ± 2,78	4,91 ^{Bb} ± 1,79	5,94 ^{Ac} ± 2,06	5,48 ^{Ac} ± 1,90
	21.	7,64 ^{Ba} ± 0,94	4,85 ^{Ca} ± 0,80	6,06 ^{Ba} ± 2,28	6,42 ^{Ba} ± 0,74	7,44 ^{Ba} ± 2,25	5,30 ^{Ab} ± 1,20	4,06 ^{Ac} ± 0,80
Kohezyjność Cohesiveness	1.	0,41 ^{Aa} ± 0,01	0,40 ^{Aa} ± 0,04	0,40 ^{Aa} ± 0,01	0,41 ^{Aa} ± 0,03	0,41 ^{Aa} ± 0,01	0,40 ^{Aa} ± 0,05	0,36 ^{Aa} ± 0,05
	7.	0,37 ^{Aa} ± 0,08	0,40 ^{Aa} ± 0,02	0,31 ^{Aa} ± 0,18	0,40 ^{Aa} ± 0,04	0,41 ^{Aa} ± 0,02	0,39 ^{Aa} ± 0,06	0,37 ^{Aa} ± 0,02
	14.	0,40 ^{Aa} ± 0,03	0,43 ^{Aa} ± 0,04	0,44 ^{Aa} ± 0,07	0,37 ^{Aa} ± 0,05	0,34 ^{Aa} ± 0,19	0,39 ^{Aa} ± 0,06	0,32 ^{Aa} ± 0,18
	21.	0,41 ^{Aa} ± 0,08	0,41 ^{Aa} ± 0,03	0,40 ^{Aa} ± 0,03	0,41 ^{Aa} ± 0,03	0,41 ^{Aa} ± 0,02	0,40 ^{Aa} ± 0,03	0,35 ^{Aa} ± 0,06
Sprężystość Springiness [mm]	1.	14,63 ^{Aa} ± 0,23	14,07 ^{ABa} ± 0,40	13,97 ^{Aa} ± 0,84	14,39 ^{Aa} ± 0,22	13,67 ^{Aa} ± 0,60	13,53 ^{Aa} ± 0,19	11,25 ^{Ab} ± 0,62
	7.	14,34 ^{Aa} ± 1,34	13,81 ^{Ba} ± 0,70	13,97 ^{Aa} ± 0,62	13,64 ^{Aa} ± 1,01	14,47 ^{Aa} ± 0,45	14,62 ^{Ba} ± 1,55	12,01 ^{Aa} ± 1,94
	14.	14,83 ^{Aa} ± 1,66	14,80 ^{Aa} ± 0,80	15,66 ^{Aa} ± 1,40	15,29 ^{Aa} ± 1,94	15,20 ^{Aa} ± 1,04	14,74 ^{Ba} ± 0,96	14,90 ^{Ba} ± 1,22
	21.	14,73 ^{Aa} ± 1,22	14,29 ^{ABa} ± 0,74	14,32 ^{Aa} ± 0,46	14,19 ^{Ab} ± 0,16	14,18 ^{Ab} ± 0,58	13,65 ^{ABa} ± 0,99	14,13 ^{Ba} ± 1,19

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Różnice barwy jogurtów mogą być zauważalne przez konsumenta, przez co mogą stanowić jedno z kryteriów sensorycznej oceny jakości i wyboru jogurtów [22]. Parametr L^* określający jasność w badanych próbkach jogurtów oznaczono w przedziale wartości od 98,47 (jogurty niefortyfikowane) do 95,82 (jogurty wzbogacone 30 mg Mg). Składowe barwy jogurtów przyjmowały wartości ujemne a^* (bardziej zielone niż czerwone) oraz dodatnie b^* (bardziej żółte niż niebieskie) we wszystkich jogurtach niezależnie od ilości wprowadzonego magnezu. Stwierdzono istotną korelację ($r = 0,66$, $p \leq 0,05$) pomiędzy ilością wprowadzonego magnezu i składową barwą a^* .

