

# Gyvulininkystė Animal Husbandry Животноводство

## Kai kurių technologinių faktorių įtaka sausųjų išrūgų tirpalų putų susidarymui bei jų stabilumui

**Sigita Urbienė,  
Dovilė Levickienė**

*Lietuvos žemės ūkio universitetas,  
Studentų g. 11,  
LT-53356 Akademija, Kaunas,  
el. paštas Urbienė@tech.lzua.lt*

Viena svarbių sausųjų išrūgų miltelių funkcinių savybių yra putų susidarymas bei jų stabilumas. Ši savybė svarbi norint įvertinti išrūgų miltelių, kaip priedo gaminant žvairius maisto produktus, tikslingą panaudojimą. Darbe ištirta išrūgų miltelių tirpalų išsiplakimo laipsnio ir putų stabilumo priklausomybė nuo sausųjų medžiagų kiekio tirpale. Nustatyta, kad didėjant sausųjų medžiagų (ir baltymų) kiekiui tirpale, didėja putų išsiplakimo laipsnis ir jų stabilumas. Padidėjus sausųjų medžiagų kiekiui tirpale nuo 5 iki 30% putų išsiplakimo laipsnis padidėja iki 6–7 kartų.

Ištirta, kad tirpalo pasterizacijos temperatūra neigiamai veikia putų susidarymą bei jų stabilumą. Geriausiai putas išsiplaka esant mažiausiai pasterizacijos temperatūrai, t. y. 63°C ir pailginus išlaikymo trukmę iki 30 min. Analogišką priklausomybę gautos ir tiriant putų stabilumą.

Tyrimo rezultatai aprašyti regresinėmis lygtimis, surastos putų stabilumo greičio kitimo priklausomybės. Nustatyti momentai kintant technologiniams veiksniams, kada putų suirimo greitis yra didžiausias.

**Raktažodžiai:** funkcinės savybės, putų susidarymas, putų stabilumas, sausųjų išrūgų tirpalai

### AVADAS

Maisto produktų gamyboje dažnai naudojami žvairūs priedai, kurie padidina gaminio biologinę vertę ar pakeičia jo technologines savybes (klampą, gelio formavimą, vandens suriškimą ar pan.). Vieniems produktams yra svarbu geros emulsijos gavimas, kitiems vandens absorbcija ar putų susidarymas. Tokia savybė, kaip putų sudarymas ir jų stabilumo užtikrinimas, yra labai svarbi gaminant žvairius konditerijos produktus (kremus, zefyrą, puršokoladą ir kt.).

Putų susidarymą ir jų stabilumą galima reguliuoti parenkant žvairius baltyminius priedus, kurie gali būti augalinės ir gyvulinės kilmės [2, 18, 24, 25]. Paprastai naudojami gyvulinės kilmės priedai yra pieno ir kiaušinio baltymai [5, 12]. Yra žinoma [5], kad kiaušinio baltymo putas yra stabilesnės, palyginti su pieno baltymu, t. y. lieso pieno miltelių sudaromomis putomis. Tačiau produktų, kuriems svarbus putų susidarymas ir jų stabilumas, gamyboje yra naudojami ne lieso pieno milteliai, t. y. pieno baltymų visuma, bet išrūgų baltymai [19]. Būtent šie baltymai pasižymi ne tik unikaliomis biologiškai vertingomis,

bet ir funkcinėmis savybėmis. Net ir nedidelis jų priedas gali ryškiai pakeisti produkto technologines savybes: klampą vandens absorbciją, putų susidarymą ir kt. [6, 9, 10, 23]. Yra žinoma, kad putų susidarymas priklauso nuo baltymų savybių, nuo jų aktyvių grupių. Pieno baltymų sudėtyje tokios aktyvios grupės yra –SH ir S-S [9, 10]. Šios grupės išrūgų baltymuose yra daugiau negu pagrindiniame pieno baltyme kazeine, todėl išrūgų baltymai ir pasižymi kur kas efektyvesnėmis funkcinėmis savybėmis. Jeigu išrūgų baltymų koncentrate (izoliate) baltymų yra 90–95%, tai putų susidarymas ir jų stabilumas yra gerokai didesnis negu kiaušinio baltymo [1].

