

Пратећи производи у индустрији млијека: карактеристике и савремени правци искоришћења

Снежана Јовановић, Тања Вучић

Сажетак Јединствени састав млијека чини ову намирницу изузетном сировином за производњу нових ингредијената са добрим функционалним својствима и могућношћу разноврсне примјене у прехранбеној индустрији. Самим тим и пратећи производи индустрије млијека, који настају у посебним технолошким поступцима, имају велики значај и примјену у производњи нових генерација ингредијената. Фракционисање млијека је врло важно у креирању ових производа, па је било неопходно направити читав низ истраживања на овом пољу, а посебно када су питању различити нивои фракционисања и сепарације појединих састојака млијека поступцима филтрације.

Овај рад је базиран на приказу основних карактеристика пратећих производа који настају у појединим процесима прераде млијека као што су сурутка, обрано млијеко, млаћеница и пермеат, као и многобројним могућностима њихове примјене. Палета производа, која се добија на бази пратећих производа, је веома широка. Тако, серум протеини и казеини су протеинске фракције, који су одлични емулгатори и протеински додаци.

Јовановић С, Вучић Т (2020) Пратећи производи у индустрији млијека: карактеристике и савремени правци искоришћења. У: Перспективе развоја прехранбене индустрије (Грујић Р, Јањић В, Тркуља Р, уредници). Академија наука у умјетности Републике Српске, Бања Лука: 315- 350.

Jovanović S, Vučić T (2020) Dairy by-products: characteristics and modern ways of utilization. In: Food industry development prospects (Grujić R, Janjić V, Trkulja R, Eds). The Academy of Sciences and Arts of Republic of Srpska, Banja Luka: 315- 350.

Осим тога, могу се хемијски или ензимски модификовати да би се добили биоактивни пептиди са бројним функционалним и нутритивним својствима. У том контексту, развијају се технике које омогућавају потпуније искоришћење укупних протеина млијека, који су дио суве материје пратећих производа индустрије млијека, а који генерално представљају економски и еколошки проблем уколико се не искористе. Фосфолипиди из фракције млијечне масти су одлични емулгатори и компоненте хране, које испољавају одлично фармаколошко дејство (нутрацеутикали). Осим тога, ензимска модификација фосфолипида млијека омогућава да се добију емулгатори са жељеним функционалним својствима. Лактоза као доминантна компонента суве материје млијека такође има читав низ добрих функционалних карактеристика и омогућава различите типове ферментације, у зависности од примјењене стартер културе, те има велику примјену у прехранбеној индустрији. Рафинисана лактоза се одликује високим степеном чистоће, хемијском и физичком стабилношћу, и као таква своју примјену налази у фармацеутској индустрији као пунилац и инертни носач за таблете, а може да се користи и у хемијској индустрији.

Међутим, остаје неколико аспеката које треба превазићи, који се односе на подробније разумијевање функционалних и нутритивних својстава нове генерације ингредијената, које могу бити препрека за њихову употребу и прихватљивост. Поред тога, у овом раду, приказане су и могућности примјене различитих састојака суве материје млијека у другим гранама индустрије, као што је производња пластичних материјала, боја, текстилних влакана и др. Нови трендови у исхрани, захтјеви за минимално процесираним храном, еколошки аспект производње у прехранбеној индустрији, су доминантни фактори који су наметнули потребу за иновативним приступима у креирању прехранбених производа нове генерације. То није заобишло ни индустрију млијека, тако да се проширила палета млијечних производа која задовољава потребе савременог потрошача, као што су млијечни производи са смањеним садржајем масти или без масти, високопротеински производи, фортификавани производи са додатком минералних материја, витамина и други пробиотски и пребиотски млијечни производи, производи са смањеним садржајем лактозе и без лактозе и др. Све ово указује на иновациони потенцијал који имају пратећи производи у индустрији млијека, чиме се отварају велике могућности у начно-истраживачком раду и могућност примјене у технолошким процесима прераде млијека и млијечних производа.

Кључне ријечи: Млијекo, Пратећи производи, Сурутка, Обрано млијекo, Млаћеница, Пермеат.

10.1. Увод

Посљедњих неколико деценија индустрија млијека је постигла велики напредак, било да се то посматра по брзој експанзији потрошње млијека и млијечних

производа, кроз побољшање технолошких поступака индустријске производње, било кроз проширење асортимана млијечних производа.

Савремена индустрија млијека подразумејева производњу широке лепезе млијечних производа у складу са захтјевима и жељама савременог потрошача. Неки млијечни производи, као што су кондензовано незаслађено и заслађено млијеко, као и мијеко у праху, се добијају поступком концентрисања суве материје млијека, што подразумејева уклањање воде савременим поступцима. Друга велика група производа подразумејева додавање других састојака немлијечног поријекла, као у случају производње млијечних напитака, воћног јогурта и др. Код треће групе производа постиже се искоришћење само дијела суве материје млијека, док други дио суве материје заостаје након добијања основног производа. Тако у технолошком поступку стандардизације, након обирања млијечне масти и добијања павлаке се добија обрано млијеко као пратећи производ, док у производњи маслаца као течна фаза се добија млаћеница. У процесу производње сира настаје сурутка, а примјеном мембранских процеса настаје пермеат, чији састав варира у зависности од врсте примијењене мембранске технике.

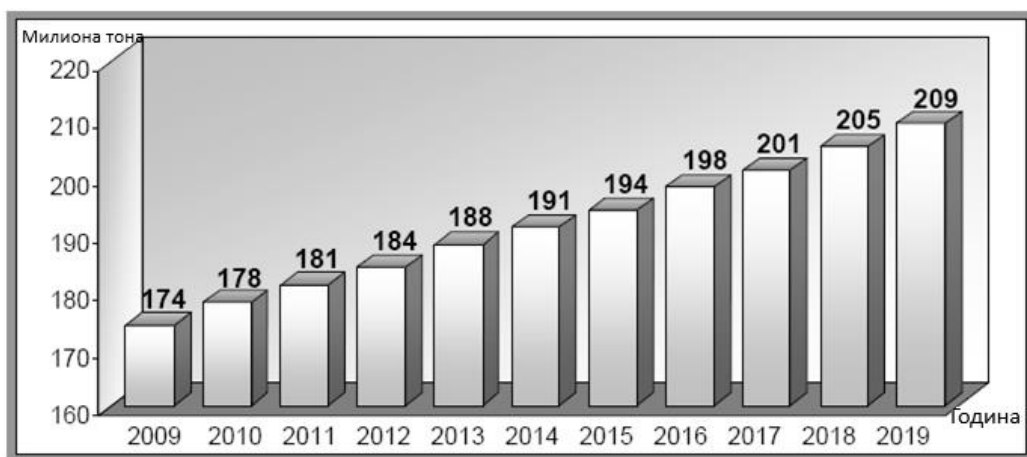
Изрази као што су споредни или узгредни производи нису одговарајући за ову групу производа, с обзиром да не обухватају значај и важност ових производа и бројне могућности њихове прераде. Наиме, у високо развијеним земљама се посвећује веома велика пажња искоришћењу обраног млијека, млаћенице, пермеата, а нарочито сурутке и добијању високо профитабилних производа који нису намијењени само прехранбеној индустрији, него и фармацеутској, грађевинској, хемијској, индустрији пластичних маса и др. Стога је назив пратећи производи у индустрији млијека много адекватнији.

10.2. Сурутка

Сурутка је пратећи производ који настаје у технолошком процесу производње сира, казеина и копреципитата. Вриједност сурутке као напитка истиче још Хипократ (460 год. п.н.е), па је самим тим препоручивао у терапијама туберкулозе, кожних болести, жутице и слично. У Швајцарској, Њемачкој и Аустрији још у 18. и 19. вијеку користе сурутку у терапијама код обољелих од дијареје, дизентерије или неких тровања, јер се сматрало да сурутка посједује својства диуретика и да позитивно дјелује на организам (Smithers 2008). Међутим, у индустрији млијека сурутка се веома дуго третира као отпад. Захваљујући истраживањима и резултатима до којих се дошло студиозним научним истраживањима, када су у питању нутритивне и функционалне карактеристике серум протеина и других компонената сурутке, почиње интересовање за сурутку као изузетно вриједну сировину. Упоредо, научна сазнања прати и развој технологије, који се манифестује кроз снажан развој различитих процесних техника, које пружају могућност прераде и бољег искоришћења сурутке. Овакав напредак се наставља и

данас, када су почетком 21. вијека у фокусу биолошки активне компоненте сурутке. Данас је главни водич у развоју нових техника прераде сурутке цијена производа и бенефити који се добијају примјеном производа на бази сурутке, који се базирају прије свега на функционалним карактеристикама. Колико је примјена савремених мембранских техника утицала на статус сурутке као сировине, потврђује и чињеница коју наводи Smithers (2008): 50-их година прошлог вијека сурутка се третираола као отпад, док се 60-их година индустријска прерада базирала на производњи сурутке у праху, која је доносила зараду од свега 1\$/kg производа. Већ од 70-их година почиње примјена различитих мембранских техника, као што су електродијализа и јонска измјена, ултрафилтрација и реверзна осмоза, чиме се проширује палета производа на бази сурутке, као што су деминерализована сурутка у праху и концентрати протеина сурутке (*eng. WPC-35 whey protein concentrate*), који доносе зараду индустрији млијека већ од 3\$/kg. Усавршавањем мембранских техника омогућено је повећање концентрације серум протеина у концентратима 80-их година прошлог вијека (WPC 75/80), као и производња изолата протеина сурутке (*eng. WPI whey protein isolate*), чиме се зарада повећава са 6\$/kg код WPC 75/80 на 10\$/kg код WPI. На прелазу два вијека развија се производња WPI 90+ са профитом од 12\$/kg, док је примјеном савремених метода фракционисања омогућено изоловање у високој концентрацији појединачних фракција доминантних (α -1a, β -1b, 1g), као и минорних серум протеина као што су лактоферин и други, чија се цијена креће у распону од 15-600\$/kg. Зато је период од 80-их до 2000. године означен као "добар до златан период" за сурутку као сировину.

На основу података о производњи сира пројектованим до 2019. године, произилази да ће свјетска производња сурутке (Слика 10.1.) биљежити стални раст од око 2% годишње (Булатовић и сар. 2012).



Слика 10.1. Перспектива свјетске производње сурутке (Булатовић и сар. 2012)

Figure 10.1. Perspective of world production of whey (Bulatović i sar. 2012)

Тренутно стање на српском тржишту је такво да су производња и извоз сурутке незнатни. Годишње се из Србије извезе сурутке у вриједности од неколико десетина хиљада долара, док је увоз значајнији и креће се од 1,9 до 4,7 милиона долара. Највише се увози из Хрватске, Белгије, Холандије. Србија је земља у којој је структура млијечних производа таква, да скоро 90% добијених производа спада у групу ферментисаних производа и конзумног млијека, тако да је продукција сурутке врло симболична (Булатовић и сар. 2012).

10. 2.1. Производња и карактеристике

Сурутка је бистра жућкасто-зелена течност, специфичног и благо сладуњавог укуса. Састав и особине сурутке зависе од примијењеног технолошког поступка производње основног производа, као и од врсте и квалитета употребљеног млијека. У зависности од начина коагулације казеина, разликује се кисела и слатка сурутка. Кисела сурутка настаје дјеловањем стартер култура и/или киселине, и настаје у производњи киселокоагулишућих сирева (свјежи сир, Кварк, Котиц), као и у производњи казеина и копрецитата, док се слатка сурутка добија дјеловањем ензима, односно у производњи слаткокоагулишућих сирева и слатког казеина (Поповић-Врањеш и Вујичић, 1997; Маћеј и сар. 1998; Јовановић и сар. 2000а; 2008). С обзиром на утицај бројних фактора, квалитет сурутке може бити врло промјенљив, као што је приказано у Табели 10.1.

