

Inż. Krzysztof SIEMIANOWSKI
Prof. dr hab. inż. Jerzy SZPENDOWSKI
Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością
Wydział Nauki o Żywności, UWM w Olsztynie

WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNE A-LAKTOALBUMINY®

W artykule przedstawiono charakterystykę podstawowych właściwości fizyko-chemicznych oraz biologicznych α -laktoalbuminy (α -LA). Omówiono wartość odżywczą tego białka, rolę w syntezie laktozy, właściwości antynowotworowe i antybakteryjne, potencjalną aktywność peptydów pochodzących z jego struktur, jego korzystny wpływ w ochronie przed stresem i chorobami gastrycznymi oraz alergienność. Opisane właściwości biologiczne, w szczególności te prozdrowotne, dają wiele perspektyw wykorzystania α -LA w produkcji żywności funkcjonalnej oraz farmaceutyków.

Słowa kluczowe: mleko, α -laktoalbumina (α -LA), właściwości biologiczne.

WSTĘP

Na przestrzeni ostatnich lat można zaobserwować coraz większe zainteresowanie fizjologicznie czynnymi składnikami, zwłaszcza białkami, peptydami i aminokwasami, obecnymi w żywności, w tym również występującymi w mleku. Postęp w technologii pozwala na uzyskiwanie w skali przemysłowej preparatów tych składników, które mogą być wykorzystywane w produkcji żywności funkcjonalnej oraz jako farmaceutyki [16, 34, 37]. Aktywność biologiczna białek związana jest z obecnością w ich łańcuchach polipeptydowych fragmentów sekwencji aminokwasowych obdarzonych specyficzną aktywnością [9, 22]. Ciekawym przykładem bioaktywnego białka jest α -laktoalbumina (α -LA) zaliczana do białek serwatkowych, a więc tej frakcji białek mleka, które pozostają w roztworze po wytrąceniu kazeiny w jej punkcie izoelektrycznym [6, 8, 13].

Celem artykułu jest charakterystyka właściwości biologicznych α -laktoalbuminy.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA α -LA

W mleku krowim α -LA stanowi 2-5% ogólnej zawartości białek oraz blisko 20% składu frakcji białek serwatkowych, a jej stężenie wynosi 1-1,5 g·L⁻¹ [6, 15, 23].

Wyższą zawartość tego białka stwierdza się w mleku pozyskiwanym od krów żywionych na pastwiskach [18, 19]. α -LA to białko dobrze rozpuszczalne w wodzie, o masie cząsteczkowej ok. 14,2 kDa i punkcie izoelektrycznym znajdującym się w zakresie pH 4,2-4,5 [21, 23, 29]. Jest ono zbudowane ze 123 reszt aminokwasowych, a w jego cząsteczce charakterystyczna jest obecność czterech mostków disiarczkowych, łączących reszty aminokwasowe w pozycjach: 6-120, 28-111, 61-77 i 73-91 [23, 36], które stabilizują jego strukturę trzeciorzędową [7, 11, 29]. Sekwencja aminokwasowa α -LA obecnej w mleku zwierząt jest w 72-76% homologiczna w stosunku do α -LA mleka ludzkiego, a 6% sekwencji charakteryzuje się wysokim podobieństwem chemicznym [6, 15, 36]. Struktura α -LA wykazuje również duże podobieństwo do struktury lizozymu [15, 21]. W mleku krowim zidentyfikowano występowanie 3 wariantów genetycznych α -LA: A, B i C, z których najczęściej spotykane są dwa pierwsze, różniące

się między sobą jednym aminokwasem położonym w pozycji 10 łańcucha polipeptydowego. Aminokwasem tym jest glicyna w przypadku wariantu genetycznego A i arginina w wariantcie B [23, 24]. Widmo dichroizmu kołowego wykazuje, że struktura drugorzędowa α -LA, w fizjologicznym pH, składa się w 26% z formy α -helikalnej, 14% β -harmonijki i 60% postaci nieuporządkowanej [23, 28]. W mleku świeżym α -LA jest obecna w postaci monomeru. Wzrost kwasowości środowiska (poniżej pI α -LA) powoduje szybką odwracalną asocjację cząsteczek, spowodowaną oddziaływaniami hydrofobowymi, i powolną agregację tego białka. W środowisku o kwasowości czynnej z przedziału 6,0-8,5 asocjacja α -LA ma bardziej ograniczony zakres, a przy wartościach pH > 9,5 ma miejsce jej rozfałdowanie [23, 24]. Przez wiele lat uważano α -LA za najbardziej stabilne białko, z pośród białek frakcji serwatkowej, pod względem odporności na działanie wysokiej temperatury [36]. Aktualnie wykazano, że białko to ulega denaturacji w temp. 62-63°C przy pH 6,5, a po ochłodzeniu ma miejsce w blisko 90% jego renaturacja [4].

