

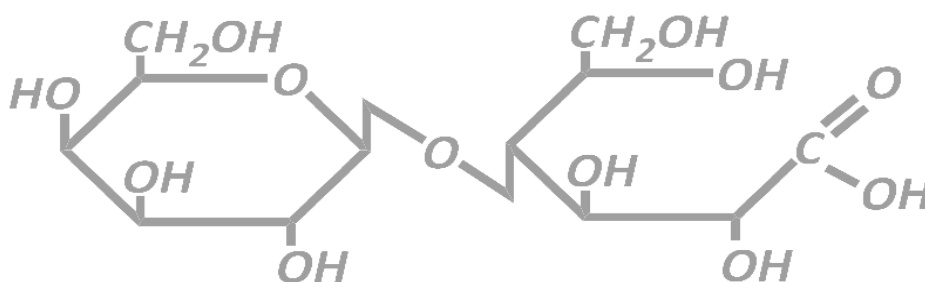


## Charakterystyka i zastosowanie kwasu laktobionowego Część 1

Kamila Goderska

Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-627 Poznań  
kamila.goderska@up.poznan.pl

Kwas laktobionowy (ang. lactobionic acid - LBA) jest polihydroksykwasem zbudowanym z cząsteczki galaktozy (chemicznie obojętnego cukru) i molekuły kwasu glukonowego. Jego nazwa systematyczna to 4-O-β-D-galaktopiranozylo-D-kwas glukonowy (rys. 1). Jest on słabym kwasem o masie cząsteczkowej 358,3 Da i charakteryzuje się słodkim smakiem, a jego wartość energetyczna wynosi 2 kcal/g [11, 23].



Rysunek 1. Wzór strukturalny cząsteczki kwasu laktobionowego [2]

Ze względu na stosunkowo niedawne odkrycie, jego zastosowanie nie jest jeszcze zbyt szerokie. Ma istotne znaczenie w technologii żywności, między innymi w serowarstwie i przemyśle mleczarskim, gdzie stosowany jest w celu zmniejszenia zakwaszenia serów i jogurtów, a także jako środek przyspieszający dojrzewanie serów.



Wykorzystywany jest w napojach funkcjonalnych jako nośnik wapnia oraz ze względu na właściwości prebiotyczne [5]. Jest popularnym wzmacniaczem smaku. Z uwagi na zdolności antyoksydacyjne, stosowany jest w przemyśle tłuszczowym w celu zapobiegania utlenianiu tłuszczów [17]. Ze względu na właściwości higroskopijne używa się go w produkcji mieszanek budyniowych celem zapobiegając ich zbrylaniu, a także uzyskując lepszą dyspersję [24]. Właściwości powierzchniowo-czynne LBA wykorzystywane są w produkcji biodegradowalnych detergentów. Ciekawym zastosowaniem jest użycie go do produkcji środków i pokryć antykorozyjnych na statkach oraz platformach wiertniczych [3]. Interesuje się nim medycyna, przemysł farmaceutyczny i kosmetyczny. Dzięki właściwościom przeciwutleniającym i zdolności chelatowania metali, stosowany jest jako składnik płynów, które działają stabilizująco na narządy przeznaczone do przeszczepów [4]. Odgrywa istotną rolę w leczeniu chorób skórnych takich jak: łojotokowe zapalenie skóry, trądzik różowaty czy wszelkiego rodzaju wypryski i zmiany skórne [19]. Jest obecny w preparatach łagodzących podrażnienia po długotrwałym przebywaniu na słońcu, czy też po stosowaniu peelingów i laseroterapii. W przemyśle kosmetycznym wykorzystuje się właściwości nawilżające i złuszczające kwasu laktobionowego, a także działanie wzmacniające czynności bariery naskórkowej. LBA działa stymulująco na fibroblasty wspomagając produkcję włókienek kolagenu [19].