Приближно 50% суве материје млијека прелази у сурутку, а најзаступљенија компонента, која чини 70% јесте лактоза, затим слиједе серум протеини, минералне материје и млијечна маст (Smithers 2008; Tratnik 2012).

10.2.2. Примјена

У производњи сирева и казеина 80-90% прерађеног млијека чини сурутка, па је сасвим оправдано настојање индустрије млијека да се упркос малом садржају суве материје и лакој кварљивости што рационалније искористи. И најновији прописи о заштити животне средине у многим земљама обавезали су произвођаче сирева да пронађу одговарајућа техничко-технолошка рјешења даљег искоришћења сурутке. Органске материје утичу да сурутка има веома високу биолошку потребу за кисеоником - БПК₅ (енг. *Biological Oxygen Demand*), која износи 35.000-45.000 mg/L и то представља велики еколошки проблем, с обзиром на испуштање сурутке без претходне обраде и прераде у канализацију, што изазива загађење ријека и стајаћих вода. Ако се узме у обзир чињеница да 70% БПК отпада на лактозу и серум протеине, проблем загађења рјешава се искориштавањем ових компоненти (Барас и Јовановић 2006; Барас и сар. 2007; 2008).

Табела 10.1. Састав и својства различитих врста сурутке (Тратник 2012)
 Table 10.1. Composition and properties of different types of whey (Тратник 2012)

Састав и својства	Слатка сурутка ¹		Кисела сурутка ²		Казеинска сурутка ³	
	опсег	x _{sr}	опсег	x _{sr}	опсег	x _{sr}
Сува материја (%)	4,5-7,2	6,5	4,2-7,4	6,0	4,5-7,5	6,8
Лактоза (%)	3,9-4,9	4,5	3,2-5,1	4,2	3,5-5,2	4,5
Протеини (%)	0,5-1,1	0,7	0,5-1,4	0,8	0,5-1,5	1,0
Пепео (%)	0,3-0,8	0,5	0,5-0,8	0,6	0,3-0,9	0,7
Маст (%)	0,3-0,5	0,4	0,05-0,4	0,2	0,02-0,2	0,1
Киселост (°Т)	10-25	20	50-85	70	50-120	70
Густина (kg/m ³)	1018-1027	1023	1019-1026	1029	1020-1025	1023

¹ сурутка од производње слаткокоагулишућих сирева

² сурутка од производње свежих киселокоагулишућих сирева

³ сурутка од производње киселог казеина

Почетком осамдесетих година прошлог вијека серум протеини су постали интересантни, с обзиром на њихову високу нутритивну вриједност, добра функционална и терапеутска својства. Развој и усавршавање, нарочито мембранских метода (ултрафилтрација, реверзна осмоза, нанофилтрација, електродијализа и други) омогућило је производњу широке палете производа на бази сурутке, као што су сурутка у праху, деминерализована сурутка у праху, концентрати протеина сурутке (КПС), изолати протеина сурутке (ИПС), α-лакталбумин, β-лактоглобулин, једноћелијски протеини, сирова и рафинисана лактоза, глукозно-галактозни сируп, алкохол, амонијачна сурутка и др. (Hugunin 1995; Поповић-Врањеш и Вујичић 1997; Мађеј и сар. 1998; Јовановић и сар. 2000а; 2003; 2005а; 2008; Царић и Милановић 2016). Сурутка у праху, добијена евапорацијом и сушењем распршивањем, није посебно значајна за људску исхрану, јер нема избалансиран састав и углавном се користи за исхрану животиња и то прије свега непреживара (Јокић и сар. 1998а; Адамовић и сар. 2000; de Wit 2001). Међутим, посебним технолошким поступком који се заснива на увођењу анхидрованог амонијака током млијечне ферментације сурутке, могуће је прилагодити је и за исхрану преживара. Овако добијен производ који се карактерише малим садржајем лактозе и до 4 пута већим садржајем азота назива се амонијачна сурутка (Јокић и сар. 1998б; Адамовић и сар. 2000). Најзначајнији производи на бази серум протеина, који имају веома широку примјену у разним гранама прехранбене и фармацеутске индустрије, приказани су у Табели 10.2.

Концентрате протеина сурутке одликује врло широк распон садржаја протеина, који се креће од 35-80%, док је за изолате протеина сурутке карактеристичан висок садржај протеина (већи од 90%), а за њихову производњу се користе технике јонске измјене и/или филтрације течне сурутке. Компарацијом ИПС и КПС при идентичним концентрацијама протеина, ИПС производи су бољих функционалних особина, захваљујући мањем садржају липида, лактозе и соли. Међутим, примјена

ИПС је још увијек ограничена, што је последица високе цијене производа (Херцег и Режек 2006; Јовановић и сар. 2005а, 2008; Rebouillat and Ortega-Requena 2015).

Табела 10.2. Протеински производи на бази сурутке и њихова примјена (Bargeman 2003)
Table 10.2. Whey protein based products and their application (Bargeman 2003)

Производ	Примјена и потенцијална примјена
КПС-концентрат протеина сурутке	Средство за побољшање нутритивних и функционалних особина финалног производа
ИПС-изолат протеина сурутке	Средство за побољшање нутритивних и функционалних особина финалног производа
ХПС-хидролизат протеина сурутке	За побољшање нутритивних и функционалних особина и у терапеутске сврхе
β-лактоглобулин	Средство за стабилизовање емулзија, алтернатива за казеинате, бјеланце јајета и средство за желирање у прехранбеним производима
α-лакталбумин	За обогаћивање инфант формула
Гликомакропептид (ГМП)	Терапеутска примјена
Имуноглобулини IgG ₁ , IgG ₂ , IgA, IgM	Одбрамбени протеини, антимику-биолошка улога и заштита од инфекција
Лактоферин	Одбрамбени протеин, антимику-биолошка улога, антивирусна заштита, олакшава усвајање гвожђа, анти-оксидативно средство, антиканцерогена својства. Примјена у инфант формулама, козметици, функционаној храни и као адитив у превенцији развоја <i>E. Coli</i> и <i>Salmonelle</i> у свјежем месу (користи се у САД)
Лактопероксидаза	Антимикуробиолошка заштита и функција антиоксидативног протеина Користи се у производњи зубне пасте и средстава за испирање уста и грла
Фактори раста TGF-beta, IGF-1, IGF-2, FGF-1, FGF-2, PDGF-BB	Протеини који подстичу раст

Хидролизати протеина сурутке (ХПС) добијају се парцијалном хидролизом у контролисаним условима до постизања специфичних нутритивних и функционалних особина, а карактерише их висок степен чистоће. Уобичајено је да се за карактеризацију овог типа производа користе два параметра и то: степен хидролизе и молекулска маса полипептида. ХПС су специфичан тип производа, намијењен за примјену у припреми дијететске и високовриједне нутритивне хране

за специјалне намјене - за исхрану спортиста и одређених група болесника (Херцег и сар. 2005; 2008; Јовановић и сар. 2005а).

У посљедњих десет година посебна пажња посвећена је развоју и имплементацији индустријских процеса производње пречишћених протеина сурутке, који имају одбрамбену функцију у организму, попут лактоферина, лактопероксидазе, имуноглобулина и фактора раста.

Функционалне особине протеина сурутке су одређене њиховим физичким, хемијским и структурно/конформационим особинама. Оне подразумевају величину и облик молекула, аминокиселински састав и секвенцу, наелектрисање и његову дистрибуцију, однос хидрофилности и хидрофобности молекула, садржај секундарних структура и њихову дистрибуцију, терцијарну и кватернарну организацију полипептидних сегмената и њихову осјетљивост на спољне услове (De Wit 2001; Јовановић и сар. 2005а; Мађеј и сар. 2007а; Херцег и сар. 2008).

У Табели 10.3. дат је преглед функционалних особина и примјена концентрата серум протеина. КПС се одликује високом способношћу желирања и везивања воде, што их чини погодним адитивом у пекарској индустрији и индустрији млијека. Једна од значајних особина протеина је њихова способност да образују стабилне емулзије, као и способност формирања стабилне пјене (Поповић-Врањеш и Вујчић 1997; Tunick 2008; Јовановић и сар. 2005а; 2007; Херцег и сар. 2005; 2008; Мађеј и сар. 2007а).

Лактоза је најзаступљенија компонента сурутке (чини око 70% СМ), као и пермеата (око 80% СМ).

Технолошки процеси производње лактозе се могу подијелити у двије основне групе: процеси код којих се кристализација и одвајање лактозе врши из концентроване сурутке (без претходног уклањања протеина сурутке) и процеси код којих се кристализација и одвајање лактозе врши из депротеинизоване сурутке или пермеата (протеини се издвајају ултрафилтрацијом или неком другом методом, као што је коагулација). Примјеном оба процеса може се произвести сирова или рафинисана лактоза. У процесу производње лактозе боље је користити депротеинизовану сурутку од обичне, с обзиром да протеини снижавају могући степен упаравања, и ометају кристализацију и сепарирање кристала (Царић и Милановић 2016).

На међународном тржишту разликује се неколико комерцијалних категорија лактозе, чији је квалитет приказан је у Табели 10.4.

Лактоза је веома значајна, јер стимулише интестиналну асимилацију калцијума, магнезијума, цинка и мангана. Посједује релативно низак глихемијски индекс, тако да је погодна у исхрани дијабетичара. Стимулише раст пожељне интестиналне микрофлоре у првом реду *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, а инхибира раст патогених бактерија и токсина. Највећу примјену лактоза налази у прехранбеној и фармацеутској индустрији, захваљујући одличним функционалним особинама (Burrington 1995; Царић и Милановић 2016).

Табела 10.3. Примјена концентрата протеина сурутке (КПС) у зависности од функционалних особина (Јовановић и сар. 2007)
 Table 10.3. Application of whey protein concentrates (WPC) depending on functional properties (Jovanović i sar. 2007)

Функционално својство	Начин дјеловања	Прехрамбени производ
Везивање воде; хидратација	Протеини утичу на смањење цијене производа кроз везивање додате воде	Месо, напици, хљеб, колачи, кобасице
Желирање; вискозитет	Интеракције протеин-протеин узрокују формирање структуре и облика	Преливи за салате, супе, сирни намази, печена храна, сосови, меса
Емулговање	Протеини стабилизују емулзије масти	Саламе, супе, кекс, преливи за салате, дјечија храна
Образовање пјене; способност лупања	Протеини образују стабилан филм. Особине пјене најповољније су када серум протеини нису денатурисани, када не реагују са осталим површински активним супстанцама у систему ваздух/вода	Лупани преливи, хрскави кекси, десерти
Тамњење; укус; арома	Протеини доприносе стварању тамније боје термички третираног производа, реакцијом са лактозом и другим редукујућим шећерима присутним у производима. КПС су неутралног укуса и као адитиви не доприносе формирању страног или неприхватљивог укуса	Слаткиши, месо намијењено за припрему у микроталасној пећници, сосови, хљеб, печени производи са смањеним садржајем масти, супе, млијечни производи

У индустрији млијека, лактоза се најчешће користи у производњи хуманизованог млијека и дјечије хране, у производњи модификованих и реконституисаних млијечних производа. Предности примјене лактозе у прехранбеној индустрији су: низак степен сласти, што појачава карактеристичан укус производа, има стабилишуће дејство на протеине и тамњење због стварања продукта Маилард-ових реакција (Воžанић i sar. 2014). Лактоза налази примјену и у кондиторској индустрији, у производњи карамела, тврдих бомбона и чоколаде. Код оваквих производа поправља конзистенцију и трајност. У сврху добијања тамније боје

карамела, користи се рафинисана лактоза. Затим, служи као носач испарљивих арома, као сакупљач нежељених арома, као заслађивач, у производњи чипса, пудинга, сосева, прелива за салате. У производњи кечапа, лактоза ублажава киселост, побољшава укус парадајза и утиче на очување црвене боје. Лактоза се користи у производњи жвакаћих гума, јер омогућава продужено трајање сласти заслађивача (Brittain 1995, Burrington 1995).