Rój i Przybyłowski [22] przeprowadzili doświadczenie obejmujące pomiar barwy jogurtów naturalnych i uzyskali wartości z zakresów: parametr L^* – $87,00 \div 92,58$, parametr a^* – $-3,49 \div -4,82$ oraz parametr b^* – $7,18 \div 10,08$. W badaniach własnych stwierdzono wyższą wartość parametru L^* (większą jasność) zarówno jogurtów niewzbogaconych, jak i wzbogaconych diglicynianem. Wyższe wartości parametru b^* świadczą o większym nasyceniu jogurtów odcieniem żółtym. Natomiast ujemne wartości parametru a^* informujące o większym udziale barwy zielonej niż czerwonej są porównywalne z wynikami Roja i Przybyłowskiego [22].

W opinii zespołu oceniającego w jogurtach fortyfikowanych magnezem nie stwierdzono obcego smaku i zapachu. Zarówno jogurty kontrolne, jak i wzbogacone w magnez charakteryzowały się właściwą, gładką konsystencją i intensywnym smakiem mleczno-kremowym. Intensywność smaku kwaśnego jogurtów w 21. dniu przechowywania wzrosła o $0,4 \div 0,8$ pkt w porównaniu z 1. dniem badań. Stwierdzono istotną korelację pomiędzy intensywnością smaku kwaśnego jogurtów a czasem przechowywania ($r = 0,71$, $p \leq 0,05$). W jogurtach niefortyfikowanych w 21. dniu przechowywania pogorszeniu uległy: konsystencja i smak mleczno-kremowy. Wraz ze wzrostem dawki magnezu w jogurtach zmniejszała się jednak intensywność smaku i zapachu kwaśnego na korzyść zwiększenia odczucia smaku mleczno-kremowego (tab. 2). Wichrowska i Wojdyła [24] stwierdzili również, że wraz ze wzrostem czasu przechowywania jogurtów w warunkach chłodniczych istotnie pogarsza się konsystencja i wygląd, a w mniejszym stopniu barwa, smak i zapach.

W tab. 3. zamieszczono wyniki oznaczeń profilu teksturometrycznego jogurtów w zależności od ilości wprowadzonego magnezu. Na twardość i kohezję jogurtów w 21. dniu przechowywania chłodniczego nie wpłynęła istotnie ilość wprowadzonego magnezu w postaci diglicynianu. Twardość badanych jogurtów mieściła się w przedziale $2,70 \div 3,32$ N, a kohezja – $0,32 \div 0,44$. Jak podają Nastaj i Gustaw [19], wyniki twardości skrzepów mogą być znacznie niższe, np. $0,23$ N lub kilkakrotnie wyższe, tj. $10,08$ N [11]. Rozbieżność w przytoczonych badaniach twardości spowodowana była zastosowaniem różnych dawek prebiotyków oraz ich mieszanin np. jedni autorzy podają, że po dodaniu inuliny żel jogurtowy był słabszy, a inni – że twardość skrzepu jogurtowego wzrastała [5, 14]. Ponadto dodatek odtłuszczonego mleka

w proszku, białek serwatkowych i substancji stabilizujących zwiększa twardość jogurtów [17]. Analizowane jogurty niefortyfikowane charakteryzowały się istotnie wyższą kleistością i adhezyjnością w każdym terminie badań oraz większą sprężystością w 1., 7. i 21. dniu oznaczeń w porównaniu z napojami kontrolnymi.

Wnioski

1. Wzbogacanie mleka przeznaczonego do produkcji jogurtów diglicynianem magnezu nie zmienia istotnie ($p \leq 0,05$) cech sensorycznych, a dodatkowo zapobiega zjawisku przekwaszania, które często występuje wraz z wydłużaniem czasu przechowywania.
2. Zwiększenie zawartości magnezu (nawet o 30 mg w 100 g) w postaci diglicynianu magnezu w jogurtach jest możliwe przed procesem pasteryzacji mleka przerobowego.
3. Dodatek diglicynianu magnezu w jogurtach nie powoduje istotnego ($p \leq 0,05$) pociemnienia produktu.
4. Dodatek diglicynianu magnezu w jogurtach zmienia istotnie ($p \leq 0,05$) adhezyjność jogurtów, natomiast nie wpływa na twardość i kohezyjność tych napojów podczas 21 dni przechowywania.