Svarbu, kad putų susidarymas ir jų stabilumas priklauso ne tik nuo baltymų aktyvių grupių, bet ir nuo kitų faktorių. Nustatyta [11], kad hidrolizavus baltymus jų putų sudarymas priklauso nuo tirpalo joninės jėgos, nuo baltymų koncentrate esančių riebalų. Nustatyta [8], kad jeigu išrūgų baltymų koncentrate yra mažesnis riebalų kiekis, mažiau Ca, tai putų susidarymo galimybės yra mažesnės, taip pat greitesnis jų suirimas. NaCl priedas taip pat sumažina putų susidarymą bei jų stabilumą [20].

Panaudojus iðrũgø baltymø iðskyrimui membraninã technologijã atsirado galimybẽ gauti iðrũgø baltymø koncentratã (IBK – UF), kuriame, priklausomai nuo naudojamos technologijos ypatumø, iðrũgø baltymø kiekis gali bũti nuo 40 iki 75% [14, 22]. Ðie koncentratai yra plaèiai naudojami produktø ávairioms savybẽms pagerinti. Todël nemaþai mokslininkø darbø skirta ðiø koncentratø funkcinio savybiø tyrimams.

Yra þinoma, kad IBK – UF funkcinẽms savybẽms, taip pat putø susidarymo efektyvumui turi átakos tokie technologiniai faktoriai, kaip sausøjø medþiagø kiekis, pH vertẽ [3, 15, 26]. Ypaè didelẽ átakã putø susidarymui turi temperatũra [16]. Yra þinoma, kad terminio apdorojimo metu, esant 60–90°C temperatũrai, vyksta konformaciniai iðrũgø baltymø pokyèiai, kurie turi átakos visoms funkcinẽms savybẽms, taip pat putø susidarymui bei jø stabilumui [4, 13, 21]. Þinomi tyrimai, kuriø tikslas – nustatyti optimalø pH dydã, uþtikrinantã aukðtã putø iðsiplakimo laipsnã ir jø stabilumã.

Lietuvos maisto institute gana iðsamiai yra iðtirtas iðrũgø baltymø koncentratas gautas ultrafiltracijos bũdu, kuriame baltymø yra 50–55%, laktozës apie 30–35%. Iðtirtos putø susidarymo savybës priklausomai nuo pH dydþio bei kitø technologiniø faktoriø [28]. Putos geriausiai susidaro esant pH vertei 5,0. Nustatyta, kad putø susidarymui turi átakos ir sausøjø medþiagø kiekis tirpale.

Taip pat buvo iðtirtos pieno miðinio, á kurã pridãta iki 3% sauso iðrũgø baltymø koncentrato, gauto ultrafiltracijos bũdu, funkcinës savybës. Gauta, kad iðrũgø baltymø putø susidarymas bei jø stabilumas miðinyje kinta pagal tas paèias tendencijas, kaip ir vandeniniuose tirpaluose [29].

Nepaisant to, kad gryni iðrũgø baltymai, ypaè iðrũgø baltymø koncentratas (IBK – UF) yra tinkamiausi priedai, pagerinantys produktø funkcines savybes, yra naudojami ir kiti priedai.

Produktø iðsiplakimo laipsniui padidinti gali bũti naudojami pieno milteliai [27]. Jø priedas padidina klampã ir pagerina putø susidarymã bei jø stabilumã.

Gana daþnai maisto produktø technologijose naudojama sudëtinẽ dalis yra iðrũgø milteliai. Jie naudojami konditerijoje, ledø, deðrø, duonos ir kt. maisto produktø gamyboje. Iðrũgø milteliø priedas padidina produktø biologinã vertã ir taip pat gali norima kryptimi pakeisti produkto technologines savybes – padidinti klampã, vandens absorbcijã, pagerinti gelio arba putø susidarymã.

Nepaisant to, kad iðrũgø milteliai naudojami daugelio maisto produktø gamyboje, jø funkcinës savybës praktiðkai neiðtirtos. Nẽra moksliniø darbø, árodanøiø, kaip iðrũgø milteliø priedas gali pakeisti technologines produkto savybes, kaip ðias savybes veikia terminis apdorojimas, terpës pH ir kiti faktoriai.

