

САДРЖАЈ ЛАКТОЗЕ У МЛЕЧНИМ ПРОИЗВОДИМА И ЊЕН ЗНАЧАЈ ЗА ОСОБЕ СА ИНТОЛЕРАНЦИЈОМ НА ЛАКТОЗУ

Маргарита С. Додевска

Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут”, Београд, Србија

LACTOSE CONTENT IN DAIRY PRODUCTS AND ITS IMPORTANCE FOR PERSONS WITH LACTOSE INTOLERANCE

Margarita S. Dodevska

Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanović Batut", Belgrade, Serbia

Сажетак

Исхрана представља један од кључних фактора који утичу на очување здравља, превенцију болести и оптимално функционисање организма. Иако млечни производи имају важно место у нутритивно уравнотеженој исхрани, њихов састав, а посебно садржај лактозе, може бити од посебног значаја за особе са специфичним прехранбеним потребама. У овом раду у 40 узорак млечних производа са тржишта Београда одређиван је садржај лактозе применом ензимско-спектрофотометријске методе. Анализирани су пастеризовано млеко, ферментисани производи и различите врсте сирева. Добијени резултати показују да пастеризовано млеко има благо повећане вредности лактозе у односу на декларисане, али у оквиру прописаних толеранција, док ферментисани производи испољавају очекиване варијације услед активности бактеријских култура. Код сирева су утврђене најниже или недетектабилне вредности лактозе, нарочито код екстрамасних и технолошки интензивно обрађених производа. Иако концентрација лактозе варира међу појединим производима, највећи допринос дневном уносу потиче од млека и ферментисаних производа због уобичајене величине порције. Резултати наглашавају значај тачног декларисања и познавања садржаја лактозе, посебно за особе са интолеранцијом или специфичним дијететским потребама.

Кључне речи: млечни производи, лактоза, интолеранција, порција, ензимско-спектрофотометријска метода

Abstract

Nutrition represents one of the key factors influencing the preservation of health, disease prevention, and the optimal functioning of the body. Although dairy products are very important for a balanced diet, their composition, particularly their lactose content, can be of special significance for individuals with specific dietary needs. In this study, the lactose content of 40 samples of dairy products from the Belgrade market was determined using an enzymatic spectrophotometric method. Pasteurized milk, fermented products, and various types of cheese were analyzed. The obtained results show that pasteurized milk has slightly increased lactose values compared to those declared, but still within the prescribed tolerances, while fermented products exhibit expected variations due to the activity of bacterial cultures. The lowest or non-detectable lactose values were found in cheeses, particularly in extra-fat and technologically intensively processed products. Although lactose concentration varies among individual products, the greatest contribution to daily intake comes from milk and fermented products due to typical serving sizes. The results highlight the importance of accurate labeling and awareness of lactose content, particularly for individuals with lactose intolerance or specific dietary needs.

Keywords: dairy products, lactose, intolerance, serving size, enzymatic spectrophotometric method

Увод

Правилан начин исхране је један од кључних предуслова за здрав и квалитетан начин живота. Начин исхране има сложен утицај на организам. Основне нутритивне потребе треба да се задовоље из хране и пића богатих хранљивим материјама у свим групама намирница, у препорученим количинама и у оквиру ограничења калорија [1].

Научна веза између хране и здравља је добро документована већ деценијама, са значајним и све јачим доказима који показују да здрав начин живота – укључујући праћење здравог начина исхране – може помоћи

Introduction

Proper nutrition is one of the key prerequisites for a healthy and high-quality lifestyle. Dietary habits have a complex impact on the human body. Basic nutritional needs should be met through foods and beverages rich in nutrients across all food groups, in recommended amounts and within caloric limits [1].

The scientific link between food and health has been well documented for decades, with substantial and growing evidence showing that a healthy lifestyle, including adherence to a healthy diet, can help people achieve and maintain good health and reduce the risk of chronic diseases at all

људима да постигну и одрже добро здравље и смање ризик од хроничних болести у свим фазама животног века: одојчад и мало дете, детињство и адолесценција, одрасло доба, трудноћа и лактација и старија одрасла доба [2].

У основним елементима који чине здрав начин исхране су и млечни производи, укључујући млеко без масти или са ниским садржајем масти, јогурт и сир, и/или верзије без лактозе и обogaћена сојина пића и јогурт као алтернативе. Препоручени дневни унос млечних производа за одрасле је 1–3 порције у већини европских земаља [3]. Млеко и млечни производи садрже воду, протеине, масти, угљене хидрате, минерале и витамине. Лактоза је практично једини шећер присутан у млеку, а њена концентрација се креће од 4,0 до 5,0% v/v [4]. Лактоза је дисахарид, који се хидролизује, стварајући глукозу и галактозу деловањем лактазе у цревима. Присутна је и у ферментисаним производима од млека, сирним намазима, док је већина сирева без лактозе или је садрже у веома ниским концентрацијама [5].

Данас се многи различити млечни производи са назнаком „без лактозе“ производе технологијом третмана лактазом, што резултира концентрацијама лактозе мањим од 0,1 g/100 g и погодни су за људе који пате од симптома узрокованих значајно смањеном активношћу лактазе. Ово метаболичко стање, познато као интолеранција на лактозу, узроковано је одсуством или делимичним смањењем активности лактазе у цревима. Интолеранција на лактозу је клинички синдром који карактеришу гастроинтестинални симптоми након уноса хране која садржи лактозу. Код здравих особа, лактоза из исхране се хидролизује на глукозу и галактозу помоћу лактазе, ензима који се налази у четкастом рубу танког црева. Недостатак овог ензима, било да је узрокован примарним генетским факторима или секундарно због оштећења црева, доводи до непотпуног варења лактозе, што доводи до ферментације у млечну киселину и гасове и развоја карактеристичних симптома као што су надимање, дијареја и нелагодност у стомаку [6]. Синдром се може појавити у било ком узрасту.

Ако организам не може да разгради галактозу, реч је о галактоземији. Галактоземија је урођени поремећај метаболизма угљених хидрата који карактерише немогућност метаболизма галактозе и њеног претварања у глукозу, шећер који тело користи као примарни извор енергије. Узрок је недостатак једног од три ензима: галактоза-1-уридилтрансферазе, галактокиназе или галактоза епимеразе [7].

Присуство лактозе у производима где се очекује да је

stages of the life course: infancy and early childhood, childhood and adolescence, adulthood, pregnancy and lactation, and older adulthood [2].