Табела 10.4. Хемијски састав различитих комерцијалних категорија лактозе (Царић и Милановић 2016)

Table 10.4. Chemical composition of various commercial categories of lactose (Carić i Milanović 2016)

Компонента (%)	Техничка лактоза	Сирова лактоза	Прехранбена индустрија	Фармацеутска индустрија
Лактоза	98,0	98,4	99,0	99,4 – 99,85
Вода	0,35	0,3	0,5	0,1 – 0,5
Протеини	1,0	0,8	0,1	0,01 – 0,05
Минералне мат.	0,45	0,4	0,2	0,03- 0,09
Маст	0,2	0,1	0,1	0,001 – 0,01
Млијечна киселина	0,4	0,4	0,06	0,04 – 0,03

Лактоза налази примјену и у фармацеутској индустрији, у производњи лијекова. Рафинисана лактоза се одликује високим степеном чистоће, хемијском и физичком стабилношћу, и као таква своју примјену има као пунилац и инертни носач за таблете, капсуле и средства за инхалирање. Једно од најважнијих физичких својстава лактозе, а које је значајно за производњу таблета, јесте могућност директног компримовања (de Wit 2001).

Колико су бројне могућности искориштавања сурутке примјеном савремених технолошких поступака, као и приказ великих компанија које се на свјетском нивоу баве њеном прерадом, приказано је на Слици 10.2.



Слика 10.2. Развој производње и искоришћења сурутке (Булатовић и сар. 2012)
 Figure 10.2. Development of the production and utilization of whey (Bulatović i sar. 2012)

10.3. Обрано млијеко

Под обраним млијеком се подразумејева производ који се добија обирањем пуномасног млијека при производњи павлаке, односно у процесу стандардизације. Обрано млијеко, због мањег садржаја млијечне масти, има 50% мању енергетску вриједност од пуномасног млијека и због тога представља добру сировину за производњу различитих врста дијететских производа. Сува материја обраног млијека чини 70-74% суве материје пуномасног млијека и у просјеку садржи: 5,05% лактозе, 3,60% протеина, 0,10% млијечне масти и 0,75% минералних материја (Јовановић и сар. 2000а). Према свом хемијском саставу обрано млијеко је богат извор протеина, чије учешће у сувој материји износи 37-40% и стога представља одличан извор протеина анималног поријекла и има високу нутритивну вриједност.

10.3.1. Карактеристике и примјена

У посљедњих неколико деценија од обраног млијека се производи велики број млијечних производа, као што су: ферментисани производи са и без додатака; слатки напици на бази обраног и дјелимично обраног млијека (чоколадно млијеко, пастеризовано млијеко са додатком интестиналних бактерија, milk shake и други),

свјежи сиреви - у типу Quark-а као основни производ или основа за израду свјежих сирева са додацима и сирних намаза, концентровани и сушени производи - кондензовано незаслађено и заслађено обрано млијеко, обрано млијеко у праху, концентрати и изолати протеина млијека, комерцијални казеини и др.

Казеин је најзаступљенији протеин млијека и чини око 80% укупних протеина. Од казеина се примјеном одговарајућих технолошких поступака могу добити комерцијални казеини (кисели, слатки и казеин ниског вискозитета), казеински љепкови, различите врсте пластичних маса, казеинати и копреципитати. Према Lagrange et al. (2015) производња казеина у 2014. години износила је око 274.000 тона, а највећи произвођачи су ЕУ и Нови Зеланд.

На основу агенса који се користе за преципитацију казеина из обраног млијека могу се добити сљедеће врсте казеина: кисели казеин - добија се примјеном различитих минералних и органских киселина (HCl, H₂SO₄, млијечна киселина), слатки казеин - добија се коришћењем сирила (химозин и пепсин) и казеин ниског вискозитета - добија се примјеном ензима пепсина и киселине (Bylund 1995; Мађеј и сар. 2007а; 2007б; Царић и Милановић 2016).

Технолошки процес производње киселог казеина састоји се из сљедећих технолошких операција: преципитација казеина, одвајање сурутке, испирање, пресовање, сушење, темперирање, мљевање, просијавање и паковање. Слично киселом казеину, слатки казеин се припрема од пастеризованог обраног млијека, с тим да млијеко коагулише под утицајем сирила и након коагулације се врши уситњавање, догријавање и сушење казеинског зрна на температурама од око 60°C у току 30 минута. Даљи поступци припреме слатког казеина исти су као у производњи киселог казеина. Казеин ниског вискозитета је нека врста комбинације киселог и слатког казеина, с обзиром да је технолошки процес производње комбинација ензимске и киселе коагулације. Углавном се производи за потребе индустрије папира и за производњу адхезива, који имају способност да везују пигменте. Наравно, развојем савремених техника, дошло је до бројних иновација у поступку производње казеинских препарата као што су: криопреципитација, преципитација етанолом, мембрански поступци, центрифугирање, производња "нативног" казеина (Bylund 1995; Мађеј и сар. 2007а; 2007б).

Казеини се примјењују у различитим гранама индустрије, као што су прехранбена индустрија, индустрија папира, индустрија пластичних маса, љепкова, боја, индустрија коже и друге. Слатки казеин и казеин ниског вискозитета немају примјену у прехранбеној индустрији. У прехранбеној индустрији казеин може да се користи као супституент меса, за бистрење пива и вина, обогаћивање производа, у производњи крекера (Gupta 2008; Rebouillat and Ortega-Requena 2015).

Казеинско љепило су у столарству употребљавали још стари Египћани, Грци и Римљани, а постоје записи монаха Теофила из 11. и 12. вијека са тачним упутством за припрему водоотпорног љепила: казеин, гашени креч и вода са додацима CuCl₂ и воденог стакла. Данас постоји велики број специфичних љепила који имају

различиту намјену, а у зависности од врсте додате базе прелаз колоидног раствора казеината (љепка) из стања сол у гел стање може бити: *реверзибилно* (није отпорно на дјеловање воде) - базе са Na^+ и K^+ катјонима и *иреверзибилно* (водоотпорно) - Ca^{2+} (користи се креч CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$) (Јовановић и сар. 2000а; Мађеј и сар. 2007а).

Казеинати су производи који настају растварањем киселог казеина помоћу различитих база, тако да се добијају различите врсте казеината: натријум-казеинат, калијум-казеинат, калцијум-казеинат и др. Казеинати могу да се добију из свјежег груша киселог казеина, или из сувог киселог казеина помоћу воденог раствора базе. Са аспекта примјене казеината најинтересантнији је натријум-казеинат. Савремени технолошки процес производње натријум-казеината представља континуалан индустријски процес и најчешће се састоји од даље прераде преципитованог добро испраног влажног киселог казеина, а могуће га је и произвести у присуству ограничене количине воде, коришћењем технике екструзије.

Највећи корисник натријум-казеината је свакако прехранбена индустрија. Има велику примјену у производњи модификованих млијека и млијечних производа, у индустрији меса, индустрији тијеста и тјестенина и др. Производи код којих је натријум-казеинат нашао примјену су: разне врсте кобасица (мортадела), месни доручак, модификовано млијеко, лупана павлака, "coffee whitener" (прах на бази биљне масти, који служи као додатак кафи умјесто млијека у праху), сладолед, "инстант" доручак, разни десерти, сосови, супе, казеински хљеб, тијеста, бисквити, дијетални производи, вјештачко месо и други (Gupta 2008; Rebouillat and Ortega-Requena 2015; Царић и Милановић 2016).

Постоје три основна разлога примјене натријум-казеината у прехранбеној производњи, а то су: способност да емулгује маст, да веже воду и висока нутритивна вриједност. Велика примјена натријум-казеината је и код различитих врста млијечних производа. Мађеј и сар. (2000б) су испитивали утицај натријум-казеината на квалитет и реолошке карактеристике различитих врста кисело-млијечних производа.

Копреципитати се добијају преципитацијом казеина и комплекса казеина и серум протеина, образованог при термичком третману млијека на температури вишој од 85°C , помоћу органских и минералних киселина, CaCl_2 , или њиховом комбинацијом (Мађеј и сар. 2000а, 2000ц, 2002).

Историјат копреципитата се везује за средину прошлог вијека. Наиме, још 1950. године је запажено да су протеини преципитирани из термички третираног млијека поред казеина садржавали и серум протеине. Суштину бољег искоришћења протеина млијека представља образовање коагрегата између серум протеина и казеина (Мађеј и Јовановић 2000).

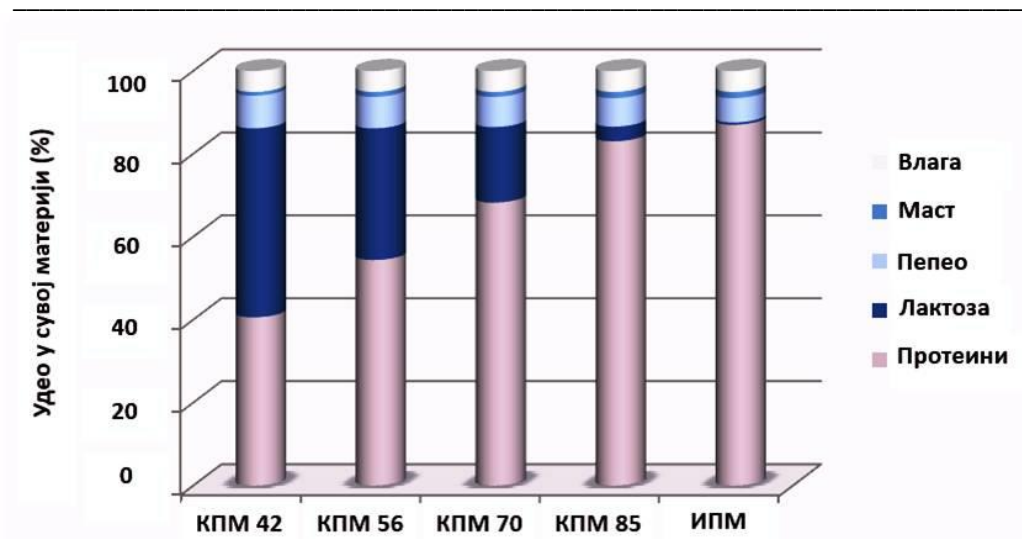
Особине и састав копреципитата зависе од начина производње и то од: количине додатог CaCl_2 , вриједности рН приликом преципитације и услова испирања (Коџев at al. 1970; Мађеј и сар. 2000ц; Царић и Милановић 2016). Постоје три групе које се разликују према садржају калцијума и то: копреципитати са ниским, средњим и

високим садржајем калцијума. За производњу копрецитата са ниским садржајем калцијума (0,1-0,5% Са) се користи термички третман 85-95°C/20 минута, додаје се 0,02-0,06% СаCl₂ и раствор НCl до постизања рН 4.6. Код копрецитата са средњим садржајем калцијума (1,0-1,5% Са) примјењује се термички третман 85-95°C/10-12 минута, уз додаток 0,06% СаCl₂ и раствор НCl до постизања рН вриједности 5,3, док за копрецитата са високим садржајем калцијума (2,5-3,0% Са) термички третман је 85-95°C/1-2 минута са додатком 0.2% СаCl₂. Добијање растворљивих копрецитата је био један од нових праваца, а процес производње се састојао у подешавању рН са NaOH до рН 7,2-7,3 и садржају суве материје од 17-20%.