Wartość odżywcza

α -LA jest białkiem o wysokiej wartości biologicznej, co wynika ze znacznej zawartości w nim aminokwasów egzogennych. Zawartości takich niezbędnych aminokwasów w tym białku, jak izoleucyna, leucyna, lizyna, czy tryptofan przewyższa znacznie ich poziomy we wzorcu FAO/WHO, czy białku jaja kurzego (tab. 1) [12, 13, 15].

α -LA zawiera najwięcej tryptofanu ze wszystkich naturalnych białek występujących w żywności. Spożycie 14,5 g tego białka pokrywa w pełni dzienne zapotrzebowanie człowieka na aminokwasu egzogenne, co jest równoważne ze spożyciem 17,4 g albuminy jaja kurzego lub aż 28,4 g białek mleka [20].

Tabela 1. Procentowa zawartość aminokwasów egzogennych i względnie endogennych w izolacie białek serwatkowych, α -laktoalbuminie bydłowej oraz wzorcach [12, 13]

Aminokwas	Izolat białek serwatkowych (WPI)	α -laktoalbumina bydłowa	Białko jaja kurzego	Wzorzec FAO/WHO (1991)
Izoleucyna	4,7	6,4	5,4	2,8
Leucyna	11,8	10,4	8,6	6,6
Lizyna	9,5	10,9	7,6	5,8
Metionina + cysteina	4,8	6,7	5,7	2,5
Fenylalanina + tyrozyna	6,4	8,8	9,3	6,3
Treonina	4,6	5,0	4,7	3,4
Tryptofan	1,3	5,3	1,7	1,1
Walina	4,7	4,2	6,6	3,5
Suma aminokwasów egzogennych	47,8	57,7	49,6	32,0

AKTYWNOŚĆ BIOLOGICZNA α -LA

Białko to uczestniczy w wielu ważnych procesach biologicznych zachodzących w organizmie. Aktywność α -LA jest utożsamiana z właściwościami całej cząsteczki, jej zdolnością do tworzenia kompleksów, jak również uwalnianiem z jej struktur bioaktywnych peptydów [3, 19, 32]. **Najważniejsze funkcje tego białka to udział w syntezie laktozy, zdolność do wiązania i transportu niektórych jonów metali, właściwości antynowotworowe i antybakteryjne, możliwość uwalniania peptydów o różnym profilu aktywności oraz ochrona przed stresem i chorobami gastrycznymi.**

Udział w biosyntezie laktozy oraz zdolność do wiązania jonów metali

α -LA stanowi jedną z dwóch podjednostek kompleksu enzymatycznego syntazy laktozowej, odpowiedzialnego za katalizowanie ostatniego etapu biosyntezy laktozy z glukozy i galaktozy w gruczołach mlecznych u ssaków, przez co odgrywa bardzo ważną rolę w kontroli laktacji i sekrecji mleka [2, 3, 6, 8, 19, 23, 30, 31].

Inną funkcją tego białka jest zdolność do wiązania i transportu jonów wapnia. Jest ono zdolne również do wiązania jonów magnezu, cynku i kobaltu [3, 15, 24, 36]. Wg wielu autorów [4, 5, 8, 15, 24, 30] związane jony metali, ale przede wszystkim wapnia, działają stabilizująco na strukturę cząsteczki α -LA i zwiększają jej stabilność cieplną. α -LA jest metaloproteiną wiążącą 1 mol wapnia na 1 mol białka [23, 28]. Usunięcie jonu wapnia z jej struktury i środowiska wiąże się z obniżeniem jej stabilności cieplnej oraz zdolności do reaturacji po ochłodzeniu [23, 36].