Dairy products are among the basic elements of a healthy diet, including skim or low-fat milk, yogurt, and cheese, and/or lactose-free versions and fortified soy beverages and yogurt as alternatives. The recommended daily intake of dairy products for adults is 1–3 servings in most European countries [3]. Milk and dairy products contain water, proteins, fats, carbohydrates, minerals, and vitamins. Lactose is practically the only sugar present in milk, and its concentration ranges from 4.0 to 5.0% v/v [4]. Lactose is a disaccharide that is hydrolyzed into glucose and galactose by the action of lactase in the intestines. It is also present in fermented dairy products and cheese spreads, while most cheeses are lactose-free or contain it in very low concentrations [5].

Today, many different dairy products labeled as 'lactose-free' are produced using lactase treatment technology, resulting in lactose concentrations below 0.1 g/100 g and making them suitable for people who experience symptoms caused by significantly reduced lactase activity. This metabolic condition, known as lactose intolerance, is caused by the absence or partial reduction of lactase activity in the intestines. Lactose intolerance is a clinical syndrome characterized by gastrointestinal symptoms after the intake of foods containing lactose. In healthy individuals, dietary lactose is hydrolyzed into glucose and galactose by lactase, an enzyme located in the brush border of the small intestine. A deficiency of this enzyme, whether caused by primary genetic factors or secondarily due to intestinal damage, leads to incomplete digestion of lactose, resulting in its fermentation into lactic acid and gases, and the development of characteristic symptoms such as bloating, diarrhea, and abdominal discomfort [6]. The syndrome can occur at any age.

If the body cannot break down galactose, the condition is called galactosemia. Galactosemia is a congenital carbohydrate metabolism disorder characterized by the inability to metabolize galactose and convert it into glucose, the sugar that the body uses as its primary energy source. The cause is a deficiency of one of three enzymes: galactose-1-phosphate uridylyl transferase, galactokinase, or galactose epimerase [7].

The presence of lactose in products where it is expected, which may lead to serious health conditions, must be adequately declared in accordance with legal regulations. In Serbia, this is regulated by the Rulebook on Food Labeling and Advertising ('Official Gazette of RS', 17/22) [8], and in

има и која може да доведе до тешких здравствених стања, мора да се адекватно декларише у складу са законском регулативом. У Србији то је регулисано Правилником о декларисању и рекламирању хране („Сл. гласник РС”, 17/22) [8], а у Европској унији одредбом 1169/2011 [9]. Производи који не садрже лактозу ($<0,1$ g/100 g), а за које се очекује да је садрже, означавају се као производи „без лактозе”.

Постоји више техника/метода које се примењују за одређивање лактозе. То су пре свега гравиметријске, волуметријске, полариметријске, ензимско-спектрофотометријске, као и хроматографске методе. Од примењених метода се очекује да буду брзе, јефтине и да су довољно осетљиве и/или специфичне за квантификацију лактозе на што нижим концентрацијама.

Техника која је поуздана, брза и довољно осетљива за тражени ниво концентрација, је ензимско-спектрофотометријска.

Циљ

С обзиром да су млечни производи саставни део многих дијетарних препорука, како код особа без тако и код особа са здравственим сметњама, циљ ове студије је био да се одреди садржај лактозе у великом броју производа који се често конзумирају, и да се на основу тога процени количина лактозе у одређеним млечним производима који се налазе на тржишту Републике Србије.

Материјал и методе

Принцип методе

Лактоза се хидролизује на рН 6 до Д-глукозе и Д-галактозе у присуству ензима β -галактозидазе. У присуству ензима хексокиназе и аденозин-5-фосфата (АТП), долази до фосфорилације Д-глукозе у Д-глукозе-6-фосфата и формирање никотинамид-аденин-динуклеотид-фосфата (НАДП) и аденозин-5-дифосфата (АДП). У присуству ензима глукоза-6-фосфат дехидрогеназе, Д-глукоза-6-фосфат се оксидује помоћу НАДП до Д-глюконат-6-фосфата уз формирање редукованог НАДП (НАДПХ). Количина оксидованог НАДХ је еквивалентна количини лактозе. НАДПХ се одређује спектрофотометријски на 340 nm.

Реагенси

Лиофилизат – цитратни пуфер, рН 6,6; суспензија β -галактозидазе, 100 U; триетаноламин пуфер (рН 7,6, НАДП, АТП, магнезијум сулфат); суспензија - хексоки-

the European Union by Regulation 1169/2011 [9]. Products that do not contain lactose (<0.1 g/100 g), but are expected to contain it, are labeled as ‘lactose-free’ products”.

There are several techniques/methods used for determining lactose. These primarily include gravimetric, volumetric, polarimetric, enzymatic-spectrophotometric, and chromatographic methods. The applied methods are expected to be fast, inexpensive, and sufficiently sensitive and/or specific for quantifying lactose at the lowest possible concentrations.

A technique that is reliable, fast, and sufficiently sensitive for the required concentration levels is the enzymatic-spectrophotometric method.

Goal

Since dairy products are an integral part of many dietary recommendations, both for healthy individuals and for those with health conditions, the aim of this study was to determine the lactose content in a large number of commonly consumed products and, based on that, to assess the amount of lactose in certain dairy products available on the market in the Republic of Serbia.

Materials and Methods

Principle of the Method

Lactose is hydrolyzed at pH 6 into D-glucose and D-galactose in the presence of the enzyme β -galactosidase. In the presence of the enzymes hexokinase and adenosine-5-phosphate (ATP), D-glucose is phosphorylated to D-glucose-6-phosphate, with the formation of nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP⁺) and adenosine-5-diphosphate (ADP). In the presence of the enzyme glucose-6-phosphate dehydrogenase, D-glucose-6-phosphate is oxidized by NADP⁺ to D-gluconate-6-phosphate, producing reduced NADP (NADPH). The amount of oxidized NADPH is equivalent to the amount of lactose. NADPH is determined spectrophotometrically at 340 nm.

Reagents

Lyophilizate – citrate buffer, pH 6.6; β -galactosidase suspension, 100 U; triethanolamine buffer (pH 7.6, NADP⁺, ATP, magnesium sulfate); hexokinase suspension, 400 U; glucose-6-phosphate dehydrogenase, 200 U; Carrez I solution ($K_4(Fe(CN)_6) \times 3 H_2O$); Carrez II solution ($ZnSO_4 \times 7 H_2O$).

назе 400 U; глюкоза-6-деhidрогеназа 200 U; Carrez I раствор ($K_4(Fe(CN)_6) \times 3 H_2O$); Carrez II раствор ($ZnSO_4 \times 7 H_2O$).