Копреципитати су нашли веома широку примјену у различитим врстама прехранбених производа. Њихова примјена је веома велика нарочито у пекарској индустрији и то у изради бисквита, дијеталних пекарских производа са повећаним садржајем протеина и ниским садржајем лактозе; у газираним напицима и дјечијој храни на бази воћа и поврћа, у производњи хране за бебе без угљених хидрата, у комбинацији са протеинима крви копреципитати се користе као замјена за месо, у пекарским производима за специфичне циљне групе (омладина, спортисти, дијабетичари) и др. (Царић и Милановић 2016).

На бази копрецитата постоји и посебна група киселокоагулишућих сирева, који се добијају дјеловањем високих температура и додатком неке од органских киселина. Овакав начин производње је карактеристичан за велики број земаља Латинске Америке и познати су под називом "Latin American White Cheese" (Salvadori del Prato 1998). И на нашим просторима се сиреви производе на овај начин додавањем неке од органских киселина у млијеко загријано на температуру вишу од 80°C, а њихова специфичност је већи степен искоришћења азотних материја и млијечне масти у односу на класичан начин производње сира, а самим тим и већи рандман, као и могућност да се конзумирају свјежи, након производње (Јовановић и сар. 1994; 2000б; 2005б).

Најновија генерација ингредијената, која се добија на бази обраног млијека примјеном мембранске филтрације, јесу концентрати протеина млијека (КПМ), код којих се садржај протеина креће у распону од 40%-80%, док је код изолата протеина млијека (ИПМ) садржај већи и износи око 90% (Слика 10.3.). Ове производе карактерише висок садржај везаног калцијума, а однос казеина и серум протеина је исти као код млијека, имају добру термичку стабилност и неутралан укус. Као и концентрати и изолати протеина сурутке имају одлична функционална својства, која се огледају у доброј способности везивања воде, способности желирања, стварања стабилне пјене, добрих емулгујућих особина. Поларна природа чини их пожељним емулгаторима који се користе као замјена за масти и побољшавају текстуру и повећавају рок трајања у различитим производима као што су хљеб, месо и замрзнути десерти. КПМ се користе веома много у индустрији млијека (у производњи сира и јогурта), сладоледа, дијететских формулација и енергетских плочица, инфант формула, дезерата, пецива, прелива, спортских напитака, ентералној храни и др (Rebouillat and Ortega-Requena 2015).



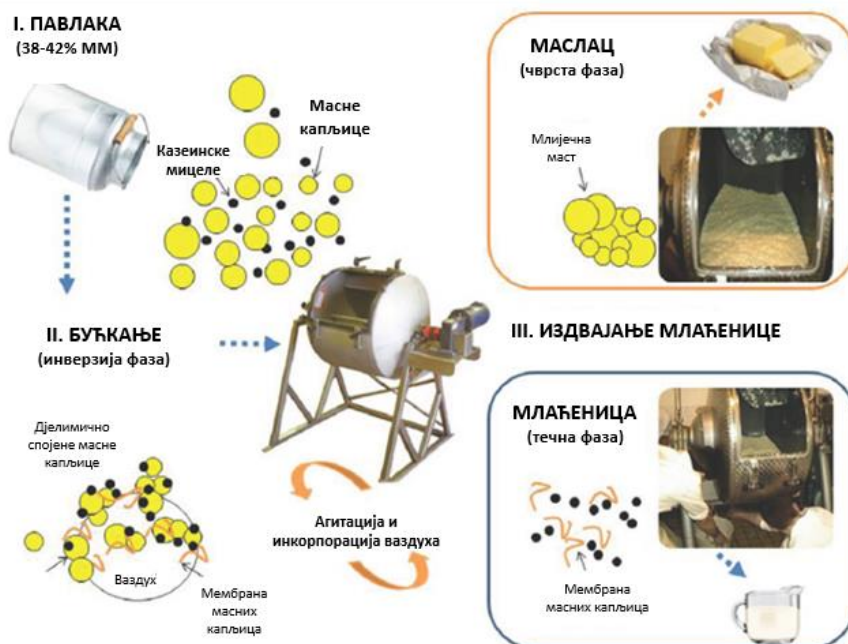
Слика 10.3. Просјечан састав КПМ и ИПМ (Rebouillat and Ortega-Requena 2015)
 Figure 10.3. General composition of MPCs (Rebouillat and Ortega-Requena 2015)

10.4. Млаћеница

Млаћеница, као пратећи производ у преради маслаца, садржи нутритивно и функционално вриједне компоненте, али се још увијек сматра производом ниске вриједности (Roesch et al. 2004), па се ријетко прерађује и конзумира. Статистички подаци о количини произведене млаћенице су слабо доступни, поготово када се ради о земљама Балкана. Укупна свјетска производња млаћенице износи око 6,3 милиона тона годишње (Libudzisz and Stepaniak 2011), а према Eurostat (2016) у 2015. години укупна производња млаћенице у земљама Европске уније износила је приближно 2 милиона тона.

10.4.1. Производња и карактеристике

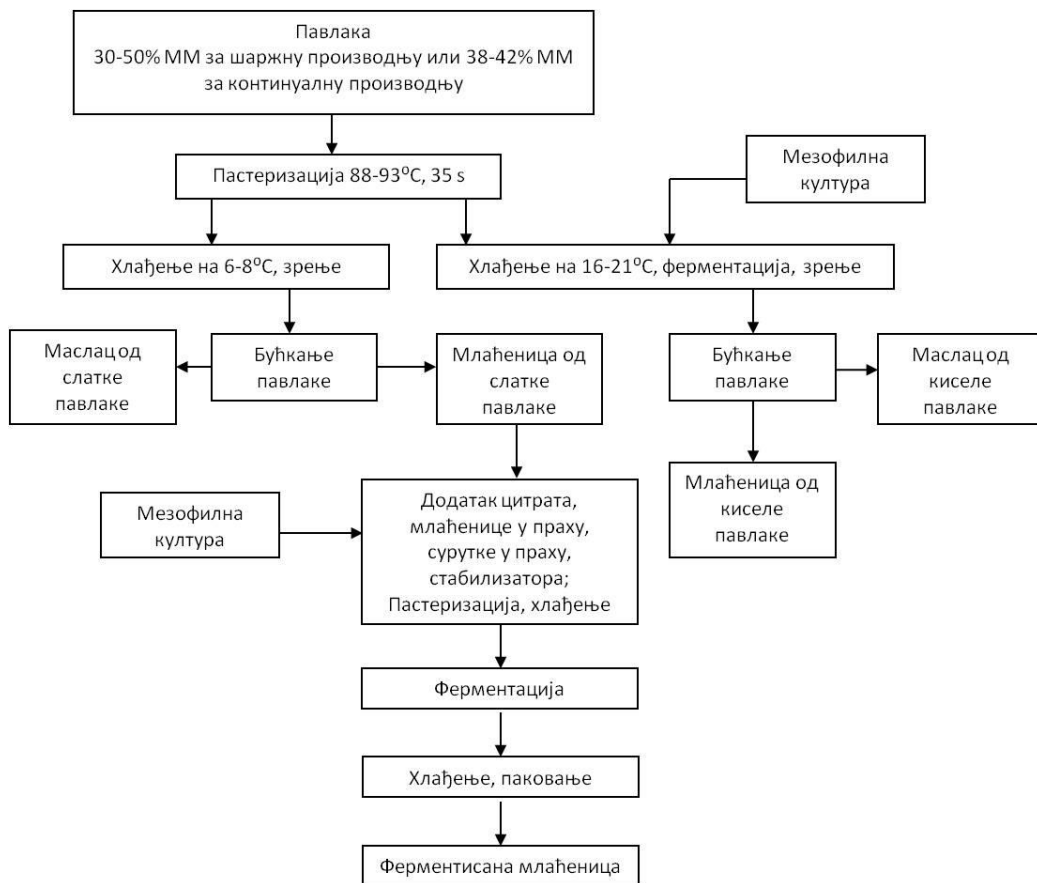
Маслац се обично производи од павлаке која садржи 40% млијечне масти (ММ), која представља емулзију типа уља у води. У току производње, приликом бућкања павлаке долази до дестабилизације емулзије и настају липидна фаза – маслац и водена фаза, која се назива млаћеница (Слика 10.4.).



Слика 10.4. Шематски приказ производње маслаца. (I) Бућкање пастеризоване павлаке при коме долази до инверзије фаза; (II) пуцање мембрана масних капљица (ММК); (III) издвајање млаћенице и даља прерада маслаца (Conway et al. 2014)
 Figure 10.4. Schematic representation of butter production. (I) Pasteurized cream is churned in order to induce a phase inversion; (II) the milk fat globule membrane (MFGM) is ruptured; (III) separation of the buttermilk and further processing of butter (Conway et al. 2014)

У зависности од услова прераде и коришћене сировине, млаћеница може бити слатка, кисела или ферментисана (Слика 10.5).

Павлака која се користи за производњу маслаца обично се производи у самом погону обирањем пуномасног млијека. рН вриједност павлаке не би требала бити мања од 6,6, а титрациона киселост би требала да буде 0,10-0,12% млијечне киселине. С обзиром да је млијечна маст лош проводник топлоте, пастеризација павлаке врши се на високим температурама (85-110°C/10-30 s), са циљем уништења ензима и микроорганизама (Keogh 2006). Након пастеризације млијечна маст се налази у течном стању. Како би се смањио садржај масти која прелази у млаћеницу током бућкања, неопходно је да се изврши зрење павлаке које обично траје 12-15 сати. У зависности од врсте производа (маслац/млаћеница од слатке или киселе павлаке) у току зрења одвијају се физичке и биохемијске промјене. Физичко зрење павлаке има за циљ кристализацију млијечне масти и може се одвијати при различитим режимима хлађења, како би се добила маст одговарајуће чврстине, док се биохемијско зрење врши под утицајем додатих starter култура које производе млијечну киселину и пожељне компоненте укуса, првенствено диацетила, ацеталдехида и CO₂ (Libudzisz and Stepaniak 2011).



Слика 10.5. Технолошки процес производње слатке, киселе и ферментисане млаћенице (Libudzisz and Stepaniak 2011)

Figure 10.5. The technological production process of sweet, sour and fermented buttermilk (Libudzisz and Stepaniak 2011)

Бактерије млијечне киселине које се најчешће користе су *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, које продукују млијечну киселину и смањују рН вриједност до 4,5-5,0, и *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* и/или *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *citrovorum*, који су одговорни за формирање ароме (Keogh 2006; Vanderghem et al. 2010). При производњи маслаца и млаћенице од киселе павлаке, након пастеризације павлака се хлади до температуре од 20°C и инокулише са 5% мезофилне културе. Када се рН вриједност спусти на 5,2, павлака се хлади на 16°C, што успорава продукцију млијечне киселине и фаворизује стварање аромогених једињења (Mortensen 2006). Један од недостатака оваквог начина производње киселе млаћенице је што ферментација у великој мјери утиче на физичко зрење павлаке. Алтернативни метод за производњу млаћенице са већим степеном киселости је даља прерада

слатке млаћенице додатком млијечне киселине, цитрата и мезофилне стартер културе, а крајњи производ је познат под називом ферментисана млаћеница.