Właściwości antykancerogenne

Białkom serwatkowym przypisuje się właściwości antyrakowe [3, 6, 17, 25, 26, 27, 32]. Charakteryzują się one znaczną zawartością aminokwasów siarkowych, szczególnie cysteiny, która jest wykorzystywana w biosyntezie glutationu. Ograniczenie rozwoju różnych typów komórek nowotworowych może być konsekwencją wzrostu stężenia glutationu w tkankach [17, 38], który stanowi ochronę organizmu przed stresem oksydacyjnym [15, 17, 25, 26, 27]. Glutation, w reakcji katalizowanej przez peroksydazę glutationową, redukuje toksyczny nadtlenek wodoru oraz wodoronadtlenki lipidowe, powstałe podczas utleniania w organizmie nienasyconych kwasów tłuszczowych, i w ten sposób unieczynnia je [38]. α -LA, jako czynnik antykancerogeny, towarzyszy apoptozie i przekształceniu linii komórek nowotworowych [3, 6, 19, 26]. W efekcie interakcji α -LA z kwasem oleinowym może powstawać kompleks białkowo-lipidowy, nazywany HAMLET/BAMLET (odpowiednio, dla ludzkiej/bydłowej α -LA), który wykazuje silne działanie destrukcyjne w stosunku do komórek nowotworowych. Kompleks ten wykazuje aktywność antynowotworową tylko wtedy, gdy jego część lipidową stanowi izomer 9 cis kwasu oleinowego. Właściwościami antynowotworowymi charakteryzuje się zarówno α -LA pochodzenia ludzkiego, jak i zwierzęcego, ale wykazano, że sama α -LA ma znacznie mniejszą skuteczność antykancerogenną niż jej kompleks z odpowiednią formą kwasu oleinowego [1, 6, 14, 33, 19]. Dzięki tym właściwościom preparaty wymienionego kompleksu mogą być wykorzystywane jako środek wspomagający leczenie i profilaktykę chorób nowotworowych [6, 14, 19].

Źródło bioaktywnych peptydów

α -LA może być źródłem peptydów o wielu korzystnych profilach aktywności. Peptydy te są nieaktywne w układzie rodzimego białka, lecz mogą być uwalniane w przewodzie pokarmowym w czasie trawienia oraz procesach technologicznych na skutek hydrolizy [34, 37]. Po uwolnieniu, ze swoich prekursorów, aktywne peptydy mogą oddziaływać z określonymi receptorami i mieć wpływ na funkcje fizjologiczne [10, 16, 26, 37]. Analizując częstość występowania fragmentów bioaktywnych (A) **można stwierdzić, że łańcuch polipeptydowy α -LA może być źródłem głównie peptydów (tab. 2) o aktywności przeciwnadciśnieniowej (A=0,098), opioidowej, immunomodulacyjnej, antybakteryjnej, inhibitora dipeptydylopeptydazy IV (po A=0,024) oraz w mniejszym stopniu antagonistycznej do opioidowej, liganda permeazy bakteryjnej, regulującej mechanizm fosfoinozytolu i przepływ jonów (po A=0,008) [10].**

α -laktorfina, mająca sekwencję aminokwasową: YGLF, jest obecnie najlepiej poznanym bioaktywnym peptydem pochodzącym ze struktur α -LA. **Działanie tego peptydu polega na uśmierzaniu bólu lub hamowaniu jego występowania przez pobudzenie receptora opioidowego i jest zbliżone do działania morfiny. α -laktorfina może również powodować obniżenie ciśnienia krwi, gdyż pełni funkcję inhibitora ACE (angiotensin converting enzyme) [6, 19, 35, 37]. Enzym (ACE) przekształca hormon – angiotensynę z formy prohormonu w formę aktywną, która powodując skurcz naczyń krwionośnych podnosi ciśnienie, przez co jest bardzo ważnym czynnikiem w regulacji ciśnienia krwi w ustroju [3].**

Tabela 2. Profil potencjalnej aktywności biologicznej α -laktoalbuminy (wariant genetyczny B) mleka krowiego [10]