Апаратура

За мерење апсорбације коришћен је спектрофотометар *Thermo Scientific, Evolution 201 Shimadzu*. Мерења су вршена на таласној дужини од 340 nm у киветама од 10 mm.

Узорци

У четрдесет различитих узорака производа од млека одређиван је садржај лактозе. Сви испитивани узорци купљени су у три велика маркета који се налазе на територији града Београда. Узорци су рађени у трипликату, а слепа проба је рађена у дупликату.

Припрема узорака

Узорци млека анализирани су без претходне припреме, док су узорци у полутечном или чврстом стању, хомогенизовани одвојено у блендеру. Након тога, држани су на температури од $-20^\circ C$ до анализе.

Екстракција и бистрење

Одмерити 1 g хомогенизованог узорка у чашицу од 100 mL и додати 60 mL топле редестиловане воде. Промешати и инкубирати 15 минута у воденом купатилу на температури од $70^\circ C$. После тога додати реагенсе по Carrezu: 5 mL Carrez I и 5 mL Carrez II раствора и 10 mL 0,1 M NaOH. Оставити да се охлади на температури од 20 до $25^\circ C$ и пренети у нормални суд од 100 mL. Допунити до црте редестилованом водом и филтрирати.

Одређивање садржаја лактозе

Лактоза је одређивана ензимско-спектрофотометријском методом према упутству које даје произвођач комерцијалних китова R-BIOPHARM AG, *Darmstadt* (Cat. No. 10 986 119 035).

Верификација методе

Контрола квалитета спроведена је коришћењем референтног материјала T25147 (млеко у праху – FAPAS). Током верификације методе одређивани су лимит квантификације; линеарност; граница поновљивости и опсег мерења [10].

Equipment

A Thermo Scientific Evolution 201 Shimadzu spectrophotometer was used to measure absorbance. Measurements were performed at a wavelength of 340 nm using 10 mm cuvettes.

Samples

The lactose content was determined in forty different samples of dairy products. All tested samples were purchased from three major supermarkets in the city of Belgrade. Samples were analyzed in triplicate, and the blank test was performed in duplicate.

Sample Preparation

Milk samples were analyzed without prior preparation, while semi-liquid or solid samples were homogenized separately using a blender. Afterwards, they were stored at $-20^\circ C$ until analysis.

Extraction and Clarification

Weigh 1 g of the homogenized sample into a 100 mL beaker and add 60 mL of warm distilled water. Stir and incubate for 15 minutes in a water bath at $70^\circ C$. Then, add the Carrez reagents: 5 mL of Carrez I solution and 5 mL of Carrez II solution, and 10 mL of 0.1 M NaOH. Allow the mixture to cool to $20-25^\circ C$ and transfer it to a 100 mL volumetric flask. Fill to the mark with distilled water and filter.

Determination of Lactose Content

Lactose was determined using the enzymatic-spectrophotometric method according to the instructions provided by the manufacturer of the commercial kits, R-BIOPHARM AG, Darmstadt (Cat. No. 10 986 119 035).

Method Verification

Quality control was carried out using the reference material T25147 (milk powder – FAPAS). During method verification, the limit of quantification, linearity, repeatability, and measurement range were determined [10].

Standard Curve

Since the amount of NAD(P)H formed is stoichiometrically equivalent to the amount of lactose, the linearity of the NAD(P)H calibration curve is determined. A diluted citric acid solution from test kit E 01 39 076 was used for the calibration curve. A series of calibration standards was prepared

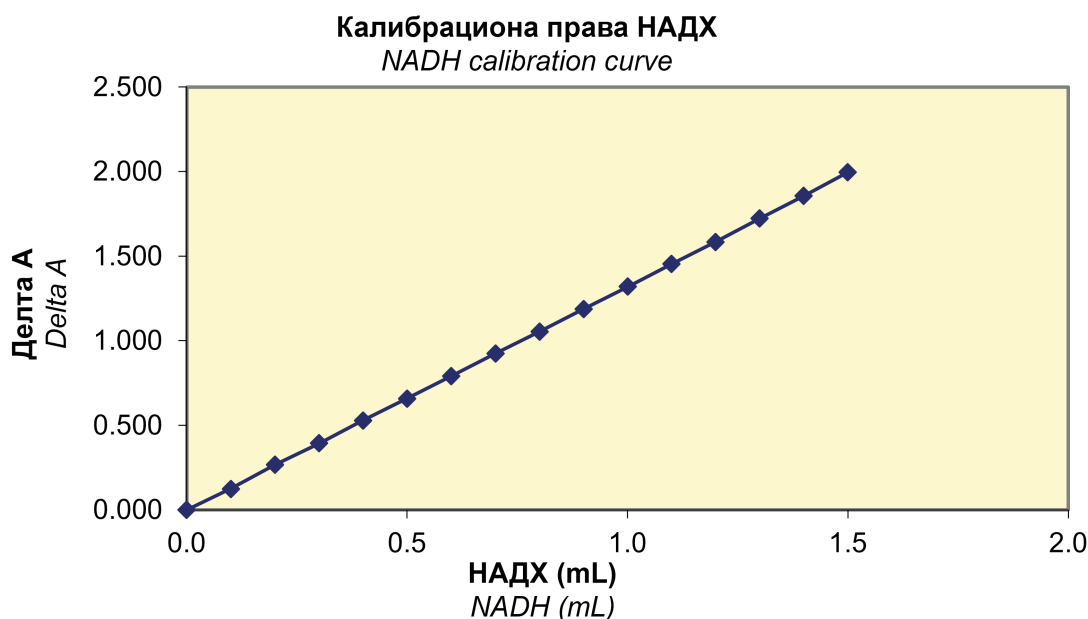
Стандардна права

С обзиром да је количина формираног НАД(П)Х стехиометријски еквивалентна количини лактозе, одређује се линеарност калибрационе праве НАД(П)Х. За калибрациону праву је коришћен разблажени раствор лимунске киселине тест кит Е 01 39 076. Серија калибрационих стандарда је припремљена и измерена у дупликату.

and measured in duplicate.