Autorzy publikacji dziękują OLIMP LABORATORIES Sp. z o.o. z Nagawczyny za wsparcie udzielone podczas prowadzenia badań.

Literatura

- [1] Banczerz B., Duś-Żuchowska M., Cichy W., Matusiewicz H.: Wpływ magnezu na zdrowie człowieka. *Przegl. Gastroenterol.*, 2012, **7** (6), 359-366.
- [2] Baranowska M., Żbikowska A., Żbikowski Z.: Porównanie cech jakościowych bio-jogurtu produkowanego metodą przyspieszoną i tradycyjną. *Inż. Ap. Chem.*, 2009, **48** (2), 23-24.
- [3] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania.* Wyd. II. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2014.
- [4] Błach J., Nowacki W., Mazur A.: Wpływ magnezu na reakcje alergiczne skóry. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2007, **61**, 548-554.
- [5] Bozanic R., Rogelj I., Tratnik L.: Fermentation and storage of probiotic yogurt from goat milk. *Mlijekarstvo*, 2002, **52** (2), 93-111.
- [6] Bułhak-Jachymczyk B., Jarosz M.: *Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych.* Wprowadzenie. Red. M. Jarosz, B. Bułhak-Jachymczyk. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2008, ss. 15-31.
- [7] CIE DS 014-4.3/E:2007. *Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour Space.*
- [8] Coudray C., Rambeau M., Feillet-Coudray C., Gueux E., Tressol J.C., Mazur A., Rayssiguier Y.: Study of magnesium bioavailability from ten organic and inorganic Mg salts in Mg- depleted rats using a stable isotope approach. *Magnes. Res.*, 2005, **18** (4), 215-223.
- [9] Gahrue H.H., Eskandari M.H., Mesbahi G., Hanifpour M.A.: Scientific and technical aspect of yogurt fortification: A review. *Food Sci. Human Wellness*, 2015, **4**, 1-8.