Rodzaj aktywności	Sekwencja aminokwasowa oraz położenie peptydu w łańcuchu polipeptydowym
Przeciwnadciśnieniowa (A=0,098)	⁸ VF ⁹ , ¹⁰² YW ¹⁰³ , ¹⁰⁴ LAHKAL ¹⁰⁹ , ¹⁷ GY ¹⁸ , ³⁴ GY ³⁵ , ⁵¹ LF ⁵² , ⁴⁹ YGL ⁵¹ , ¹⁸ YG ¹⁹ , ⁴⁹ YG ⁵⁰ , ⁴⁹ YGLF ⁵² , ¹⁰³ WLAHK ¹⁰⁷ , ⁹⁸ VGINYWLAHK ¹⁰⁷
Immunomodulacyjna (A=0,024)	¹⁸ YGG ²⁰ , ¹⁸ YG ¹⁹ , ⁴⁹ YG ⁵⁰
Opioidowa (A=0,024)	¹⁸ YG ¹⁹ , ⁴⁹ YG ⁵⁰ , ⁵⁰ GLF ⁵²
Antagonistyczna do opioidowej (A=0,008)	⁴⁹ YGLF ⁵²
Antybakteryjna (A=0,024)	¹ EQLTK ⁵ , ⁷⁴ ISCDKF ⁷⁹ , ¹⁰⁸ ALC-SEK ¹¹³
Ligand permeazy bakteryjnej (A=0,008)	⁹² KK ⁹³
Regulująca mechanizm fosfoinozytolu (A=0,008)	⁵⁰ GLF ⁵²
Regulująca przepływ jonów (A=0,008)	⁴⁸ DY ⁴⁹
Inhibitor dipeptydylo-peptydazy IV (A=0,024)	²³ LP ²⁴ , ¹⁰⁴ LA ¹⁰⁵ , ¹⁰⁷ KA ¹⁰⁸

Aktywność antybakteryjna i immunoregulacyjna

Białko to wykazuje również właściwości antybakteryjne. W badaniach klinicznych wykazano, że odżywki dla niemowląt wzbogacone w α -LA charakteryzowały się aktywnością przeciwko enteropatogennym szczepom *E. coli* O127 oraz wpływały na zmniejszenie liczby przypadków występowania biegunki. Efekt ten prawdopodobnie wiąże się z uwalnianiem podczas trawienia α -LA peptydów o aktywności antybakteryjnej [6, 19]. Stwierdzono, że w wyniku działania trypsyną oraz chymotrypsyną na α -LA mogą być uwalniane z jej struktury peptydy antybakteryjne, które wykazują silniejszą aktywność względem bakterii Gram-dodatnich, niż w stosunku do bakterii Gram-ujemnych [6]. Wg Shaha [31] peptydy immunomodulacyjne uwalniane z α -LA mogą wykazywać silną aktywność przeciwko *Klebsiella pneumoniae*. Częsteczką α -LA może być również źródłem peptydów o aktywności immunoregulacyjnej (IMR). Peptydy tego typu oddziałują na blastogenezę limfocytów i ich różnicowanie się. Funkcja ta jest szczególnie ważna podczas rozwijającego się zapalenia gruczołu mlekowego. Potencjalne działanie peptydów pochodzących z białek mleka w dużym stopniu uzależnione jest od ich zdolności do osiągania miejsc docelowych oraz unikania przy tym dalszej degradacji i inaktywacji na skutek działania peptydaz jelitowych lub z osocza [3].

Ochrona przed chorobami gastrycznymi i stresem

Wyniki badań na zwierzętach wykazały, że α -LA może chronić organizm przed chorobami przewodu pokarmowego powodowanymi przez stres lub spożywanie alkoholu, takimi, jak np. wrzody żołądka. Efekt ten uzyskano przy dawce α -LA rzędu 200 mg·kg⁻¹. Rola tego białka, w tym przypadku, wiąże się ze zwiększeniem poziomu prostaglandyn (PGE₂),

które charakteryzują się działaniem ochronnym w stosunku do śluzówki żołądka poprzez stymulowanie wydzielania śluzu oraz hamowanie wytwarzania kwasu [6, 19, 37].