Графикон 1. Калибрациона права НАДХ

Chart 1. NADH calibration curve



Коефицијент корелације: 0,9999

Једначина праве: $y = 1,32117x + 0,0016$

За одређивање лимита квантификације анализирани су бланк узорци обогачени ниском концентрацијом лактозе. На основу резултата 10 понављања и RSD < 2,7% (RSD = 2,25%) и $\bar{X}_{sp} = 0,201\%$, → лимит квантификације = 0,25%

Correlation coefficient: 0.9999

Equation of the line: $y = 1,32117x + 0,0016$

To determine the limit of quantification, blank samples were analyzed after being spiked with a low concentration of lactose. Based on the results of 10 repetitions and RSD < 2.7% (RSD = 2.25%) and $\bar{X}_{sp} = 0.201\%$, the limit of quantification was determined to be 0.25%.

Граница поновљивости

Limit of Repeatability

Границу поновљивости коју прописује произвођач ензимских китова R-BIOPHARM, за лактозу у млеку и млечним производима, је да апсолутна разлика између два независна појединачна резултата испитивања, добијена коришћењем исте методе, на идентичном материјалу за испитивање, у истој лабораторији, од истог аналитичара, коришћењем исте опреме у кратком временском интервалу, не прелази $r = 0,05 \times$ (садржај лактозе g/100 g), тј. $r = 1,975$ g/100 g.

The limit of repeatability prescribed by the manufacturer of the enzymatic kits, R-BIOPHARM, for lactose in milk and dairy products is defined as follows: the absolute difference between two independent individual test results, obtained using the same method on identical test material, in the same laboratory, by the same analyst, using the same equipment within a short time interval, should not exceed $r = 0.05 \times$ (lactose content in g/100 g), i.e., $r = 1.975$ g/100 g.

Табела 1. Провера критеријума поновљивости за лактозу

Table 1. Assessment of repeatability criteria for lactose

Млеко у праху (Fapas T25147) <i>Milk powder (Fapas T25147)</i>	X_1 , g/100 g	X_2 , g/100 g	X_{sr} , g/100 g
1	39,35	39,20	39,28
2	39,56	39,42	39,49
3	40,00	39,51	39,76
4	39,96	39,39	39,68
5	38,99	39,41	39,20
6	39,26	39,85	39,56
7	39,45	39,16	39,31
8	39,60	39,50	39,55
9	39,96	39,48	39,72
10	39,58	39,38	39,48
			39,50
Граница поновљивости, r (2,8 x S_r), % <i>Repeatability limit, r (2.8 x S_r), %</i>			0,535
Стандардна девијација поновљивости, S_r , % <i>Repeatability standard deviation, S_r, %</i>			0,191
r % (задата, SRPS ISO 2171:2012) <i>r % (assigned, SRPS ISO 2171:2012)</i>			1,975

Резултати и дискусија

У овом раду садржај лактозе одређиван је ензимско-спектрофотометријском методом. Ово је прво систематско истраживање садржаја лактозе у млечним производима које обухвата узорке са територије Србије. Резултати доприносе бољем разумевању нутритивних карактеристика локално доступних млечних производа и показују значај овог истраживања за праћење и контролу садржаја лактозе, посебно за особе са интолеранцијом на лактозу. Анализирано је 40 узорак млечних производа са тржишта Београда. Узорци су обухватили: 6 пастеризованих млека, 18 ферментисаних производа (9 јогурта, 2 кисела млека, 1 кефир и 6 павлака) и 16 сирева (5 свежих, 3 полумасна, 2 пуномасна, 3 екстрамасна и 3 сирна намаза).

Пре експерименталног одређивања лактозе извршена је прелиминарна процена квалитета паковања. Проверавано је физичко стање амбалаже и да ли производ задржава одговарајући облик. Ова контрола омогућава процену адекватности паковања и правилног складиштења. Такође, проверени су подаци о датуму производње и паковања, року употребе и садржају декларације. Сви декларисани састојци били су дозвољени и усклађени са релевантним прописима.

Наредна фаза укључивала је органолептичку анализу (боја, мирис и укус). Боја свих узорак била је карак-

Results and Discussion

In this study, lactose content was determined using the enzymatic-spectrophotometric method. This is the first systematic investigation of lactose content in dairy products including samples from the territory of Serbia. The results contribute to a better understanding of the nutritional characteristics of locally available dairy products and highlight the importance of this research for monitoring and controlling lactose content, especially for individuals with lactose intolerance. A total of 40 dairy product samples from the Belgrade market were analyzed. The samples included: 6 pasteurized milks, 18 fermented products (9 yogurts, 2 sour milks, 1 kefir, and 6 sour creams), and 16 cheeses (5 fresh, 3 semi-fat, 2 full-fat, 3 extra-fat, and 3 cheese spreads).

Before the experimental determination of lactose, a preliminary assessment of the packaging quality was carried out. The physical condition of the packaging and whether the product maintained its proper shape were checked. This inspection allows for the evaluation of packaging adequacy and proper storage. Additionally, information on the production and packaging dates, expiration date, and declared content was verified. All declared ingredients were permitted and in compliance with relevant regulations.

The next phase involved organoleptic analysis (color, smell, and taste). The color of all samples was characteris-

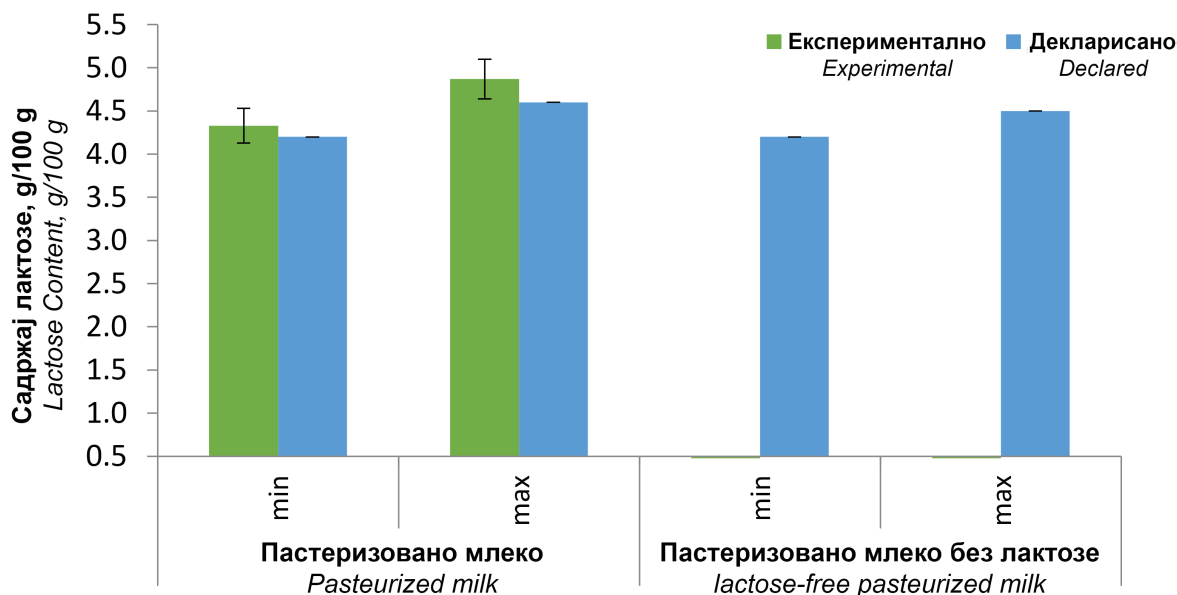
теристична за одговарајућу врсту млечног производа; ниједан узорак није показивао присуство плесни, која може настати услед неадекватних услова чувања или температурних осцилација. Мирис узорака није указивао на појаву ужеглости, док је укус био оцењен као веома пријатан. Како законска регулатива не прописује обавезни садржај лактозе у млечним производима, добијене вредности поређене су са декларацијама. Према Правилнику о декларисању [8], у нутритивној декларацији није обавезно навођење врсте шећера, али се за млечне производе подразумева да је то лактоза, осим код производа који су означени као „без лактозе”.