- [10] Gerhart M., Schottenheimer M.: Mineral fortification in dairy. Wellness Foods, Nuremberg, Germany, 2013.
- [11] Hanif M.S., Zahoor T., Iqbal Z., Ihsan-ul-haq, Arif A.M.: Effect of storage on the rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. Pakistan J. Food Sci., 2012, **22** (2), 61-70.
- [12] Hartle J.: Bonds important for amino acid chelates. Feedstuffs, 2006, **39**, 87.
- [13] Herroeder S., Schönherr M.E., De Hert S., Hollman M.W.: Magnesium – essentials for anesthesiologists. Anesthesiology, 2011, **114** (4), 971-993.
- [14] Ipsen R., Otte J., Lozahic G., Qvist K.B.: Microstructure and viscosity of yoghurt with inulin added as a fat replacer. Ann. Trans. Nord. Rheol. Soc., 2000-2001, (8/9), 59-62.
- [15] Ireland P., Fordtran J.S.: Effect of dietart calcium and age on jejunal calcium absorption in humans studied by intestinal perfusion. J. Clin. Invest., 1973, **52**, 2672-2681.
- [16] Karowicz-Bilińska A., Kotarski J., Nowak-Markwitz E., Poręba R., Spaczyński M., Oszukowski P.: Stanowisko Zespołu Ekspertów Polskiego Towarzystwa Ginekologicznego w zakresie stosowania preparatu *Chela – Mag B6® Mama* w położnictwie i ginekologii. Ginekol. Pol., 2011, **82**, 792-794.
- [17] Kumar P., Mishra H.N.: Mango soy fortified set yoghurt: Effect of stabilizer addition on physico-chemical, sensory and textural properties. Food Chem., 2004, **87** (4), 501-507.
- [18] Lawless H.T., Rapacki F., Horne J., Hayes A.: The taste of calcium and magnesium salts and anionic modifications. Food Qual. Pref., 2003, **14** (4), 319-325.
- [19] Nastaj M., Gustaw W.: Wpływ wybranych prebiotyków na właściwości reologiczne jogurtu stałego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **5** (60), 217-225.
- [20] Rozporządzenie (WE) NR 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie dodawania do żywności witamin i składników mineralnych oraz niektórych innych substancji. Dz. Urz. UE. L.06.404.26.
- [21] Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1170/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. zmieniające dyrektywę 2002/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie (WE) nr 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wykazów witamin i składników mineralnych oraz ich form chemicznych, które można dodawać do żywności, w tym do suplementów żywnościowych. Dz. Urz. UE L 314/36 z dn. 1.12.2009.
- [22] Rój A., Przybyłowski P.: Ocena barwy jogurtów naturalnych. Brom. Chem Toksykol., 2012, **XLV** (3), 813-816
- [23] Szeleszczuk Ł., Kuras M.: Znaczenie wapnia w metabolizmie człowieka i czynniki wpływające na jego biodostępność w diecie. Biul. Wydz. Farm. WUM, 2014, **3**, 16-22.
- [24] Wichrowska D., Wojdyła T.: Ocena sensoryczna i fizykochemiczna wybranych jogurtów naturalnych i ekologicznych. Inż. Ap. Chem., 2014, **53** (6), 421-423.
- [25] Ziarno M., Nowak A., Pluta A.: Możliwość zastosowania soli wapniowych do wzbogacania cottage cheese w wapń. Acta. Sci. Pol. Technol. Aliment, 2004, **3** (1), 103-112.
- [26] Ziarno M., Zaręba D., Piskorz J.: Wzbogacanie maślanki w wapń, magnez oraz białka serwatkowe. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **2** (63), 14-27.
- [27] Ziarno M.: Wzbogacanie mleka spożywczego solami wapnia i magnezu. Przem. Mlecz., 2008, **2**, 4-10.

ASSESSING POSSIBLE APPLICATIONS OF MAGNESIUM AMINO ACID CHELATE TO ENRICH YOGHURT

Summary

Among the magnesium compounds, magnesium bisglycinate, i.e. a magnesium amino acid chelate, is listed in the Regulation of the EC Commission No. 1170/2009. It is composed of glycine and elemental magnesium. The ratio between the metal ions and amino acid ions is 1 : 2. Amino acids are a new group of compounds permitted to be used as dietary supplements for people; therefore, in the available reference

literature there are no results of studies that deal with assessing the possibilities of applying them to fortify milk and milk products. The objective of the paper was to determine the possibility of applying magnesium amino acid chelate (magnesium bisglycinate) to enrich yoghurt. The impact was analyzed of the following magnesium doses added to milk being processed [mg/100 g of milk]: 0 mg (control sample); 5 mg; 10 mg; 15 mg; 20 mg; 25 mg; and 30 mg, on the thermal stability of proteins during pasteurization as well as on the quality of yoghurts during refrigerated storage. Fortifying yogurts with magnesium bisglycinate did not significantly change the sensory characteristics of yoghurts; what's more, it prevented the phenomenon of excessive souring of the yoghurts that often occurred while increasing the time of storing them. It was also proven that it was possible to increase the content of magnesium (even up to 30 mg per 100 g of product) through adding magnesium bisglycinate prior to the process of pasteurization of milk being processed. Enriching yoghurts with magnesium bisglycinate did not cause the product to become significantly darker. The enrichment with magnesium significantly changed the adhesiveness of yoghurts; however, it did not impact the hardness and cohesiveness of those beverages during a 21-day period of storing them.

Key words: yogurt, fortification, magnesium bisglycinate, texture 