### **Właściwości kwasu laktobionowego**

Kwas laktobionowy należy do naturalnych środków konserwujących, przeciwutleniających, stabilizujących, zakwaszających oraz żelujących. Ten wszechstronny polihidroksykwas może również wywierać potencjalne działanie prebiotyczne jako bioaktywny składnik żywności funkcjonalnej [23]. Dzięki swoim właściwościom kompleksującym minerały kwas laktobionowy spełnia warunki do stosowania go, jako składnika żywności. Substancja ta jest odporna na enzymy trawienne.

Doniesienia literaturowe wskazują, że właściwości kwasu laktobionowego chelatujące metale zmniejszają uszkodzenia oksydacyjne tkanek podczas przechowywania i transplantacji narządów spowodowanych przez niektóre jony metali, takie jak żelazo [8]. Przy przeciwdziałaniu utlenianiu tłuszczów wykorzystuje się właściwości antyoksydacyjne kwasu laktobionowego. Właściwości powierzchniowo czynne kwasu laktobionowego są wykorzystywane w produkcji detergentów biodegradowalnych [12]. Jego właściwości przeciwutleniające i zdolność do chelatowania metali sprawiają, że jest używany jako składnik płynów stabilizujących narządy przeznaczone do przeszczepu [4]. Udowodniono ponadto, że kwas laktobionowy działa przeciwstarzeniowo, co ma związek z właściwościami antyoksydacyjnymi i hamowaniem aktywności metaloproteinaz. Dzięki temu zapobiega powstawaniu zmarszczek, teleangiektazji, jak i wiotczeniu skóry, a zatem hamuje jej postłoneczne uszkodzenia [15]. Ze swoich właściwości fizycznych wyróżnia się tym, że jest bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, ale za to słabo rozpuszczalny w bezwodnym etanolu i metanolu. Do charakterystycznych cech tego kwasu należy również jego amfifilowość, co oznacza, że rozpuszcza się zarówno w polarnych, jak i niepolarnych rozpuszczalnikach [2].



### Fizjologiczne działanie kwasu laktobionowego

Według Kiryu i in. (2009) [18] występowanie kwasu laktobionowego w żywności i napojach wskazuje, że ludzie nieświadomie spożywali kwas laktobionowy przez długi czas. Autorzy ci zajęli się oszacowaniem rocznego spożycia tego kwasu, zaraz po tym jak przebadali jogurt kaukaski, w którym znajdowało się 10 mg kwasu laktobionowego na 100 g tego produktu. Według nich w tamtym czasie roczne spożycie kwasu laktobionowego wynosiło 760 mg/na osobę.

Kwas laktobionowy jest mocnym humektantem (substancja rozpuszczalna w wodzie, o higroskopijnych właściwościach, wchodząca w skład emolientów), stąd wykazuje działanie przeciwstarzeniowe. Według badań przeprowadzonych w 2010 roku przez kilku naukowców z Serbii, próbki zawierające LBA wykazywały lepsze działanie na skórze niż kwas glikolowy, zapewniając złuszczenie skóry i poprawiając poziom nawilżenia skóry bez jakichkolwiek podrażnień. Eksperyment ten stosowany był na zdrowych, dorosłych osobach przez dwa tygodnie [25]. Ponadto doniesiono, że LBA hamuje uszkodzenia tkanek spowodowane przez rodniki tlenowe i jest stosowany do wspomagania gojenia się ran [26].

### Zastosowanie kwasu laktobionowego

Właściwości kwasu laktobionowego pozwalają na jego wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu, do których w obecnym czasie można zaliczyć przemysł kosmetyczny, farmaceutyczny, biomedyczny oraz chemiczny i spożywczy. Dzięki swoim właściwościom zakwaszającym, przeciwutleniającym oraz chelatującym ten kwas ma potencjał do poszerzania jego zastosowania w przemyśle spożywczym. Niezależnie od wszystkich zbadanych już właściwości, wprowadzenie kwasu laktobionowego jako substancji chemicznej niezdolnej do negatywnego wpływu na zdrowie człowieka lub środowisko zostało w 2009 roku odrzucone przez Unię Europejską [9], jedynie w 2011 roku przez FDA została dopuszczona jego sól, czyli laktobionian wapnia.