Европска комисија [11] прописује толеранцију за садржај шећера $<10 \text{ g}/100 \text{ g}$ од $\pm 2 \text{ g}$. Толеранције представљају дозвољена одступања између декларисаних вредности и резултата званичних контрола. Оне узимају у обзир природну варијабилност сировина, сезонске осцилације и технолошке разлике.

Експериментално одређени садржај лактозе у анализираним узорцима био је у опсегу од $<0,25$ до $6,53 \text{ g}/100 \text{ g}$.

Пастеризовано млеко: Вредност за лактозу је била у интервалу $4,34\text{--}4,73 \text{ g}/100 \text{ g}$. Све вредности показале су благо позитивно одступање у односу на декларацију (од $+103,1$ до $+107,8\%$), али су остале у границама толеранције Европске комисије (од $0,13 \text{ g}/100 \text{ g}$ до $0,30 \text{ g}/100 \text{ g}$). У узорку који је био декларисан „без лактозе”, није детектовано присуство лактозе ($<0,25 \text{ g}/100 \text{ g}$) (графикон 2). То су потврдили у свом истраживању и Јакшић и сарадници (2022) [12], тј. у узорцима пастеризованог млека нису пронашли присуство овог шећера ($< 0,1 \text{ g}/100 \text{ g}$).

Графикон 2. Одређивање лактозе у термички обрађеном млеку



tic of the corresponding type of dairy product; none of the samples showed signs of mold, which can develop due to inadequate storage conditions or temperature fluctuations. The smell of the samples did not indicate rancidity, and the taste was assessed as very pleasant. Since the legislation does not prescribe mandatory lactose content in dairy products, the obtained values were compared with the declarations. According to the Rulebook on Labeling [8], it is not mandatory to specify the type of sugar in the nutritional declaration, but for dairy products, it is assumed to be lactose, except for products labeled as 'lactose-free.

The European Commission [11] prescribes a tolerance for sugar content $<10 \text{ g}/100 \text{ g}$ of $\pm 2 \text{ g}$. Tolerances represent the allowed deviations between declared values and the results of official controls. They take into account the natural variability of raw materials, seasonal fluctuations, and technological differences.

The experimentally determined lactose content in the analyzed samples ranged from <0.25 to $6.53 \text{ g}/100 \text{ g}$.

Pasteurized milk: The lactose content ranged from 4.34 to $4.73 \text{ g}/100 \text{ g}$. All values showed a slight positive deviation compared to the declaration (from $+103.1\%$ to $+107.8\%$) but remained within the European Commission's tolerance limits (from 0.13 to $0.30 \text{ g}/100 \text{ g}$). In the sample labeled as 'lactose-free,' no lactose was detected ($<0.25 \text{ g}/100 \text{ g}$) (Chart 2). This finding was also confirmed by Jakšić et al. (2022) [12], who reported that lactose was not detected in pasteurized milk samples ($<0.1 \text{ g}/100 \text{ g}$).

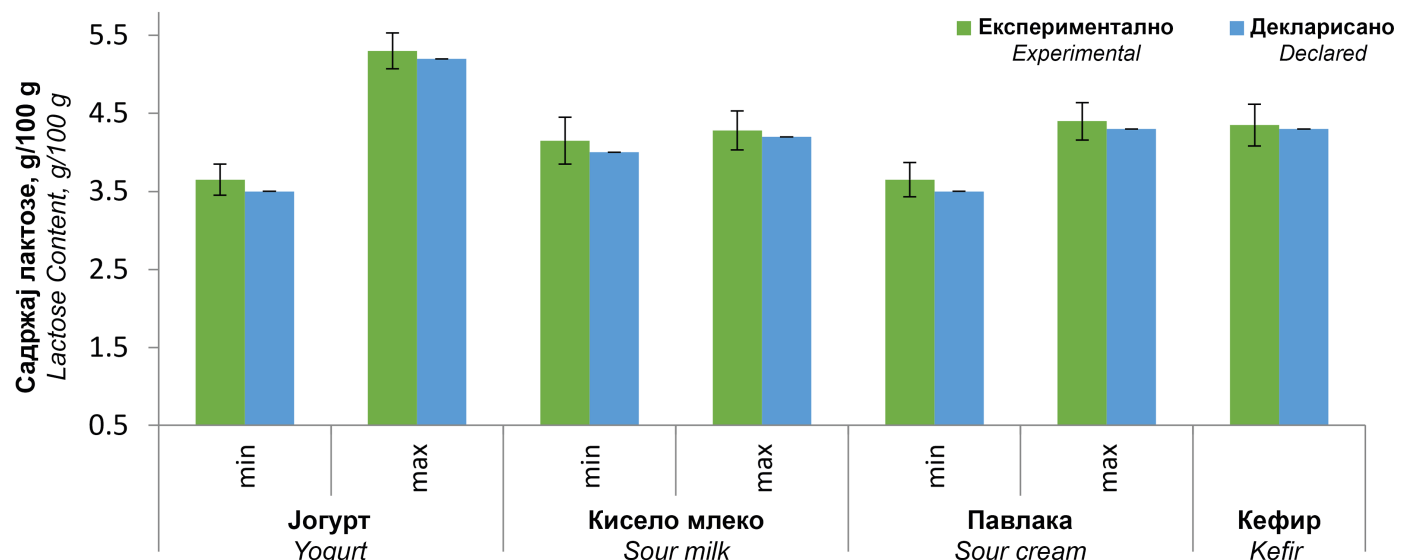
Chart 2. Determination of lactose in heat-treated milk