Zwiększenie podaży α -LA w diecie może korzystnie wpływać na zdolność organizmu do radzenia sobie ze stresem. Wynika to z bardzo dużej zawartości w cząsteczce tego białka tryptofanu, który jest prekursorem serotoniny, zaliczanej do neurohormonów. Zwiększone stężenie serotoniny w mózgu poprawia nastrój, zdolności poznawcze, pokonywanie sytuacji stresowych, obniża uczucie lęku oraz ułatwia zasypianie osób dorosłych cierpiących na zaburzenia snu [6, 19, 38]. Tryptofan może być również wykorzystywany w ustroju jako substrat do syntezy niacyny (witaminy PP), która jest niezbędna do wytwarzania hormonów płciowych, prawidłowego funkcjonowania mózgu oraz obwodowego układu nerwowego [13, 20].

ALERGENNOŚĆ α -LA

Obok wielu pozytywnych efektów biologicznych, α -LA, podobnie jak inne białka mleka, może być przyczyną alergii u osób wrażliwych na to białko [6, 28, 36]. Alergia pokarmowa jest niepożądaną reakcją organizmu na spożyty pokarm u podstaw której leżą mechanizmy immunologiczne [24, 38]. Właściwości alergenne α -LA mają istotne znaczenie kliniczne, co wynika z obecności w jej strukturze 4 epitopów zdolnych do bezpośredniego łączenia się ze specyficznymi przeciwciałami (tab. 3). Alergia na białka mleka krowiego dotyczy głównie niemowląt i małych dzieci, gdyż są to pierwsze obce białka, z którymi spotyka się ich młody organizm [24, 38].

Tabela 3. Charakterystyka α -LA mleka krowiego jako alergenu [36]

Białko	Nazwa alergenu	Znaczenie kliniczne	Sekwencje aminokwasowe epitopów wiążących się z IgE surowicy krwi
α -laktoalbumina mleka krowiego	Bos d 4	Istotne	13-22, 17-58, 99-108, 109-123

Wg Lemana [24] α -LA wywołuje reakcje alergiczne u dzieci w mniejszym stopniu niż β -laktoglobulina (β -LB), co może wynikać częściowo z nieobecności β -LB w mleku ludzkim. Właściwości immunoreaktywne α -LA mogą być modyfikowane w różnym stopniu w wyniku procesów fizycznych (ogrzewanie, mikrofała, ultradźwięki), enzymatycznych, chemicznych oraz biotechnologicznych (fermentacja mlekowa) [24, 28, 36]. Wyniki badań Wróblewskiej i Jędrzychowskiego [36] wskazują, że zastosowanie fermentacji mlekowej oraz modyfikacji chemicznej (koniugacja z glikolem polietylenowym) pozwala na bardzo wysoką lub wysoką redukcję właściwości alergennych α -LA mleka, natomiast efektywność procesów termicznych (pasteryzacja, ogrzewanie mikrofalowe) oraz hydrolizy enzymatycznej alkalazą, pepsyną, trypsyną, α -chymotrypsyną i podpuszczką, była średnia lub niska.

PODSUMOWANIE

W chwili obecnej uważa się, że najlepszym sposobem zagospodarowania białek serwatkowych, w tym α -LA, jest ich wykorzystanie jako funkcjonalnych składników żywności [23, 32]. α -LA jest białkiem, które może być wykorzystywane, z uwagi na wysoką wartość żywieniową oraz korzystne właściwości związane z aktywnością biologiczną, do produkcji dietetycznych środków dla sportowców, odżywek dla dzieci i rekonwalescentów, oraz preparatów farmaceutycznych [34]. Znajomość aktywności biologicznej białek oraz peptydów, pochodzących z mleka, może ułatwić leczenie wielu schorzeń określanych w chwili obecnej jako „cywilizacyjne” [37].

Właściwości biologiczne, a w szczególności te prozdrowotne cechy α -LA, są bardzo interesujące i dają wiele perspektyw wykorzystania tego białka, jednakże aby tak się stało, powinny być one jeszcze wielokrotnie weryfikowane wynikami prac badawczych.