Током бућкања формира се пјена услед мијешања павлаке и ваздуха. Истовремено, због механичког третмана долази до оштећења и пуцања мембрана масних капљица. Маст, која није кристализовала током зрења павлаке, излази из масних капљица и прекрива површину мјехурића пјене. На овај начин оштећене масне капљице су практично везане за мјехуриће пјене (Слика 10.4). Даљом агитацијом пјена се руши, а масне капљице се спајају у мале грумене маслаца. Трансформација павлаке у маслац током бућкања је комплексан процес, током кога емулзија маст-у-води (павлака) прелази у емулзију вода-у-уљу (маслац) и у великој мјери зависи од киселости павлаке, садржаја и кристализације млијечне масти, величине масних капљица, температуре и трајања бућкања (Vanderghem et al. 2010). Као посљедица инверзије фаза долази до издвајања водене фазе, односно млаћенице. Уобичајено, бућкање се врши на температури 10-12°C. Са порастом температуре бућкања већи је прелазак млијечне масти у млаћеницу, као и садржај воде у маслацу. При оптималним условима бућкања павлаке садржај масти у млаћеници не би требао да буде већи од 0,3-0,5% (Mortensen 2006).

Млаћеница је по саставу и изгледу слична обраном млијеку, али осим казеина, протеина сурутке, лактозе и минералних материја садржи и биоактивне супстанце поријеклом из мембрана масних капљица (Табела 10.5).

Табела 10.5. Просјечан састав обраног млијека и слатке млаћенице (Libudzisz and Stepaniak 2011; Vanderghem et al. 2010; Walstra et al. 2006)

Table 10.5. Average composition of skimmed milk and sweet buttermilk (Libudzisz and Stepaniak 2011; Vanderghem et al. 2010; Walstra et al. 2006)

Компонента (%)	Сува материја	Протеини	Лактоза	Укупни липиди	Поларни липиди	Минералне материје
Производ						
Обрано млијеко	8,8	3,4-3,7	4,4-4,7	0,1-0,2	0,02	0,9
Слатка млаћеница	8,0-12,0	2,4-3,5	3,6-6,7	0,5-1,5	0,1-0,2	0,6-0,8
Кисела млаћеница	7,0-10,6	2,7-3,9	3,5-4,9	0,3-1,0	-	0,60-0,75

Као посљедица начина производње, главна разлика између слатке и киселе млаћенице је у садржају млијечне киселине. Код слатке млаћенице титрациона киселост се креће у распону 0,10-0,15%, док код киселе млаћенице титрациона киселост може бити већа од 1% млијечне киселине.

Садржај протеина у млаћеници је нешто нижи у односу на обрано млијеко, усљед преласка мале количине протеина из павлаке у маслац (Sodini et al. 2006). Око 80% укупних протеина млаћенице чине казеини (око 59%) и серум протеини (23% углавном α -лакталбумин и β -лактоглобулин), а нешто мање од 20% потиче из мембрана масних капљица (Corredig et al. 2003; Britten et al. 2008; Conway et al. 2014). Највеће разлике у саставу обраног млијека и млаћенице установљене су у погледу садржаја и састава липида. Садржај масти у млаћеници је директно повезан са условима производње, чиме се објашњавају варијације у концентрацији ове компоненте.

Такође, млаћеница се одликује високим садржајем функционалних поларних липида 0,1– 0,2% (Vanderghem et al. 2010), који се углавном састоје од фосфолипида (фосфатидилхолин, фосфатидилетано-ламин, фосфатидилсерин и фосфатидилинозитол) и сфинголипида (углавном сфингомијелин) (O'Connell and Fox 2000; Lambert et al. 2016). Поларни липиди чине око 0,9% укупних липида у павлаци, док је њихов садржај у млаћеници већи од 4,5% (Conway et al. 2014). Фосфолипиди утичу на нутритивна и технолошка својства млаћенице, што се посебно односи на добра емулгујућа својства, захваљујући којима млаћеница може имати примјену у производњи великог броја прехранбених производа (O'Connell and Fox 2000). У Табели 10.6. приказан је садржај фосфолипида у различитим млијечним производима.

Табела 10.6. Садржај фосфолипида у различитим млијечним производима (MacGibbon and Taylor 2006)

Table 10.6. Phospholipid content of different dairy products (MacGibbon and Taylor 2006)

Производ	Млијеко	Обрано млијеко	Павлака (40% ММ)	Млаћеница
Млијечна маст (%) - а	4	0,06	40	0,6
Фосфолипиди (%) -б	0,035	0,015	0,21	0,13
Однос б/а	0,9	25	0,5	22

Због високог садржаја полинезасићених масних киселина фосфолипиди су веома подложни оксидативним промјенама, па млаћеница након само 2 дана постаје сензорно неприхватљива (O'Connell and Fox 2000; Walstra et al. 2006). Да би се спријечио настанак непожељног, често опорог укуса, млаћеници се као антиоксиданс додаје аскорбинска киселина. Међутим, чак и са додатим антиоксидансима, млаћеница има кратак рок трајања (до 7 дана), што уз недостатак промоције и едуковања потрошача ограничава њену потрошњу.

Осим што садржи нутритивно и функционално вриједне протеине и липиде, млаћеница је добар извор калијума, фосфора, витамина Б2 и Б12, ензима, и калцијума (Conway et al. 2014).

10.4.2. Примјена

Најчешће, млаћеница се користи за исхрану стоке. Као напитака, производња и потрошња млаћенице је регионално ограничена (Русија, Пољска, Чешка, Финска, Њемачка, Индија).

Уколико се даље прерађује, слатка млаћеница се најчешће подвргава евапорацији и сушењу распршивањем, чиме се добија млаћеница у праху (O'Connell and Fox 2000; Hickey et al. 2018). Због високог садржаја млијечне киселине кисела млаћеница се обично подвргава евапорацији до садржаја суве материје од 26-28% и као таква се користи у пекарској индустрији (Libudzisz and Stepaniak 2011).

Потенцијална употреба млаћенице у прехранбеној индустрији, првенствено у преради млијека, заснива се на њеним нутритивним и функционалним карактеристикама. Већи садржај фосфолипида и њихова интеракција са протеинима значајно повећава термичку стабилност млијека и спечава коагулацију протеина током стерилизације, што је од посебног значаја у производњи рекомбинованог млијека (Singh and Tokley 1990; McCrae 1999). Важно функционално својство млаћенице је способност емулговања, што је у највећој мјери посљедица присуства фосфолипида, поријеклом из мембрана масних капљица (Wong and Kitts 2003). Слатка и кисела млаћеница у праху имају боља емулгујућа својства у поређењу са обраним млијеком у праху и сурутком у праху (Sodini et al. 2006). У производњи јогурта веома је важно добити производ одговарајућег вискозитета са што мање израженим синерезисом. У ту сврху се могу користити концентрати протеина млијека, концентрати протеина сурутке, али и неке нетермичке технике процесирања, као што је ултразвук високог интензитета (Херцег и сар. 2009; Режек-Јамбрак и сар. 2009; Riener et al. 2009; Вучић и сар. 2011; 2010; 2012; 2018). Према Romeih et al. (2014) млаћеница у праху се, такође, може користити у производњи јогурта за повећање капацитета везане воде, услед присуства компонената из мембрана масних капљица (Le et al. 2011), а самим тим и мању склоност ка синерезису. Такође, додавање млаћенице смањује нежељену киселост, интензивира мирис и млијечни укус јогурта, и побољшава текстурална својства немасног јогурта (Zhao et al. 2018). Hickey et al. (2018) су утврдили да се додатком млаћенице у производњи сира Чедар могу произвести сиреви жељеног квалитета, са потенцијалним здравственим предностима, због повећаног нивоа фосфолипида у сиру. Због добрих нутритивних и емулгујућих својстава, млаћеница се може успјешно користити и у производњи хљеба за побољшање текстуре (Madenci and Bilgiçli 2014), прелива за салате, умака, сладоледа, колача и чоколаде (Shukla et al. 2004; Zhao et al. 2018).

Генерално, додатком млаћенице могу се побољшати емулгујућа својства, стабилност, задржавање влаге, рандман, термичка стабилност, текстура и укус многих прехранбених производа (Табела 10.7). Међутим, млаћеница има мању способност стварања пјене у поређењу са обраним млијеком (Wong and Kitts 2003).

Табела 10.7. Утицај додатка млаћенице на физичко-хемијска, технофункционална и сензорна својства хране (Vanderghem et al. 2010)

Table 10.7. Effect of the addition of buttermilk in food on the physico-chemical, technofunctional and sensory properties (Vanderghem et al. 2010)

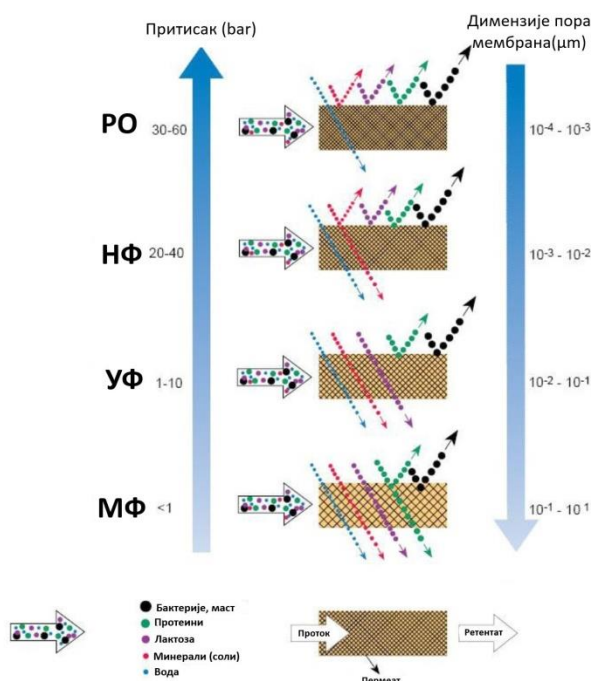
Производ	Физичко-хемијска, технофункционална, сензорна својства	Дејство	Врста млаћенице	
Рекомбиновано евапорисано млијеко	Термичка стабилност	Повећана стабилност	Слатка млаћеница	
Рекомбинована павлака	Стабилност	Повећана стабилност	Слатка млаћеница	
	Вискозитет	Повећана флуидност	Слатка млаћеница	
Чедар	Укус	Кремаст укус	Слатка млаћеница	
	Вискозитет	Повећан вискозитет	Ультрафилтрирана слатка млаћеница	
Чедар са смањеним садржајем масти	Укус	Спречава стварање ужеглог укуса	Слатка млаћеница	
	Емулговање	Смањење садржаја слободних масти	Ультрафилтрирана слатка млаћеница	
	Задржавање влаге	Повећано задржавање воде у грушу	Ультрафилтрирана слатка млаћеница	
		Већи садржај влаге	Слатка млаћеница Ретентат	
	Рандман	Укус	Већи садржај воде у сувој материји без масти	Слатка млаћеница
			Већи рандман	Слатка млаћеница
Текстура	Смањена тврдоћа	Ультрафилтрирана слатка млаћеница		