Tokios funkcinës savybës, kaip putø susidarymas ar jø stabilumas, priklauso nuo iðrũgø milteliø sudëties, ypaè nuo baltymø kiekio. Iðrũgø milteliuose daugiausiai yra

laktozës (75–76%), baltymø nẽra daug (11–12%). Taèiau iðrũgø baltymai dël unikaliø savybiø gali pagerinti produkto iðsiplakimo laipsnã padidinti putø stabilumã.

Kad bũtø galima koreguoti produkto savybes (putø susidarymã ir kt.), svarbu þinoti iðrũgø milteliø funkcinio savybiø pokyèius vandeniniuose tirpaluose.

Ðio darbo tikslas buvo iðtirti iðrũgø milteliø, gamina-mø Lietuvos pieno perdirbimo ámonẽse, putø susidarymo galimybes ir jø stabilumã kintant tokiems technologiniams faktoriams, kaip sausøjø medþiagø kiekis tirpale bei tirpalo apdorojimo temperatũra.

## TYRIMØ OBJEKTAS IR METODAI

Tyrimø objektas buvo sausosios iðrũgos, pagamintos dviejose Lietuvos fermentiniø sũriø gamybos ámonẽse. Vienoje ámonẽje fermentiniø sũriø gamyboje buvo naudojamos nitratinës druskos, o kitoje sũriai gaminami be nitratinio druskø priedo. Todël sausøjø iðrũgø sudëtis buvo skirtinga (1 lentelẽ).

Tose iðrũgose, kurioje sũriø gamyboje buvo naudojamos nitratinës druskos, rasta nemaþai (327 mg/kg) nitrato.

Darbe tyrẽme sausøjø iðrũgø tirpalø putø susidarymã ir jø stabilumo kitimã laikant.

Putø iðlaikymui buvo panaudotas laboratorinis homogenizatorius MPW-302. Iðrũgø tirpalai, kuriø tũris 50 ml, buvo veikiami 5 min. Putø susidarymas buvo nustatomas ávertinant pastovaus tũrio tirpalo iðsiplakimo laipsnã. Susidariusio putø stabilumas buvo stebimas 60 min. Ðios funkcinës savybës pokyèiai buvo iðtirti kintant technologiniams faktoriams: sausøjø medþiagø kiekiui tirpale, tirpalo terminiam apdorojimui ir iðlaikymo laikui esant pastoviai temperatũrai.

Baltymø kiekis buvo nustatytas Kjeldalio metodu [17], drëgmës kiekis – iðdþiovinimo iki pastovaus svorio metodu [7], laktozës kiekis – poliarimetriniu metodu [7], nitrato ir nitrito kiekis – pagal LST 1264 : 92 ir IDF standard 118 : 1984 \* pateiktas metodikas, riebalø kiekis – pagal þinomus metodus [7]. Putø susidarymas ir stabilumas buvo nustatomas pagal Lietuvos maisto institute naudojamã metodikã [30].

Tyrimai atlikti LÞÛU Ðilumos ir biotechnologijø inþinerijos katedroje, Ðemës ūkio produktø kokybës tyrimø laboratorijoje ir KTU maisto institute.

1 lentelẽ. Iðrũgø milteliø sudëtis

Rodiklis	Iðrũgø milteliai be nitrato	Iðrũgø milteliai su nitratais
Riebalø %	1,5	1,1
Drëgmës %	4,0	4,0
Baltymø %	11,0	12,0
Laktozës %	75,0	76,0
Nitrato mg/kg	–	327
Nitrito mg/kg	–	~1
Rũgøtingumas °T	< 20	< 20

Rezultatø aptarime pristatomi gautø duomenø vi-durkiai, atlikus 4–5 kiekvienos bandymø serijos pa-kartojimus. Rezultatø apdorojimui taikëme matema-tinës statistikos metodus.

## TYRIMØ REZULTATAI IR JØ APTARIMAS

Gana svarbi iðrùgø baltymø funkcinë savybë yra pu-tø sudarymo galimybë bei jø stabilumas.