LITERATURA

- [1] AITS S., GUSTAFSSON L., HALLGREN O., BREST P., GUSTAFSSON M., TRULSSON M., MOSSBERG A. K., SIMON H. U., MOGRABI B., SVANBORG C. 2009. *HAMLET (human α -lactalbumin made lethal to tumor cells) triggers autophagic tumor cell death*. International Journal of Cancer, 124, 1008-1019.
- [2] BAUMY J. J., FAUQUANT J. 1989. *Mise en evidence d' α -lactalbumine glycosylée dans une préparation industrielle d' α -lactalbumine bovine*. Lait, 69, 315-322.
- [3] BERNATOWICZ E., REKLEWSKA B. 2003. *Bioaktywne składniki białkowej frakcji mleka*. Przegląd Hodowlany, 3, 1-10.
- [4] BERNAL V., JELEN P. 1984. *Effect of calcium binding on thermal denaturation of bovine α -lactalbumin*. Journal of Dairy Science, 67, 2452-2454.
- [5] BRAMAUD C., AIMAR P., DAUFIN G. 1997. *Optimisation of a whey protein fractionation process based on the selective precipitation of α -lactalbumin*. Lait, 77, 411-423.
- [6] CHATTERTON D. E. W., SMITHERS G., ROUPAS P., BRODKORB A. 2006. *Bioactivity of β -lactoglobulin and α -lactalbumin - technological implications for processing*. International Dairy Journal, 16, 1229-1240.
- [7] CHRYSINA E. D., BREW K., ACHARYA K. R. 2000. *Crystal structures of apo- and holo-bovine α -lactalbumin at 2,2Å resolution reveal an effect of calcium on interlobe interaction*. Journal of Biological Chemistry, 275, 37021-37029.
- [8] CREAMER L. K., MACGIBBON A. K. H. 1996. *Some recent advances in the basic chemistry of milk proteins and lipids*. International Dairy Journal, 6, 539-568.
- [9] DAREWICZ M., DZIUBA J. 2005. *Struktura a właściwości funkcjonalne białek mleka*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2, 47-60.
- [10] DZIUBA M., DZIUBA B., IWANIAK A. 2009. *Milk proteins as precursors of bioactive peptides*. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 8, 71-90.
- [11] ENGEL M. F. M., VAN MIERLO C. P. M., VISSER A. J. W. G. 2002. *Kinetic and structural characterization of dsorption – induced unfolding of bovine α -lactalbumin*. Journal of Biological Chemistry, 13, 10922-10930.
- [12] ETZEL M. R. 2004. *Manufacture and use of dairy protein fractions*. Journal of Nutrition, 134, 996S-1002S.
- [13] GAWEŃKI J. (red.), 2003. *Białka w żywności i żywieniu*. Poznań, Wyd. AR w Poznaniu.
- [14] GUSTAFSSON J., HALLGREN O., MOSSBERG A. K., PETTERSSON J., FISCHER W., ARONSSON A., SVANBORG C. 2005. *HAMLET kills tumor cells by apoptosis: structure, cellular mechanisms, and therapy*. Journal of Nutrition, 135, 1299-1303.
- [15] HEINE W. E., KLEIN P. D., REEDS P. J. 1991. *The importance of α -lactalbumin in infant nutrition*. Journal of Nutrition, 121, 277-283.
- [16] IWANIAK A., MINKIEWICZ P. 2007. *Proteins as the source of physiologically and functionally active peptides*. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 6, 5-15.
- [17] JAMROZ J., ROGALSKI J., SZPENDOWSKI J. 1994. *Właściwości antyrakowe białek serwatkowych*. Postępy Nauk Rolniczych, 4, 111-117.
- [18] KRÓL J., LITWIŃCZUK Z., BARŁOWSKA J., KĘDZIERSKA-MATYSEK M. 2007. *Initial results on casein and whey protein content in milk of Polish Red and Whitebacked cows*. Annals of Animal Science, 1, 207-211.
- [19] KRÓL J., LITWIŃCZUK A., ZARAJCZYK A., LITWIŃCZUK Z. 2008. *Alfa-laktoalbumina i beta-laktoglobulina jako związki biologicznie czynne frakcji białkowej mleka*. Medycyna Weterynaryjna, 12, 1375-1378.
- [20] KOZIKOWSKI W., PRZYBYŁOWICZ K. 1994. *Wartość żywieniowa składników mleka krowiego*. Przegląd Mleczarski, 10, 256-261.
- [21] KUWAJIMA K. 1996. *The molten globule state of α -lactalbumin*. FASEB Journal, 10, 102-109.
- [22] LEMAN J. 1988. *Struktura białka i jego właściwości funkcjonalne*. Przemysł Spożywczy, 10, 285-288.
- [23] LEMAN J. 1999. *Właściwości funkcjonalne α -laktoalbuminy*. Przegląd Mleczarski, 8, 228-231.
- [24] LEMAN J. 2001. *Białka serwatkowe jako czynnik alergii pokarmowej u ludzi*. Przegląd Mleczarski, 2, 82-85.
- [25] MARSHALL K., ND, MS, 2004. *Therapeutic applications of whey protein*. Alternative Medicine Review, 9, 136-156.
- [26] MCINTOSH G. H., ROYLE P. J., LE LEU R. K., REGISTER G. O., JOHNSON M. A., GRINSTED R. L., KENWARD R. S., SMITHERS G. W. 1998. *Whey proteins as functional food ingredients?* International Dairy Journal, 8, 425-434.
- [27] MCINTOSH G. H., REGISTER G. O., LE LEU R. K., ROYLE P. J., SMITHERS G. W. 1995. *Dairy proteins protect against dimethylhydrazine-induced intestinal cancers in rats*. Journal of Nutrition, 125, 809-816.
- [28] MIERZEJEWSKA D., JĘDRYCHOWSKI L. 1999. *Możliwości oznaczenia zmian denaturacyjnych α -la mleka krowiego*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3, 36-47.