Производ	Физичко-хемијска, технофункционална, сензорна својства	Дејство	Врста млаћенице
		Смањена тврдоћа, еластичност и кохезивност	Слатка млаћеница Ретентат ултрафилтриране млаћенице
	Укус	Побољшан укус	Слатка млаћеница
Моцарела са смањеним садржајем масти	Емулговање	Смањење садржаја слободних масти	Ултрафилтрирана слатка млаћеница
	Задржавање влаге	Већи садржај влаге	Ултрафилтрирана слатка млаћеница
	Топивост	Смањена топивост	Ултрафилтрирана слатка млаћеница
Јогурт од обраног млијека	Вискозитет	Повећан вискозитет	Ултрафилтрирана слатка млаћеница Млаћеница у праху
Хљеб	Задржавање влаге	Већа апсорпција воде у тијесту	Млаћеница
	Карактеристике тијеста	Повећана отпорност на развлачење	Млаћеница
	Сензорна својства	Већа сензорна оцјена	Млаћеница

10.5. Пермеат

Мембранска технологија је доказана метода раздвајања, која се користи на молекуларном и јонском нивоу. Од почетка 1970-их година мембрански процеси се користе у индустрији млијека, јер могу замијенити конвенционалне методе обраде, а такође се могу имплементирати као иновативне методе за производњу нових и побољшање постојећих прехранбених производа у смислу њихове функционалности (Walstra et al. 2006). У многим случајевима, мембрански процеси су повољнији од традиционалних технологија. На примјер, уклањање микроорганизама употребом одговарајућих мембрана, умјесто примјеном високих температура термичке обраде, је економичније у смислу потрошње енергије. Такође, концентрисање мембранском филтрацијом омогућава добијање производа код којих је сачувана природа и нутритивна вриједност састојака

осјетљивих на дејство високих температура (Le et al. 2014). У процесима концентрисања и раздвајања, колоидни флуиди се под притиском пропуштају кроз мембрану за раздвајање, гдје су честице одвојене по величини и/или облику. Мембране раздвајају флуид на фракцију, коју мембрана задржава - *ретентат* (концентрат) и фракцију, која пролази кроз мембрану - *пермеат* (филтрат). Мембрански процеси који се користе у преради млијека су: микрофилтрација (МФ), ултрафилтрација (УФ), нанофилтрација (НФ) и реверзна осмоза (РО) (Слика 10.6).



Слика 10.6. Дијаграм тока мембранске сепарације (Bylund 1995)
 Figure 10.6. Flow diagram of membrane separation (Bylund 1995)

10.5.1. Производња и карактеристике

Када је индустрија млијека у питању, најчешће коришћена мембранска техника је ултрафилтрација. Пермеат сурутке и пермеат млијека добијени ултрафилтрацијом су пратећи производи добијени током индустријске производње сира (Le et al. 2014; Suárez et al. 2006), и концентрисања казеина и протеина сурутке за производњу концентрата или изолата млијека и концентрата или изолата сурутке (Frankowski et al. 2014; Meyer et al. 2015; Мађеј и сар. 2018). Такође, велике количине пермеата сурутке (око 4 милиона тона годишње у САД) добијају се ултрафилтрацијом јогурта при производњи грчког јогурта (Bentahar et al. 2019).

Ультрафилтрацијом млијека добија се пермеат који садржи воду и лактозу, а ретентат ће садржати воду, маст, протеине, лактозу и минерале. При ультрафилтрацији сурутке протеини су концентрисани у ретентату, док су лактоза, минерали и витамини у пермеату. Оба пермеата показују веома високу вриједност БПК, око 45.000 mg/L, и стога се не могу испустити у водотокове без претходног третмана (Suárez et al. 2006).

Прерада сурутке ультрафилтрацијом почела је 1971. године (Tunick 2008) и обично се врши на температурама нижим од 55°C, са улазним притиском од око 300 кПа и величином пора мембрана од 250 nm (Wagner 2001). Основни циљ прераде је искоришћење високовриједних протеина сурутке, што се постиже производњом концентрата и изолата протеина сурутке (Јовановић и сар. 2007; 2008). Као пратећи производ прераде сурутке ультрафилтрацијом добија се пермеат сурутке, чији састав варира у зависности од врсте и састава млијека, типа сира и услова прераде, али је увијек његов главни састојак лактоза, која чини 70–80% суве материје; остали састојци укључују моно- и дивалентне катјоне (Foegeding et al. 2011). Минерални састав пермеата сурутке првенствено зависи од технолошког поступка производње сирева. На примјер, пермеат сурутке, добијен у производњи киселокоагулишућих сирева, одликује висок садржај калцијума.

Пермеат млијека се добија када се млијеко концентрише прије производње сира. Његов састав је сличан саставу обраног млијека, осим занемарљиве количине протеина. Углавном садржи минералне материје, лактозу и рибофлавин (Suárez et al. 2006). Хемијски састав пермеата млијека зависи првенствено од квалитета млијека, али и од услова под којима се врши ультрафилтрација (температура, притисак, величина пора мембрана) (Hansen et al. 2010).

Нутритивно вриједне компоненте, попут протеина и лактозе, могу се наћи у саставу пермеата (Табела 10.8). Због тога се пермеат сурутке и пермеат млијека могу користити за производњу прехранбених производа, као што су сладоледи, пића или дезерти.

Табела 10.8. Просјечан састав пермеата (Foegeding et al. 2011; Yousef 2015)

Table 10.8. Average composition of permeates (Foegeding et al. 2011; Yousef 2015)

Компонента (% суве материје)	Протеини	Лактоза	Млијечна маст	Минералне материје
Производ				
Пермеат сурутке	2,5-4,1	65-86	<1,5	5,3-11,8
Пермеат млијека	3-5	78-88	<1,0	8-11

Највећа разлика у хемијском саставу пермеата и обраног млијека огледа се у садржају протеина. Око 33-35% суве материје обраног млијека чине протеини, док пермеат садржи протеине у траговима. Најзаступљеније азотне материје у пермеату чине уреа, креатинин, уринска киселина, оротична киселина и амонијак (Grenov et al. 2012).

Пермеат сурутке и пермеат млијека карактерише веома висок садржај минералних соли (Табела 10.9).

Табела 10.9. Минерални састав пермеата (Frankowski et al. 2014; Menchik et al. 2018)
Table 10.9. Mineral composition of permeates (Frankowski et al. 2014; Menchik et al. 2018)

Компонента (% суве материје) Производ	Калцијум	Калијум	Магнезијум	Натријум	Хлориди
Пермеат сурутке	0,36–0,86	1,54–3,48	0,11-0,14	0,70-1,33	0,07-0,67
Пермеат млијека	0,36-0,46	1,91-2,58	0,10-0,12	0,38-0,66	0,21

Калцијум, магнезијум и фосфор су у млијеку највећим дијелом везани за казеин, па је њихов садржај значајно нижи у пермеату него у пуномасном млијеку. С друге стране, калијум, натријум и хлориди скоро у потпуности прелазе у пермеат. У поређењу са обраним млијеком у праху пермеат има сличан садржај натријума, калијума и магнезијума, и смањену количину фосфора и калцијума (Grenov et al. 2012).

10.5.2. Примјена

Производи на бази протеина сурутке су популарни функционални ингредијенти, али се пермеат сурутке и даље посматра као пратећи производ који се ријетко користи поготово у течном стању. Углавном се користи за исхрану животиња или као ђубриво (Smith et al. 2016). Уколико се прерађује, најчешће се подвргава ферментацији за производњу млијечне киселине или етанола (Gabardo et al. 2014), или се користи као сировина за производњу лактозе (Hansen et al. 2010). Као ингредијент у производњи различитих прехранбених производа пермеат се користи у облику праха, који се добија упаравањем и сушењем (Слика 10.7).



Слика 10.7. Шема производње пермеата у праху (Tanguy et al. 2017)

Figure 10.7. Process scheme for the production of permeate powders (Tanguy et al. 2017)

Како би се добио производ доброг микробиолошког квалитета и контролисао вискозитет концентрата, пермеат се прво подвргава термичкој обради на температури од око 80°C. Након тога пермеат се концентрише до 60% суве материје у вишестепеним вакуум успаривачима. С обзиром да се у пермеату лактоза налази у аморфном стању, неопходно је извршити њену кристализацију, како би се на крају процеса добио нехигроскопан прах. Због тога се у посљедњем степену упаривача концентрат хлади до температуре од око 30°C и преноси у суд за кристализацију, која се изводи на температури од 25-30°C и траје између 4 и 12 сати, у зависности од захтјева квалитета. Добијени концентрат пермеата са кристализованом лактозом се суши распршивањем до 96% суве материје, а затим накнадно суши до 97% суве материје у сушницама са флуидизираним слојем (енг. *fluidbed*). Настали прах се хлади на температури нижој од 35°C, меље, просијава и складишти (Tanguy et al. 2017).

Пермеат се може користити у многим гранама прехранбене индустрије. Због високог садржаја лактозе, која у реакцији са протеинима на високим температурама карамелизује дајући производу браон боју, може се користити у пекарској индустрији (Smith et al. 2016).

Један од начина повећања економске вриједности пермеата сурутке је да се идентификују и из њега изолују биоактивна једињења, која се могу користити у прехранбеној и фармацеутској индустрији (Tanguy et al. 2017). Истраживања Varile et al. (2009) су показала да је пермеат богат извор олигосахарида, који су по саставу слични онима који су присутни у хуманом млијеку, а поред бифидогеног ефекта, имају улогу у почетној фази упале и могу се „борити“ против инфекције вирусом инфлуенце и чирева узрокованих бактеријом *Helicobacter pylori*. Олигосахариди, такође, утичу на повећање имунитета код беба и развој церебралних функција, што омогућава употребу пермеата у производњи инфант формула (Wang and Brand-Miller 2003).

Пермеат млијека и пермеат сурутке се могу користити за стандардизацију садржаја протеина обраног млијека. Додавање малих количина пермеата у млијеко узрокује незнатно смањење садржаја протеина и не утиче на термичку стабилност млијека. Такође, у сензорном смислу, млијеко у коме је садржај протеина стандардизован додатком пермеата се практично не разликује од нестандардизованог млијека (Hansen et al. 2010). Пермеат садржи натријум, па се може користити умјесто натријум хлорида за постизање одговарајуће сланости у неким прехранбеним производима, а да притом не утиче на значајно повећање

садржаја натријума у производу. Према Frankowski et al. (2014) слани укус пермеата појачавају млијечна киселина и калијум хлорид. Један од потенцијалних начина повећања садржаја млијечне киселине је да се пермеат произведе од сурутке настале у производњи свјежег сира или грчког јогурта. Међутим, у производима попут крем супа овај пермеат доприноси изразито киселом, непожељном укусу. С друге стране, пермеат млијека и пермеати сурутке добијени након производње Чедра и Моцареле доводе до стварања пријатно млијечног и прихватљиво сланог укуса у овој врсти производа (Smith et al. 2016).

Пермеат млијека може да служи као јефтин и лако доступан извор лактозе за производњу лактулозе, која се користи у прехранбеној (поспјешује раст пробиотских бактерија) и фармацеутској индустрији (као лаксатив). Према Paseerhol et al. (2008) протеини, ако су присутни у пермеату, могу утицати на брзину изомеризације, али не утичу на принос лактулозе. Пермеат млијека се такође може користити за производњу сирћетне киселине у анаеробним термофилним условима. Иако ниједна од познатих термофилних ацетогених бактерија не може ферментисати лактозу, Talabardon et al. (2000) су показали да се коришћењем *Clostridium thermolacticum* и *Moorella thermoautotrophica* лактоза прво трансформише углавном у млијечну, а затим у сирћетну киселину, при чему је укупан принос ацетата око 80%.