\* LST 1264 – 92. Pienas. Nitrato ir nitrito nu-statymo metodai

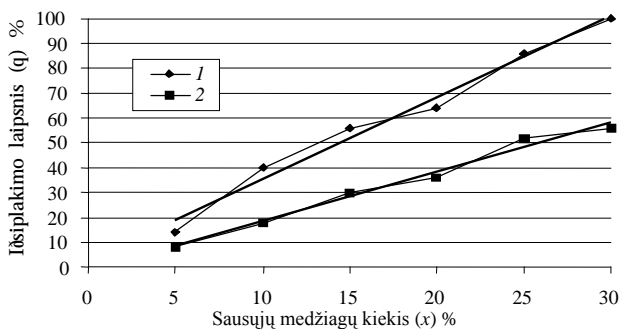
\* IDF Standart 118 : 1984. Dried milk. Deter-mination of nitrate content screening method using cadmium reduction

Þios savybës gali nulemti sausøjø iðrùgø panau-dojimo tikslingumà daugelyje produktø. Sausosiose iðrùgose baltymø kiekis yra 11–12%, taigi putø su-darymo galimybës yra kur kas didesnës, palyginti su sausaisiais pieno milteliais, todël svarbu nustatyti ðiø savybiø pokyþius kintant sausøjø medþiagø kiekiui tirpale.

Pirmoje tyrimø serijoje buvo nustatytas putø ið-siplakimo laipsnis (%) ir jø stabilumo kitimas lai-kant. Sausøjø medþiagø kiekis tirpale buvo keiþia-mas nuo 5 iki 30%. Iðsiplakimo priklausomybë kin-tant sausøjø medþiagø kiekiui tirpale parodyta 1 pa-veiksle.

Gauti tyrimø rezultatai rodo, kad putø iðsipla-kimas sausøjø iðrùgø tirpaluose didëja kintant sausøjø medþiagø kiekiui. Padidinus sausøjø me-dþiagø kieká nuo 5 iki 30% putø susidarymas pa-didëja 6–7 kartus. Nustatyta, kad putos iðrùgø mil-teliuose be nitrato susidaro geriau negu su nitra-tais. Ðis skirtumas priklauso nuo sausøjø medþiagø kiekio tirpale, didëjant sausøjø medþiagø kiekiui skirtumai tarp iðsiplakimo laipsnio tirpaluose su nit-ratais ir be jø, esant tam paëiam sausøjø medþia-gø kiekiui, didëja.

Statistinë analizës metodais gautus rezultatus ga-lima apraðyti lygtimis. Kai iðrùgos be nitrato, jø ið-siplakimo laipsnis ( $q$ ) priklausomai nuo sausøjø me-



1 pav. Putø iðsiplakimo laipsnio priklausomybë nuo sausøjø medþiagø kiekio. 1 – iðrùgø milteliai be nitrato, 2 – iðrùgø milteliai su nitratais

dþiagø kiekio tirpale ( $x$ ) kinta pagal ðià priklausomybæ:

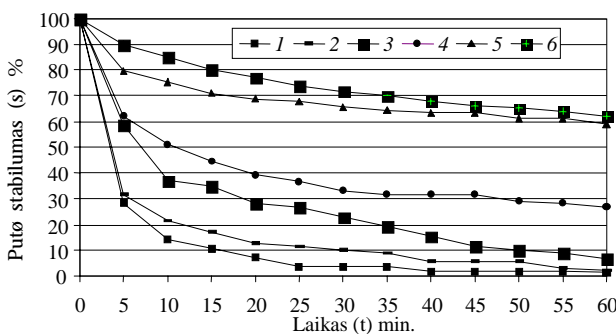
$$q_1 = 3,29x + 2,4; R^2 = 0,982.$$

Kai naudojamos iðrùgos su nitratais, ði priklausomybë ( $q$  nuo  $x$ ) išreiþkiama taip:

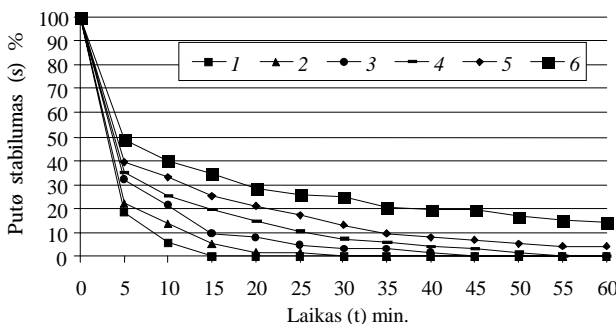
$$q_2 = 1,99x - 1,47; R^2 = 0,984.$$

Mûsø gauti rezultatai neprieðtarauja literatûroje pateiktiems tyrimø rezultatams, kuriuose yra teigia-ma, kad Ca ir NaCl [8, 20] sumaþina putø susida-rymà. Matyt, NaNO<sub>3</sub> ir KNO<sub>3</sub> daro tà patà poveiká putø susidarymo procesui. Jie padidina tirpalo joni-næ jëgà, o tai, galbût, turi átakà pieno baltymams bei neigiamai veikia putø formavimosi procesus.

Putø stabilumo kitimas per 60 min., esant skir-tingiems sausøjø medþiagø (s.m.) kiekiams, parody-tas 2 pav. (sausosios iðrùgos be nitrato) ir 3 pav. (sausosios iðrùgos su nitratais).



2 pav. Putø stabilumo kitimo priklausomybë laikymo metu nuo 0 iki 60 min. (iðrùgø milteliai be nitrato): 1 – 5% s. m.; 2 – 10% s. m.; 3 – 15% s. m.; 4 – 20% s. m.; 5 – 25% s. m.; 6 – 30% s. m.



3 pav. Putø stabilumo kitimo priklausomybë laikymo metu nuo 0 iki 60 min. (iðrùgø milteliai su nitratais): 1 – 5% s. m.; 2 – 10% s. m.; 3 – 15% s. m.; 4 – 20% s. m.; 5 – 25% s. m.; 6 – 30% s. m.

Matyti (2 ir 3 pav.), kad kuo daugiau sausøjø medþiagø iðrùgose, tuo putos yra stabilesnës (2 len-telë).

2 lentelė. Putø stabilumo sumapėjimas ( $\Delta$  %) po 60 minuèiø priklausomai nuo s.m. kiekio

Išrūgos	Sausøjø medþiagø kiekis %					
	5	10	15	20	25	30
Be nitrato	98	97	94	73	40	38
Su nitratais	100	100	100	100	96	86

Aproksimavø gautus tyrimo rezultatus, pateiktus 2 pav., gavome ðias putø stabilumo kitimo priklausomybes:

kai s. m. kiekis 5%,  $s = -0,0021t^2 + 0,2354t - 8,0184t + 83,12$ ;  $R^2 = 0,8779$ ;

kai s. m. kiekis 10%,  $s = -0,0019t^2 + 0,2131t - 7,3066t + 83,616$ ;  $R^2 = 0,8763$ ;

kai s. m. kiekis 15%,  $s = -0,0013t^2 + 0,1498t - 5,7438t + 91,1$ ;  $R^2 = 0,9525$ ;

kai s. m. kiekis 20%,  $s = -0,0012t^2 + 0,1315t - 5,054t + 92,987$ ;  $R^2 = 0,9621$ ;

kai s. m. kiekis 25%,  $s = -0,0006t^2 + 0,0671t - 2,5294t + 95,949$ ;  $R^2 = 0,9564$ ;

kai s. m. kiekis 30%,  $s = -0,0002t^2 + 0,0324t - 1,6662t + 98,926$ ;  $R^2 = 0,9966$ .

Išdiferencijavø ðias lygtis pagal laikà gauname putø stabilumo mapėjimo greièius:

$$v_1 = \frac{ds}{dt} = -0,0063t^2 + 0,471t - 8,02;$$

$$v_2 = \frac{ds}{dt} = -0,0057t^2 + 0,426t - 7,31;$$

$$v_3 = \frac{ds}{dt} = -0,0039t^2 + 0,299t - 5,78;$$

$$v_4 = \frac{ds}{dt} = -0,0036t^2 + 0,263t - 5,05;$$

$$v_5 = \frac{ds}{dt} = -0,0018t^2 + 0,124t - 2,53;$$

$$v_6 = \frac{ds}{dt} = -0,0006t^2 + 0,065t - 1,67.$$

Putø stabilumo mapėjimo greitis yra iðreiðkiamas paraboline priklausomybe.