Ферментисани производи: Садржај лактозе кретао се од 3,65 до 5,30 g/100 g (графикон 3). Најшири опсег забележен је код јогурта (3,65–5,30 g/100 g), а најужи код киселог млека (4,15–4,28 g/100 g). Добијени резултати су у складу са подацима из литературе [13–15]. Силаникове и сарадници (2015) су за јогурт представили резултате од 3,8 до 5,0 g/100 g, док су Гиле и сарадници (2018) за јогурт пријавили од 2,897 до 4,235 g/100 g. Џизак-Руновска (2022) су за садржај лактозе код јогурта, пробиотског јогурта, грчког јогурта и кефира представили вредности од 5,05; 5,05; 5,65 и 4,55 g/100 g, редом. Сви наведени резултати потврђују да јогурт обично садржи више лактозе од кефира.

Вредности за лактозу код јогурта су веома сличне онима код пастеризованог млека, али особе које су интолерантне на лактозу могу боље толерисати јогурт него млеко због делимичне конверзије лактозе у глукозу и галактозу бактеријском ферментацијом. Поред тога, јогурт садржи ензим лактазу коју производе бактеријске културе које се користе за његово прављење, а која може помоћи у варењу лактозе у цревима [16]. Ово објашњење је применљиво и код других ферментисаних производа.

Ферментисани производи имају и документоване функционалне ефекте. Тако је праћен и њихов директан утицај на орално здравље деце. Нешковић и сарадници (2022) [17] су показали да константна конзумација јогурта обогаћеног *Lactobacillus rhamnosus* GG културом инхибира накупљање зубног филма и подстиче повећање рН вредности пљувачке код деце са мешовитом дентицијом. Редовна конзумација јогурта може да буде повезана са бољим здрављем црева и општим балансом цревне микрофлоре [18].

Графикон 3. Одређивање лактозе у ферментисаним производима од млека



Fermented products: Lactose content ranged from 3.65 to 5.30 g/100 g (Figure 3). The widest range was observed in yogurt (3.65–5.30 g/100 g), while the narrowest was in cultured milk (4.15–4.28 g/100 g). The obtained results are consistent with literature data [13–15]. Silanikove et al. (2015) reported lactose content in yogurt ranging from 3.8 to 5.0 g/100 g, while Gile et al. (2018) reported values from 2.897 to 4.235 g/100 g for yogurt. Czizak-Runowska (2022) reported lactose content for yogurt, probiotic yogurt, Greek yogurt, and kefir as 5.05; 5.05; 5.65; and 4.55 g/100 g, respectively. All these results confirm that yogurt generally contains more lactose than kefir.

Lactose values in yogurt are very similar to those in pasteurized milk, but individuals with lactose intolerance may tolerate yogurt better than milk due to the partial conversion of lactose into glucose and galactose through bacterial fermentation. Additionally, yogurt contains the enzyme lactase, produced by the bacterial cultures used in its preparation, which can aid in the digestion of lactose in the intestines [16]. This explanation also applies to other fermented products.

Fermented products also have documented functional effects. Their direct impact on children's oral health has been studied. Nešković et al. (2022) [17] demonstrated that regular consumption of yogurt enriched with *Lactobacillus rhamnosus* GG inhibits dental plaque accumulation and promotes an increase in salivary pH in children with mixed dentition. Regular yogurt consumption may also be associated with improved gut health and overall balance of the intestinal microbiota [18].

Chart 3. Determination of lactose in fermented milk products

Сиреви и производи од сира: Код екстремасних сирева лактоза није детектована. Код полумасних и пуномасних сирева садржај лактозе је износио <0,25–1,60 g/100 g и <0,25–2,21 g/100 g, редом (табела 2.). Технолошки поступак (мерења, одвајање сурутке, време зрења) је кључни фактор који одређује присуство лактозе. Сиреви пареног теста су једина група која може бити без лактозе, иако то није декларисано. Уједно, већа масноћа чешће је повезана са одсуством лактозе. То потврђују и Јакшић и сарадници (2022) [12], који у узорцима пармезана, чедара, гауде и трапист сира, нису пронашли присуство овог шећера (мање од 0,1 g/100 g). Ови аутори су у различитим млечним производима одредили садржај лактозе у распону од 0,493±0,026 g/100 g у домаћем сиру до 4,42±0,180 g/100 g у павлаци за кување.

У овом истраживању сирни намази имали су највећи садржај лактозе, са најширим опсегом вредности (2,18–6,32 g/100 g).

Табела 2. Одређивање лактозе у сиревима и производима од сира

Cheeses and cheese products: Lactose was not detected in extra-fat cheeses. In semi-fat and full-fat cheeses, lactose content ranged from <0.25 to 1.60 g/100 g and <0.25 to 2.21 g/100 g, respectively (Table 2). The technological process (curd handling, whey separation, maturation time) is a key factor determining the presence of lactose. Pasta filata cheeses are the only group that can be lactose-free, even if not labeled as such. Higher fat content is also more often associated with the absence of lactose. This is supported by Jakšić et al. (2022) [12], who found no detectable lactose (<0.1 g/100 g) in samples of Parmesan, Cheddar, Gouda, and Trappist cheeses. These authors reported lactose content in various dairy products ranging from 0.493 ± 0.026 g/100 g in homemade cheese to 4.42 ± 0.180 g/100 g in cooking cream.

In this study, cheese spreads had the highest lactose content, with the widest range of values (2.18–6.32 g/100 g).