Додатком арома и сахарозе хидролизованом пермеату млијека може се произвести напитање добрих сензорних карактеристика са високим садржајем електролита (Geilman et al. 1992). Nattem et al. (2011) су утврдили да се додатком јагода и манга у пермеат млијека може произвести напитање за спортисте са повећаним садржајем калцијума, калијума, натријума, магнезијума и фосфора. Сензорна анализа је показала да су напици са додатком воћа прихватљивији у поређењу са напитком код кога је у пермеат додата само сахароза.

10.6. Закључак и препоруке

Сурутка, обрано млијеко, млаћеница и пермеат су пратећи производи индустрије млијека, који првенствено због високе нутритивне вриједности имају све значајнију улогу у исхрани. Ови производи се такође могу користити и као сировина за добијање многих функционалних производа, као што су: казеин, казеинати, лактоза, концентрати и изолати протеина сурутке, концентрати и изолати протеина млијека, копреципитати и многи други. Осим у индустрији млијека, пратећи производи у посљедњих 25-30 година добијају све већи значај и у осталим гранама прехранбене индустрије, али и у фармацеутској, хемијској, текстилној индустрији и др.

Земље са развијеним мљекарством као што су САД, земље западне Европе, Аустралија и Нови Зеланд су зачетници искоришћења пратећих производа индустрије млијека. Потпуније искоришћење састојака млијека, а самим тим и пратећих производа, омогућено је развојем различитих техника прераде попут

јонске измјене, мембранских сепарација, фракционисања, хидролизе и ензимске модификације.

Недовољна примарна производња млијека, лош квалитет сировог млијека, недостатак инфраструктуре, одговарајуће технологије и опреме, и висока цијена нових технологија, су неки од проблема са којима се сусреће индустрија млијека у мање развијеним земљама, поготово када се ради о искоришћењу пратећих производа. Због високе вриједности БПК, пратећи производи су значајни загађивачи, па њихова прерада има велики допринос у заштити животне средине. Са становишта прерађивача млијека, искоришћење пратећих производа има велики економски значај, јер се на тај начин могу искористити нутритивно вриједне компоненте суве материје млијека и добити производи који имају већу цијену на тржишту.

Литература

- Адамовић М, Грубић Г, Стоићевећ Љ, Јовановић С, Маћеј О, Нешић С (2000) Могућност коришћења сурутке у исхрани домаћих животиња. Архив за пољопривредне науке 61 (1-2): 73-84
- Барас Ј, Маћеј О, Јовановић С, Златковић Б (2008) Отпадне воде индустрије млека-захтеви и решења. Биотехнологија у сточарству 24 (спец. издање) 279-289
- Барас Ј, Маћеј О, Јовановић С (2007) Стратегија увођења чистије производње у прехранбеној индустрији. Савремена пољопривреда 56 (5): 164-170
- Барас Ј, Јовановић С (2006) Отпадне воде индустрије млека. Прехранбена индустрија - Млеко и млечни производи 17 (1-2): 29-38
- Bargeman G (2003) Separation technologies to produce dairy ingredients. *In: Smit G. (Ed) Dairy processing*. CRC Press, New York, USA, pp. 366-390
- Barile D, Tao N, Lebrilla CB, Coisson JD, Arlorio M, German JB (2009) Permeate from cheese whey ultrafiltration is a source of milk oligosaccharides. *International Dairy Journal* 19: 524–530
- Bentahar J, Doyen A, Beaulieu L, Deschênes JS (2019) Acid whey permeate: An alternative growth medium for microalgae *Tetrademus obliquus* and production of β -galactosidase. *Algal Research* 41: 101559
- Božanić R, Barukčić I, Lisak Jakopović K, Tratnik LJ (2014) Possibilities of Whey Utilisation. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences* 2 (7): 1036- 1042
- Brittain HG (1995) Lactose products definition composition, functions. *In: Reference manual for U.S. Whey and Lactose Products* 5, pp. 41-48
- Britten M, Lamothe S, Robitaille G (2008) Effect of cream treatment on phospholipids and protein recovery in butter-making process. *International Journal of Food Science and Technology* 43: 651-657
- Булатовић М, Ракин М, Мојовић Љ, Николић С, Вукашиновић Секулић А, Ђукић Вуковић А (2012) Сурутка као сировина за производњу функционалних напитака. Хемијска индустрија 66 (4): 567-579

- Burrington KJ (1995) Functional properties of lactose products. *In*: Nelson K. (Ed), Reference manual for U.S. Whey and Lactose Products 8, pp. 86-88
- Bylund G (1995) Dairy processing handbook. Tetra Pak, Lund, Sweden
- Царић М, Милановић С (2016) Млеко у праху и сродни производи. Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, Факултет за економију и инжењерски менаџмент, Универзитет Привредна академија у Новом Саду
- Conway V, Gauthier SF, Pouliot Y (2014) Buttermilk: Much more than a source of milk phospholipids. *Animal Frontiers* 2: 44-51
- Corredig M, Roesch RR, Dalgleish DG (2003) Production of a Novel Ingredient from Buttermilk. *Journal of Dairy Science* 86: 2744–2750
- de Wit JN (2001) Lecturer's Handbook on whey and whey products. European Whey Products Association, Brussels
- Eurostat (2016) *In*: Forti R., Henrard M (Ed), Agriculture, forestry and fishery statistics. Belgium: Eurostat
- Foegeding EA, Luck P, Vardhanabhuti B (2011) Whey Protein Products. *In*: Fuquay J.W., Fox P.F., McSweeney P.L.H. (Eds), Encyclopedia of dairy science, Volume 3, Elsevier, UK, pp. 873-878
- Frankowski KM, Miracle RE, Drake MA (2014) The role of sodium in the salty taste of permeate. *Journal of Dairy Science* 97: 5356–5370
- Gabardo S, Rech R, Rosa CA, Ayub MAZ (2014) Dynamics of ethanol production from whey and whey permeate by immobilized strains of *Kluyveromyces marxianus* in batch and continuous bioreactors. *Renewable Energy* 69: 89–96
- Geilman WG, Schmidt D, Herfurth-Kennedy C, Path J, Cullor J (1992) Production of an Electrolyte Beverage from Milk Permeate. *Journal of Dairy Science* 75: 2364-2369
- Grenov B, Hother Nielsen AL, Mølgaard C, Michaelsen KF (2012) Evaluation of whey permeate in the treatment of moderate malnutrition. University of Copenhagen, Denmark
- Gupta V K (2008) Overview of production, processing and utilization of dairy by-products. *In*: Gupta V.K. (Ed) Course compendium Technological advances in the utilization of dairy by-products, pp. 1-7
- Hansen CL, van den Berg F, Rasmussen MA, Engelsen SB, Holroyd S (2010) Detecting variation in ultrafiltrated milk permeates — Infrared spectroscopy signatures and external factor orthogonalization. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 104: 243-248.
- Hattem HEA, Abouel-Einin EH, Mehanna NM (2011) Utilization of milk permeate in the manufacture of sport drink. *Journal of Agricultural Technology* 5: 1247-1254
- Херцег З, Брнчић М, Режек Јамбрак А, Римац Брнчић С, Бадањак М, Соколић И (2009) Могућност примјене ултразвука високог интензитета у мљекарској индустрији. *Мљекарство* 59 (1): 65-69
- Херцег З, Режек А, Римац Брнчић С (2008) Молекуларна основа функционалности протеина сурутке. *Мљекарство* 58 (2): 181-193
- Херцег З, Режек А (2006) Прехрамбена и функционална својства концентрата и изолата протина сурутке. *Мљекарство* 56 (4): 379-396
- Херцег З, Лелас В, Крешић Г, Режек А (2005) Функционалност изолата и хидролизата протеина сурутке. *Мљекарство* 55 (3): 171-184

- Hickey CD, O'Sullivan MG, Davis J, Scholz D, Kilcawley KN, Wilkinson MG, Sheehan JJ (2018) The effect of buttermilk or buttermilk powder addition on functionality, textural, sensory and volatile characteristics of Cheddar-style cheese. *Food Research International* 103: 468-477
- Hugunin A (1995) Whey products definition, composition, functions. *In: Nelson K. (Ed), Reference manual for U.S. Whey and Lactose Products* 4, pp. 28-38
- Jokić A, Maćeј O, Marković D, Simović D, Jovanović S, Mikuljanac A (1998a) Production of fermented ammoniated whey. 1st International Confernece of the Chemical Societies of the South-East European Countries Chemical Science and Industry. *Book of Abstracts, volume II. Greece, PO 690.*
- Јокић А, Јовановић С, Маћеј О, Симовић Д, Микуљанац А (1998б) Технолошки поступак производње концентроване ферментисане амонијачне сурутке. У: *Зборник радова: Савремени трендови у млекарству, Златибор, Србија* стр. 181-187
- Јовановић С, Бараћ М, Вучић Т, Маћеј О (2008) Савремене могућности искоришћења сурутке. *Биотехнологија у сточарству* 24 (спец. издање): 219-235
- Јовановић С, Бараћ М, Маћеј О, Вучић Т (2007) Серум протеини-технолошко-функционална својства и могућност примене. *Савремена пољопривреда* 56 (5): 114-125
- Jovanović S, Barać M, Maćeј O (2005a) Whey proteins-properties and possibility of application. *Mlјekarstvo* 55 (3): 215-233
- Јовановић С, Маћеј О, Бараћ М (2005б) Карактеристике сирева на бази коагрегата и копреципитата. *Биотехнологија у сточарству* 21 (1-2): 147-173
- Јовановић С, Бараћ М, Маћеј О (2003) Серум протеини млека. *Прехранбена индустрија - Млеко и млечни производи* 14(1-2): 62-68
- Јовановић С, Маћеј О, Вукићевић Д (2000а) Савремени правци искоришћења пратећих производа у индустрији млека. *Архив за пољопривредне науке* 61(1-2): 263-279
- Јовановић С, Станишић М, Маћеј О (2000б) Специфичности производње киселокоагулишућих сирева. *Acta Periodica Technologica* 31, И-748:109-115
- Јовановић С, Станишић М, Маћеј О (1994) Степен искоришћења азотних материја у производњи киселокоагулишућих сирева. У: Крунић М., Чурић М. (Ур) *Зборник радова III Међународног симпозијума "Савремени трендови у млекарству". Копаоник, Србија*, стр. 44-47
- Keogh MK (2006) Chemistry and Technology of Butter and Milk Fat Spreads. *In: Fox P.F., McSweeney P.L.H. (Eds), Advanced dairy chemistry, Volume 2. Lipids, Springer, New York*, pp. 333–363
- Kožev KSIA, Račev R, Pavova V (1970) Fiziko-himični i tehnologični proučavanja vlrhu polučavaneto na vodnoraztvorimi i neraztvorimi ko-precipitati na mlečnite beltljіčni. Tom IV. *Naučnoizledovatelski Institut po mlečna promišlenost. Vidin*, 145-154
- Lagrange V, Dacia Whitsett D, Burris C (2015) Global Market for Dairy Proteins. *Journal of Food Science* S1 (80): A16-A22