### Zastosowanie w przemyśle kosmetycznym

Kwas laktobionowy to substancja coraz bardziej popularna w kosmetologii, w suplementach do pielęgnacji domowej oraz coraz bardziej powszechna w dermatologii. Został wprowadzony na rynek kosmetyczny dość niedawno i do dnia dzisiejszego badane są jego właściwości.

Kwas ten pobudza fibroblasty do wytwarzania kolagenu i elastyny oraz poprawia proces gojenia się ran. Przy długotrwałym stosowaniu stymuluje on wytwarzanie glikozaminoglikanów w skórze. Badaniami potwierdzono pozytywny wpływ tego kwasu w leczeniu m.in. łojotokowego zapalenia skóry, wyprysku, jak również trądziku różowatego [6]. Często stosowanie kwasu laktobionowego polecane jest po zabiegach laseroterapii ablacyjnej oraz mezoterapii igłowej w celu wspomagania gojenia się skóry. Pozytywną cechą stosowania tego kwasu w kosmetologii jest to, że nie wywołuje on charakterystycznych dla innych hydroksykwasów reakcji niepożądanych, tj. zaczerwienia skóry bądź pieczenia.



Kwas laktobionowy wykazuje działanie nawilżające poprzez wiązanie wody w naskórku i tworzenie powłoki okluzyjnej, co zapobiega transepidermalnej utracie wody [1]. Udowodniono również, że kosmetyki zawierające ten kwas można stosować podczas ciepłej pory roku oraz przy wysokim nasłonecznieniu. W warunkach domowych poleca się stosowanie kosmetyków pielęgnacyjnych do skóry naczynkowej oraz wrażliwej, zawierających m.in. kwas laktobionowy, witaminę C oraz wyciąg z arniki górskiej. Do najbardziej pozytywnych efektów stosowania tego kwasu można zaliczyć poprawę nawilżenia, uelastycznienia oraz gładkości skóry, łagodzenia podrażnień, wspomaganie procesów gojenia się ran oraz wzmocnienie ścian naczyń krwionośnych [14]. Poprzez skuteczne właściwości chelatujące metale, LBA niweluje uszkodzenia oksydacyjne tkanek w trakcie przechowywania. Powoduje to stosowanie go jako głównego składnika rozwiązań konserwacji narządów podczas przeszczepu [16]. Kwas laktobionowy ze względu na swoją efektywność terapeutyczną jest wykorzystywany obecnie jako składnik nowatorskich kosmetyków przeciwstarzeniowych oraz regeneracyjnych do zachowania równowagi skóry.

### Zastosowanie spożywcze

W przemyśle spożywczym kwas laktobionowy w ostatnich latach jest wykorzystywany również jako dodatek do żywności. Swoją obecnością w produkcie pełni rolę przeciwutleniacza oraz stabilizatora smaku w produktach deserowych. Dodatkowo przy produkcji mlecznych produktów fermentowanych stosuje się go jako środek zakwaszający. Jest odporny na działanie enzymów trawiennych i słabo wchłaniany w jelicie cienkim, dzięki czemu może być stosowany jako substrat do fermentacji mlekowej przez naturalnie występującą mikroflorę jelitową [2].

Z uwagi na swoje właściwości do tworzenia kompleksów soli mineralnych oraz potencjalne właściwości prebiotycznych, kwas ten może być wykorzystywany w przemyśle spożywczym. Największą uwagę w ostatnich latach koncentrowało się na przekształceniu laktozy w mleku w kwas laktobionowy i wykorzystanie jego zasadniczych właściwości w celu zastąpienia białek bądź tłuszczów w procesie produkcji serów albo serków śmietankowych [13]. Kwas laktobionowy wykorzystywany jest także przy produkcji jogurtów, ponieważ skraca czas zakwaszania i pozwala zachować pożądany aromat.

Już 13 lat temu zauważono jego prozdrowotne właściwości i postanowiono opracować innowacyjne napoje mleczne zawierające właśnie ten kwas, jako składnik funkcjonalny. W 2012 roku duża japońska firma mleczarska Megmilk Snow wprowadziła na rynek mleko funkcjonalne zawierające kwas laktobionowy, w celu zwalczania niedoboru wapnia w organizmie [20]. Wynika to zapewne z właściwości chelatujących kwasu laktobionowego.