- [29] PERMYAKOV E. A., BERLINER L. J. 2000. *α -Lactalbumin: structure and function*. FEBS Letters, 437, 269-274.
- [30] PERMYAKOV S. E., UVERSKY V. N., VEPRINTSEV D. B., CHERSKAYA A. M., BROOKS C. L., PERMYAKOV E. A., BERLINER L. J. 2001. *Mutating aspartate in the calcium – binding site of α -lactalbumin: effects on the protein stability and cation binding*. Protein Engineering, 10, 785-789.
- [31] SHAH N. P. 2000. *Effects of milk – derived bioactives: an overview*. British Journal of Nutrition, 84, Supplement 1, S3-S10.
- [32] SMITHERS G. W. 2008. *Whey and whey proteins – from 'gutter-to-gold'*. International Dairy Journal, 18, 695-704.
- [33] SVENSSON M., FAST J., MOSSBERG A. K., DÜRINGER C., GUSTAFSSON L., HALLGREN O., BROOKS C. L., BERLINER L., LINSE S., SVANBORG C. 2003. *α -Lactalbumin unfolding is not sufficient to cause apoptosis, but is required for the conversion to HAMLET (human α -lactalbumin made lethal to tumor cells)*. Protein Science, 12, 2794-2804.
- [34] ŚWIDERSKI F., WASZKIEWICZ-ROBAK B. 2000. *Peptydy i białka jako bioaktywne składniki żywności funkcjonalnej*. Przemysł Spożywczy, 11, 41-44.
- [35] TAKANO T. 1998. *Milk derived peptides and hypertension reduction*. International Dairy Journal, 8, 375-381.
- [36] WRÓBLEWSKA B., JĘDRYCHOWSKI L. 2003. *Wpływ modyfikacji technologicznych na zmianę właściwości immunoreaktywnych białek mleka krowiego*. Alergia Astma Immunologia, 8, 157-164.
- [37] ZIAJKA S., KOWALIK J., ŁOBACZ A. 2008. *Funkcjonalne produkty mleczne*. Przegląd Mleczarski, 7, 4-8.
- [38] ZMARLICKI S. 2009. *Wartość odżywcza białek mleka, tłuszczu mlekowego, laktozy*. Przemysł Spożywczy, 11, 33-37.

PROPRIETY BIOLOGICAL OF α -LACTALBUMIN

SUMMARY

In this article basic physico-chemical and biological α -lactalbumin (α -LA) properties were characterized. Nutritional value of this protein, importance in lactose synthesis, antitumorous and antibacterial properties, potential activity of peptides from its structure and positive influence at stress, gastric illness and allergies were described. Talked over properties, especially prohealthy, are consigning possibilities of α -LA use at functional food and pharmaceuticals production.

Key words: milk, α -lactalbumin (α -LA), biological properties.