Table 2. Determination of lactose in cheeses and cheese products

Узорак Sample	n	Садржај лактозе Lactose content	Декларисана вредност шећера Declared sugar content	% од декларисане вредности % of declared value
Сиреви и производи од сира / Cheeses and cheese products				
Свежи сиреви / Fresh cheeses				
Свежи сир са 0,5% ММ / Fresh cheese with 0.5% MF	1	4,33	4,2	103,1
Свежи пуномасни сир са 18% ММ / Fresh full-fat cheese with 18% MF	1	2,05	2	102,5
Бели меки сир са 15% ММ / White soft cheese with 15% MF	1	2,60	2,6	100
Меки сир са 17,5% ММ / Soft cheese with 17.5% MF	1	2,35	2,2	106,8
Екстра меки сир са 40% ММ / Extra soft cheese with 40% MF	1	4,60	4,5	102,2
Полумасни сиреви ≥25 и <45 ММ у сувој материји / Semi-fat cheeses ≥25 u <45 milk fat in dry matter				
Козији сир са 20,2% ММ / Goat cheese with 20.2% MF	1	1,60	1,5	106,7
Полутврди полумасни сир са 26% ММ / Semi-hard semi-fat cheese with 26% MF	1	<0,25	<0,1	-
Екстра тврди полумасни сир са 29% ММ / Extra-hard semi-fat cheese with 29% MF	1	<0,25	<0,1	-
Пуномасни сиреви ≥45 и <60 ММ у сувој материји / Full-fat cheeses ≥45 u <60 milk fat in dry matter				
Пуномасни меки сир са 14,5% ММ / Full-fat soft cheese with 14.5% MF	1	2,21	2	110,5
Пуномасни полутврди сир са 26% ММ / Full-fat semi-hard cheese with 26% MF	1	<0,25	<0,1	-
Екстремасни сиреви ≥60 ММ у сувој материји / Extra-fat cheeses ≥60 milk fat in dry matter				
Тврди масни сир са 29% ММ / Hard fat cheese with 29% MF	1	<0,25	<0,1	-
Тврди сир са 36% ММ / Hard cheese with 36% MF	1	<0,25	<0,5	-
Дехидрирани сир са 37% ММ / Dehydrated cheese with 37% MF	1	<0,25	<0,1	-
Сирни намази / Cheese spreads				
Крем сир са 17% ММ / Cream cheese with 17% MF	1	3,14	3	104,7
Крем сир са 24,5% ММ / Cream cheese with 24.5% MF	1	6,32	6	105,3
Сирни намаз са 25% ММ / Cheese spread with 25% MF	1	2,18	2	109,0

ММ – млечна маст

MF – milk fat

Допринос дневном уносу шећера

Иако пастеризовано млеко и ферментисани производи не садрже највеће концентрације лактозе, њихов удео у дневном уносу је значајан због типичне величине порције (200 g). На тај начин се уноси 7,3–10,6 g лактозе. Сирни намази, иако богатији лактозом, конзумирају се у мањим порцијама (40 g), што обезбеђује око 1,9 g лактозе.

Према ЕУ и домаћим прописима референтни унос шећера износи 90 g/дан [8, 19]. Једна порција јогурта тиме обезбеђује око 10% референтног уноса шећера.

Толеранција на лактозу и препоручени прагови уноса

Према мишљењу Европске агенције за безбедност хране (енгл. *European Food Safety Authority*, EFSA), не постоји универзална граница уноса лактозе која би важила за све особе, јер толеранција значајно варира међу појединцима. На толеранцију утиче доста фактори као што су: да ли се лактоза узима уз храну, каква је цревна микрофлора, да ли је особа навикла на млечне производе [20]. Ипак, према EFSA и доступној литератури, већина особа са претпостављеном интолеранцијом на лактозу или малапсорпцијом може толерисати приближно 12 g лактозе по порцији (што одговара приближно једној чаши млека од приближно 250 mL), без појаве симптома или уз врло благе симптоме [21]. У старијим или строжијим препорукама за производе са смањеним садржајем лактозе, као оријентациона вредност често се наводи праг од ≤ 6 g лактозе по порцији, мада то представља практичну смерницу, а не универзалну норму [22]. Код неких особа толеранција може бити и већа – 15–18 g лактозе одједном ако се конзумира заједно са храном, док се укупни дневни унос код толерантнијих појединаца може кретати и до 20–24 g, подељено у неколико мањих порција [23].

За разлику од особа са интолеранцијом лактозе, код којих се одређена количина лактозе може толерисати, особе са галактоземијом морају потпуно избегавати лактозу и галактозу због метаболичке немогућности њихове разградње.

Закључак

Резултати овог рада показују да се садржај лактозе у млечним производима разликује у зависности од врсте и технолошког поступка. Пастеризовано млеко показало је благо повећане вредности у односу на декларисане, али у оквиру дозвољених граница толеранције.

Contribution to daily sugar intake

Although pasteurized milk and fermented products do not contain the highest concentrations of lactose, their contribution to daily intake is significant due to the typical portion size (200 g). This corresponds to an intake of 7.3–10.6 g of lactose. Cheese spreads, although richer in lactose, are consumed in smaller portions (40 g), providing approximately 1.9 g of lactose.

According to EU and domestic regulations, the reference intake for sugars is 90 g/day [8, 19]. One serving of yogurt thus provides approximately 10% of the reference sugar intake.

Lactose tolerance and recommended intake thresholds

According to the European Food Safety Authority (EFSA), there is no universal lactose intake limit that applies to everyone, as tolerance varies significantly among individuals. Factors influencing tolerance include whether lactose is consumed with food, the composition of the intestinal microbiota, and whether the person is accustomed to dairy products [20]. Nevertheless, according to EFSA and the available literature, most individuals with presumed lactose intolerance or malabsorption can tolerate approximately 12 g of lactose per serving (roughly equivalent to one 250 mL glass of milk) without experiencing symptoms or with only very mild symptoms [21]. In older or stricter recommendations for reduced-lactose products, a practical guideline often cited is a threshold of ≤ 6 g of lactose per serving, although this represents a guideline rather than a universal standard [22]. Some individuals may tolerate higher amounts - 15–18 g of lactose at once if consumed with food - while the total daily intake for more tolerant individuals can reach 20–24 g, divided into several smaller servings [23].

Unlike individuals with lactose intolerance, who can tolerate a certain amount of lactose, people with galactosemia must completely avoid lactose and galactose due to their metabolic inability to break them down.

Conclusion

The results of this study show that lactose content in dairy products varies depending on the type and technological process. Pasteurized milk showed slightly higher values compared to the declared content, but still within the allowed tolerance limits. Fermented products exhibited expected variations due to bacterial fermentation, while cheeses - particularly extra-fat and aged varieties - con-

Ферментисани производи показали су очекиване варијације услед бактеријске ферментације, док су сиреви, посебно екстремасни и зрели, садржали најниже или недетектабилне количине лактозе. Сирни намази садрже највише лактозе у оквиру сирева.