W 2019 roku zbadano właściwości kwasu laktobionowego w celu potwierdzenia jego zastosowania jako składnika żywności. Wyniki tych badań pokazały potencjał zastosowania kwasu laktobionowego w konserwacji i wzbogaceniu żywności, ponieważ jego właściwości przeciwdrobnoustrojowe, przeciwutleniające, a nawet chelatujące są ze sobą powiązane i dają użyteczne wyniki.





W badaniu tym stwierdzono wysokie wartości rozpuszczalności, jak i higroskopijności odnoszące się do LBA, co skutkowało wysoką zdolnością wiązania wody. Przeprowadzone badania pomogły wnioskować, że kwas laktobionowy może być nie tylko kwasem organicznym konserwującym żywność [7].

### Zastosowanie w przemyśle chemicznym

W przemyśle chemicznym kwas laktobionowy ma swoje zastosowanie przy produkcji antybiotyków oraz roztworów konserwujących, które są wykorzystywane do przeszczepów narządów, gdzie te mają na celu uniknięcia uszkodzeń oksydacyjnych tkanek. Dodatkowo LBA odgrywa kluczową rolę w antybiotykoterapii preparatów takich jak erytromycyna poprzez zwiększenie ich rozpuszczalności w wodzie [21]. W przemyśle chemicznym kwas ten stosowany jest jako dodatek w biodegradowalnych detergentach i surfaktantach na bazie cukru, przez co ulegają poprawie ich właściwości fizykochemiczne [22]. Ponadto kwas laktobionowy został wykorzystany do przygotowania cząstek wirusopodobnych, rodzaju nanocząstek biologicznych o doskonałej biokompatybilności i biodegradowalności, do specyficznego ukierunkowania na hepatocyty [27]. Kwas laktobionowy może odgrywać kluczową rolę jako czynnik funkcjonalny przy syntezie innowacyjnych systemów przemysłowych, takich jak funkcjonalne nanorurki węglowe z cząsteczkami amfifilowymi LBA, które są zdolne do adsorpcji białek [10].

### Literatura

1. Algiert-Zielińska B., Mucha P., Rotsztein H. (2018). Comparative evaluation of skin moisture after topical application of 10% and 30% lactobionic acid. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 9(10), 3-10.
2. Alonso S., Rendueles M., Díaz M. (2013). Bio-production of lactobionic acid: Current status, applications and future prospects. *Biotechnology Advances*, 31, 1275–1291.
3. Alves T.L.M., Ferraz H.C., Pinto J.C., Severo J.B. (2011). Analysis of experimental errors in bioprocesses. Production of lactobionic acid and sorbitol using the GFOR (glucose-fructose oxidoreductase) enzyme from permeabilized cells of *Zymomonas mobilis*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38, 1575–1585.
4. Beden B., Druliolle H., Kokoh K.B. (1995). Selective oxidation of lactose to lactobionic acid on lead-adatoms modified platinum electrodes in  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$  buffered medium. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 385, 77–83.
5. Belkacemi K., Gutierrez L.F., Hamoudi S. (2011). Selective production of lactobionic acid by aerobic oxidation of lactose over gold crystallites supported on mesoporous silica. *Applied Catalysis A-General*, 402, 94 – 103.