- Lambert S, Leconte N, Blot M, Rousseau F, Robert B, Camier B, Gassi JY, Cauty C, Lopez C, Gésan-Guiziou G (2016) The lipid content and microstructure of industrial whole buttermilk and butter serum affect the efficiency of skimming. *Food Research International* 83: 121–130
- Le TT, Cabaltica AD, Bui VM (2014) Membrane separations in dairy processing. *Journal of Food Research and Technology* 1: 1-14
- Le TT, Van Camp J, Pascual PAL, Meesen G, Thienpont N, Messens K, Dewettinck K (2011) Physical properties and microstructure of yoghurt enriched with milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal* 21: 798–805
- Libudzisz Z, Stepaniak L (2011) Buttermilk. *In: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH (Ed), Encyclopedia of dairy science, Volume 2. Elsevier, UK, pp. 489-495*
- MacGibbon AKH, Taylor MW (2006) Composition and structure of bovine milk lipids. *In: Fox PF, McSweeney PLH, (Ed), Advanced dairy chemistry: Volume 2. Lipids. Springer, New York, pp. 1–43*
- Мађеј О, Вучић Т, Ћосић М (2018) Савремене могућности искоришћења сурутке. У: Зборник апстраката научног скупа „Село и пољопривреда“, Универзитет Бијељина, Бијељина, БиХ, стр. 28-29
- Мађеј О, Јовановић С, Вучић Т, Сераглић С, Јовановић З (2007б) Технолошки процес производње киселог казеина. У: Мађеј О, Јовановић С. (Ур) Зборник радова Симпозијума „Млеко и производи од млека“. Кладово, Србија, стр. 107-112
- Мађеј О, Јовановић С, Бараћ М (2007а) Протеини млека. Монографија. Пољопривредни факултет, Београд - Земун
- Мађеј О, Вукићевић Д, Јовановић С (2002) Копреципитати. *Млекарство* 1 (6): 187-192
- Мађеј О, Јовановић С, Вукићевић Д, Денин Ј (2000а) Утицај различитих киселина на промену рН обраног млека са формираним хемијским комплексом казеин/серум протеин. *Прехрамбена индустрија - Млеко и млечни производи* 11 (3-4): 45-48
- Мађеј О, Вукићевић Д, Јовановић С (2000б) Утицај натријум казеината на вискозитет АБТ ферментисаног обраног млека. *Acta Periodica Technologica* 31 I-748,101-108
- Мађеј О, Јовановић С, Денин Ј (2000ц) Properties of co-precipitates obtained by different acids and distribution of milk nitrogen matter. *Journal of Agricultural Science* 45(2): 111-119
- Мађеј О, Јовановић С (2000) Образовање комплекса између казеина и серум протеина у термички третираном млеку. *Acta Periodica Technologica* 31 И-748: 83-93
- Мађеј О, Јокић А, Јовановић С, Симовић Д (1998) Савремени правци искоришћења сурутке. *Архив за пољопривредне науке* 59 (1-2): 85-100
- Madenci, AB, Bilgiçli N (2014) Effect of whey protein concentrate and buttermilk powders on rheological properties of dough and bread quality. *Journal of Food Quality* 37: 117–124
- McCrae CH (1999) Heat stability of milk emulsions: Phospholipidprotein interactions. *International Dairy Journal* 9: 227–231

- Menchik P, Zuber T, Zuber A, Moraru CI (2018) *Short communication: Composition of coproduct streams from dairy processing: Acid whey and milk permeate* Journal of Dairy Science 102: 3978–3984
- Meyer P, Mayer A, Kulozik U (2015) High concentration of skim milk proteins by ultrafiltration: Characterisation of a dynamic membrane system with a rotating membrane in comparison with a spiral wound membrane. International Dairy Journal 51: 75–83
- Mortensen BK (2006) Butter and other milk products - The Product and Its Manufacture. In: Fuquay J.W., Fox P.F., McSweeney P.L.H. (Ed), Encyclopedia of dairy science, Volume 1. Elsevier, UK, pp. 492-499
- O’Connell JE, Fox PF (2000) Heat Stability of Buttermilk. Journal of Dairy Science 83: 1728–1732
- Paseephol T, Small DM, Sherkat F (2008) Lactulose production from milk concentration permeate using calcium carbonate-based catalysts. Food Chemistry 111: 283–290
- Поповић-Врањеш А, Вујичић И (1997) Технологија сурутке. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад
- Rebouillat S, Ortega-Requena S (2015) Potential Application of Milk Fractions and Valorization of Dairy By-Products: A Review of the State-of-the-Art Available Data, Outlining the Innovation Potential from a Bigger Data Standpoint. Journal of Bioamaterials and Nanobiotechnology 6: 176-203
- Режек-Јамбрак А, Лелас В, Херцег З, Бадањак М, Батур В, Мужа М (2009) Предности и недостаци примјене ултразвука високе снаге у мљекарској индустрији. Мљекарство 59 (4): 267-281
- Riener J, Noci F, Cronin DA, Morgan D J, Lyng JG (2009) The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation. Food Chemistry 114: 905-911
- Roesch RR, Rincon A, Corredig M (2004) Emulsifying properties of fractions prepared from commercial buttermilk by microfiltration. Journal of Dairy Science 87: 4080–4087
- Romeih EA, Abdel-Hamid M, Awad AA (2014) The addition of buttermilk powder and trans-glutaminase improves textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt. Dairy Science and Technology 94(3): 297–309
- Salvadori del Prato O (1998) Trattato di tecnologia casearia. Edagricole-edizione
- Shukla FC, Sharma A, Singh B (2004) Studies on the preparation of fruit beverages using whey and buttermilk. Journal of Food Science and Technology 41: 102–105
- Singh H, Tokley RP (1990) Effects of preheat treatments and buttermilk addition on the seasonal variations in the heat stability of recombined evaporated milk and reconstituted concentrated milk. Australian Journal of Dairy Technology 45: 10–16
- Smith ST, Metzger L, Drake MA (2016) Evaluation of whey, milk, and delactosed permeates as salt substitutes. Journal of Dairy Science 99: 8687–8698
- Smithers GW (2008) Whey and whey proteins-From ‘gutter-to-gold’. International Dairy Journal 18: 695-704
- Sodini I, Morin P, Olabi A, Jimenez-Flores R (2006) Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk. Journal of Dairy Science 89: 525–536

- Suárez E, Lobo A, Álvarez S, Riera FA, Álvarez R (2006) Partial demineralization of whey and milk ultrafiltration permeate by nanofiltration at pilot-plant scale. *Desalination* 198: 274–281
- Talabardon M, Schwitzguébel JP, Péringer P, Yang ST (2000) Acetic acid production from lactose by an anaerobic thermophilic coculture immobilized in a fibrous-bed bioreactor. *Biotechnology Progress* 16: 1008-1017
- Tanguy G, Dolivet A, Méjeana S, Garreaud D, Talamoc F, Postet P, Jeantet R, Schuck P (2017) Efficient process for the production of permeate powders. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 41: 144-149
- Tratnik Lj (2012) Sirutka. U: Mlijeko i mliječni proizvodi, Tratnik Lj, Božanić R. (Ur). HMU, Zagreb, str. 357-394
- Tunick MH (2008) Whey Protein Production and Utilization: A Brief History. *In: Onwulata C.I., Huth P.J. (Ed), Whey Processing, Functionality and Health Benefits. Wiley-Blackwell, USA, pp. 1-13*
- Vanderghem C, Bodson P, Danthine S, Paquot M, Deroanne C, Blecker C (2010) Milk fat globule membrane and buttermilks: from composition to valorization. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 14: 485-500
- Вучић Т, Јовановић С, Здравковић И, Мађеј О, Ралевић Н (2018) Утицај концентрата протеина млека на ферментацију козијег млека. У: Зборник апстарката научног скупа „Село и пољопривреда“. Универзитет Бијељина, Бијељина, БиХ, стр. 34-35
- Вучић Т, Јовановић С, Мађеј О, Здравковић И, Милорадовић З, Грачанац Б (2012) Утицај ултразвука на ферментацију козијег млека са додатком концентрата протеина сурутке. *Прехрамбена индустрија - Млеко и млечни производи* 23 (1): 24-28
- Вучић Т, Јовановић С, Здравковић И, Мађеј О (2011) Утицај концентрата протеина сурутке на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека током складиштења. *Прехрамбена индустрија - Млеко и млечни производи* 22(1): 35-41
- Вучић Т, Јовановић С, Кљајевић Н, Здравковић И, Мађеј О (2010) Утицај ултразвучног третмана на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека током складиштења. *Прехрамбена индустрија - Млеко и млечни производи* 21 (1-2): 89-96
- Wagner J (2001) *Membrane Filtration Handbook: Practical Hints and Tips. Osmonics. Minnetonka, USA, pp. 129*
- Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ (2006) *Dairy Science and Technology. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, pp. 557-558; 782*
- Wang B, Brand-Miller J (2003) The role and potential of sialic acid in human nutrition. *European Journal of Clinical Nutrition* 57: 1351–1369
- Wong PYY, Kitts DD (2003) Chemistry of buttermilk solid antioxidant activity. *Journal of Dairy Science* 86: 1541-1547
- Yousef ET (2015) Utilization of whey as one dairy industrial waste in the production of alcohol. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4: 224-228

Zhao L, Feng R, Ren F, Mao X (2018) Addition of buttermilk improves the flavor and volatile compound profiles of low-fat yogurt. *LWT - Food Science and Technology* 98: 9–17

Dairy by-products: characteristics and modern ways of utilization

Snežana Jovanović, Tanja Vučić

The unique composition of milk makes this foodstuff an exceptional raw material for the production of new ingredients with good functional properties and the possibility of a various applications in the food industry. Therefore by-products of the milk industry that arise in special technological processes have great importance and application in the production of new generations of ingredients. Fractionation of milk is very important in the development of these products, so it was necessary to make a whole series of studies in this field, especially regarding different levels of fractionation and separation of certain milk constituents during filtration processes.

This review is based on the presentation of basic characteristics of by-products which are produced during milk processing, such as whey, skim milk, buttermilk and permeate, and many possibilities of their application. Wide range of products based on dairy by-products has been produced. Whey proteins and caseins are protein fractions which are excellent emulsifiers and protein supplements. Furthermore, they can be chemically or enzymatically modified in order to produce bioactive peptides with numerous functional and nutritional properties. In this context, techniques that enable more complete utilization of total milk proteins are being developed. Generally, proteins as important part of dry matter of by-products represent an economic and environmental problem if they are not utilized. Phospholipids originating from milk fat are excellent emulsifiers and also known as food components that exhibit excellent pharmacological activity (nutraceutical properties). In addition, the enzymatic modification of milk phospholipids makes it possible to obtain the emulsifiers with the desired functional properties. As dominant component of the dry matter of milk, lactose also has a whole range of good functional properties and allows different types of fermentations depending on the applied starter culture. Therefore it has great application in the food industry. Refined lactose is characterized by a high degree of purity, chemical and physical stability, and as such, it is applied in the pharmaceutical industry as a filler and inert tablet carrier. Also lactose can be used in the chemical industry.

However, there are few more aspects to overcome, such as deeper understanding of functional and nutritional properties of these new ingredients that might be barrier for their use and acceptability. In addition, the possibility of using different components of milk dry matter in other industries, such as in the production of plastic materials, paints, textile fibers, etc., are presented in this review. New trends in nutrition, requirements for minimum processed food, ecological aspect of food production are the dominant

factors that have imposed the need for innovative approaches in creating new food products. All of the above have influenced dairy industry in order to expand the diversity of dairy products which meets the needs of the modern consumer, such as low fat and fat free milk products, high protein content products, fortified products with the addition of minerals, vitamins, etc., probiotic and prebiotic dairy products, low lactose and lactose free products, and others.

All this points to the innovation potential of dairy by-products, which provides great opportunities for research and the possibility of their application in the processing of milk and dairy products.

Key words: Milk, By-products, Whey, Skimmed milk, Buttermilk, Permeat