Иако концентрација лактозе варира, на стварни допринос лактозе у исхрани пресудно утиче величина порције, па млеко и ферментисани производи остају најзначајнији извори уноса. Већина особа са интолеранцијом лактозе може толерисати унос умерене количине лактозе, док се код галактоземије лактоза мора у потпуности избегавати. Добијени резултати наглашавају важност тачног декларисања и познавања нутритивног састава за потрошаче са посебим дијететским потребама. Ово је прво систематско истраживање садржаја лактозе у млечним производима у Србији, што наглашава његов значај за разумевање нутритивних карактеристика локално доступних производа и за праћење садржаја лактозе у сврху дијететских препорука.

tained the lowest or undetectable amounts of lactose. Among cheeses, cheese spreads had the highest lactose content.

Although lactose concentration varies, the actual contribution of lactose to the diet is largely determined by portion size, making milk and fermented products the most significant sources of intake. Most individuals with lactose intolerance can tolerate moderate amounts of lactose, whereas people with galactosemia must completely avoid it. The results highlight the importance of accurate labeling and knowledge of nutritional composition for consumers with specific dietary needs. This is the first systematic study of lactose content in dairy products in Serbia, emphasizing its significance for understanding the nutritional characteristics of locally available products and for monitoring lactose content in the context of dietary recommendations.

Литература / References

1. Grujić R, Miletić I. Nauka o ishrani čovjeka [Human nutrition science]. Banja Luka: Tehnološki fakultet; 2006. 268 p. Serbian.
2. Bennett BJ, Hall KD, Hu FB, McCartney AL, Roberto C. Nutrition and the science of disease prevention: a systems approach to support metabolic health. *Ann N Y Acad Sci*. 2015; 1352:1–12. <https://doi.org/10.1111/nyas.12945>
3. US Department of Agriculture; US Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans, 2020–2025. 9th ed. Washington (DC): US Government Publishing Office; 2020.
4. Davoodi SH, Shahbazi R, Esmaeili S, Sohrabvandi S, Mortazavian A, Jazayeri S et al. Health-Related Aspects of Milk Proteins. *Iran J Pharm Res*. 2016; 15(3):573–91. PMID: 27980594
5. McSweeney PLH, Ottogalli G, Fox PF. Diversity of cheese varieties: an overview. In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP, editors. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. San Diego (CA): Academic Press; 2004. p. 1–23.
6. Robles L, Priefer R. Lactose intolerance: what your breath can tell you. *Diagnostics (Basel)*. 2020; 10(6):412. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10060412>
7. Succio M, Sacchettini R, Rossi A, Parenti G, Ruoppolo M. Galactosemia: Biochemistry, Molecular Genetics, Newborn Screening, and Treatment. *Biomolecules*, 2022; 12(7):968. <https://doi.org/10.3390/biom12070968>
8. Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane [Rulebook on Declaration, Labelling and Advertising of Food]; “Službeni glasnik RS”, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022, 30/2022, 61/2024 [Official Gazette of the Republic of Serbia, no. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022, 30/2022, 61/2024]. Serbian
9. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) No 1169/2011 of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006, and repealing Directives 87/250/EEC, 90/496/EEC, 1999/10/EC, 2000/13/EC, 2002/67/EC, 2008/5/EC and Regulation (EC) No 608/2004. *Off J Eur Union*. 2011;L304:18–63

10. Branch SK. Guidelines from the International Conference on Harmonisation (ICH). *J Pharm Biomed Anal.* 2005; 38(5):798–805. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2005.02.037>.
11. European Commission. Guidance document for competent authorities for the control of compliance with EU legislation on Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers. Brussels: European Commission; 2012.
12. Jakšić SM, Popov NS, Mihaljev ŽA, Živkov Baloš MM. Determination of lactose in milk and dairy products by HPLC-RID method. In: Multidisciplinary Conference on Sustainable Development; 2022 May 26–27; Timisoara, Romania. Book of abstracts. p. 37.
13. Silanikove N, Leitner G, Merin U. The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds. *Nutrients.* 2015; 7(9):7312–31. <https://doi.org/10.3390/nu7095340>.
14. Gille D, Walther B, Badertscher R, Bosshart A, Brügger C, Brühlhart M, et al. Detection of lactose in products with low lactose content. *Int Dairy J.* 2018; 83:17–19. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.03.003>.
15. Czyżak-Runowska G, Wójtowski JA, Łęska B, Bielińska-Nowak S, Pytlewski J, Antkowiak I, et al. Lactose content and selected quality parameters of sheep milk fermented beverages during storage. *Animals.* 2022; 12:3105. <https://doi.org/10.3390/ani12223105>.
16. Savaiano DA. Lactose digestion from yogurt: mechanism and relevance. *Am J Clin Nutr.* 2014; 99(5 Suppl):1251S–1255S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.073023>.
17. Nešković I, Maletin A, Brakoč J, Petrović B, Vujkov S, Veljović T. The role of yogurt enriched with LGG culture (*Lactobacillus rhamnosus* GG) in dental caries prevention. *Srp Arh Celok Lek.* 2022; 150:10–6. <https://doi.org/10.2298/SARH201129001N>.
18. Popović N, Brdarić E, Đokić J, Dinić M, Veljović K, Golić N, et al. Yogurt produced by novel natural starter cultures improves gut epithelial barrier in vitro. *Microorganisms.* 2020; 8(10):1586. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8101586>.
19. European Food Safety Authority. Dietary reference values for nutrients: Summary report. EFSA Supporting Publ. 2017;e15121. 92 p. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>.
20. Misselwitz B, Pohl D, Frühauf H, Fried M, Vavricka SR, Fox M. Lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and treatment. *United European Gastroenterol J.* 2013; 1(3):151–9. <https://doi.org/10.1177/2050640613484463>.
21. Wilt TJ, Shaukat A, Shamliyan T, Taylor BC, MacDonald R, Tacklind J et al. Lactose intolerance and health. *Evid Rep Technol Assess (Full Rep).* 2010; (192):1–410. PMID: 20629478
22. Hertzler SR, Huynh BC, Savaiano DA. How much lactose is low lactose? *J Am Diet Assoc.* 1996; 96(3):243–6. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(96\)00074-0](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(96)00074-0).
23. Deng Y, Misselwitz B, Dai N, Fox M. Lactose intolerance in adults: biological mechanism and dietary management. *Nutrients.* 2015; 7(9):8020–35. <https://doi.org/10.3390/nu7095380>.



Примљено / Received
1.12.2025.

Ревидирано / Revised
10.12.2025.

Прихваћено / Accepted
11.12.2025.

Кореспонденција / Correspondence

Маргарита С. Додевска – Margarita S. Dodevska
margarita_dodevska@batut.org.rs

ORCID

Margarita Dodevska
<https://orcid.org/0000-0001-6030-459X>