6. Bouwsta J.A., Gooris G.S., Dubbelarr F.E., Ponec M. (2000). Phase behavior of skin barrier model membranes at pH 7.4. *Cellular and Molecular Biology* (Noisy-le-Grand, France), 46, 979-992.
7. Cardoso T., Marques C., Dagostin J.L.A., Masson M.L. (2019). Lactobionic Acid as a Potential Food Ingredient: Recent Studies and Applications. *Journal of Food Science*, 84(7), 1672-1681.
8. Charloux C., Paul M., Loisanse D., Astier A. (1995). Inhibition of hydroxyl radical production by lactobionate, adenine, and tempol. *Free Radical Biology and Medicine*, 19, 699e704.
9. European Commission (2009). Commission staff working document. [https://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/pdf/5\\_staff\\_work\\_doc\\_1\\_4\\_5.pdf](https://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/pdf/5_staff_work_doc_1_4_5.pdf), Accessed date: 27 June 2019.
10. Feng W., Xiao J., Li L., Ji P. (2011). Protein adsorption on functionalized carbon nanotubes with a lactobionic amide amphiphile. *Industrial Engineering Chemistry Research*, 50, 11608–13.
11. Fox P.F., Mc Sweeney P.L.H. (2009). *Advanced dairy chemistry: lactose, water, salts and minor constituents*. Springer, New York: 166–167
12. Goderska K. (2019). The antioxidant and prebiotic properties of lactobionic acid. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(9), 3737-3751.
13. Goderska K., Szwengiel A., Czarnecki Z. (2014). The utilization of *Pseudomonas taetrolens* to produce lactobionic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 173, 2189 – 2197.
14. Green B.A., Yu R.J., Scott E.J. (2009). Clinical and cosmeceutical uses of hydroxyacids. *Clinics of Dermatology*, 27(5), 495-501.
15. Grimes P.E., Green B.A., Wildnauer R.H., Edison B.L. (2004). The Use polyhydroxy acids (PHAs) in photoaged skin. *Cutis*, 73(Suppl 2), 3-13.
16. Gutierrez L.F., Hamoudi S., Belkacemi K. (2011). Selective Production of Lactobionic Acid by Aerobic Oxidation of Lactose over Gold Crystallites Supported on Mesoporous Silica Applied Catalysis A: General, 402, 94–103.
17. Hallamaa K., Mattila-Sandholm T., Moatto J., Saarela M. (2003). The effect of lactose derivatives lactulose, lactiol and lactobionic acid on the functional and technological properties of potentially probiotic *Lactobacillus* strains. *International Dairy Journal*, 13, 291–302.
18. Kiryu T., Yamauchi K., Masuyama I., Ooe K., Kimura T., Kiso T., Nakano H., Murakami H. (2009). Optimization of lactobionic acid production by *Acetobacter orientalis* isolated from Caucasian fermented milk, "Caspian Sea Yogurt". *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 76, 2: 361-363.



19. Kowalewski C. (2004). Zastosowanie kwasu laktobionowego w wybranych dermatozach naczyniowych. Klinika Dermatologiczna AM, Warszawa
20. Megmilk Snow. (2013). Press release. Available via:<http://www.megsnow.com/news/2012/pdf/20120524-383.pdf>2012. [Accessed 30 January 2013 (in Japanese)].
21. Nakano H., Kiryu T., Kiso T., Murakami H. Biocatalytic production of Lactobionic acid. In: Hou CT, Shaw JF, editors. Biocatalysis and biomolecular engineering 2010. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 391-404.
22. Oskarsson H., Frankenberg M., Annerling A., Holmberg K. (2007). Adsorption of Novel Alkylaminoamide Sugar Surfactants at Tailor-made Surfaces. Journal of Surfactants and Detergents, 10, 41-52.
23. Schaafsma G. (2008). Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition. International Dairy Journal, 18, 5, 458 – 465.
24. Silva E.M., Yang S.T. (1995). Novel products and new technologies for use of a familiar carbohydrate, milk lactose. Journal of Dairy Science, 78, 2542–2562.
25. Tasic-Kostov M., Savic S., Lukic M., Tamburic S., Pavlovic M., Vuleta G. (2010). Lactobionic acid in a natural alkylpolyglucoside-based vehicle: assessing safety and efficacy aspects in comparison to glycolic acid. Journal of Cosmetic Dermatology, 9(1), 3-10.
26. Yu R.J., Van Scott E.J.(2008). Oligosaccharide aldonic acids and their topical use. United States Patent and 7452545.
27. Zhao Q.H., Chen W.H., Chen Y.D., Zhang L.M., Zhang J.P., Zhang Z.J. (2011). Self-assembled virus-like particles from rotavirus structural protein VP6 for targeted drug delivery. Bioconjugate Chemistry 22, 346-352.