Putø stabilumo sumapėjimo rezultatø, pateiktø 3 pav., aproksimavimas ágalino nustatyti ðias kitimo priklausomybes:

kai s. m. kiekis 5%,  $s^* = -0,0025t^2 + 0,272t - 8,8387t + 80,164$ ;  $R^2 = 0,839$ ;

kai s. m. kiekis 10%,  $s^* = -0,0022t^2 + 0,2493t - 8,3845t + 81,828$ ;  $R^2 = 0,8657$ ;

kai s. m. kiekis 15%,  $s^* = -0,002t^2 + 0,2241t - 7,8494t + 85,047$ ;  $R^2 = 0,9071$ ;

kai s. m. kiekis 20%,  $s^* = -0,0017t^2 + 0,1956t - 7,0429t + 85,035$ ;  $R^2 = 0,9053$ ;

kai s. m. kiekis 25%,  $s^* = -0,0014t^2 + 0,1673t - 6,2839t + 85,857$ ;  $R^2 = 0,9094$ ;

kai s. m. kiekis 30%,  $s^* = -0,0014t^2 + 0,159t - 5,8046t + 88,672$ ;  $R^2 = 0,925$ .

Pagal ðias lygtis atlikus diferenciacijà pagal laikà ( $t$ ) putø stabilumo mapėjimo greitis ( $v_n^*$ ) išreiðkiamas tokiomis lygtimis:

$$v_1^* = \frac{ds^*}{dt} = -0,0075t^2 + 0,544t - 8,84;$$

$$v_2^* = \frac{ds^*}{dt} = -0,0066t^2 + 0,498t - 8,38;$$

$$v_3^* = \frac{ds^*}{dt} = -0,006t^2 + 0,449t - 7,85;$$

$$v_4^* = \frac{ds^*}{dt} = -0,0051t^2 + 0,39t - 7,04;$$

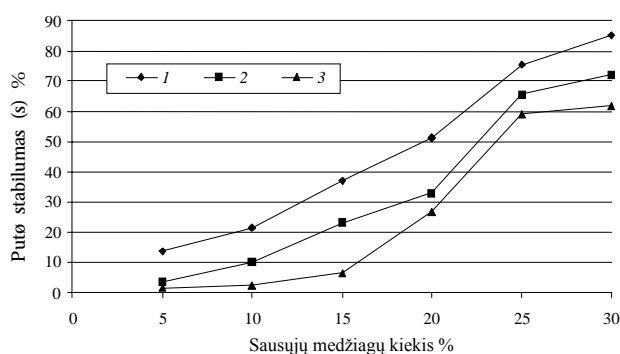
$$v_5^* = \frac{ds^*}{dt} = -0,0042t^2 + 0,335t - 6,28;$$

$$v_6^* = \frac{ds^*}{dt} = -0,0042t^2 + 0,318t - 5,8.$$

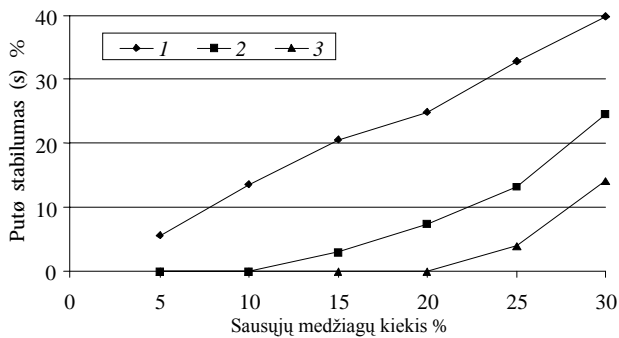
Putø stabilumo proceso greièius diferencijuodami pagal laikà ir, po to, iðvestines prilyginø 0, galime gauti laiko momentus, kuriems esant greièio kitimas yra ekstreminis (didþiausias arba maþiausias). Kadangi greièiø ( $v_n$  ir  $v_n^*$ ) antrosios iðvestinės yra neigiamos, gauti ekstremumai bûtø maksimalūs.

4 ir 5 pav. parodyta putø stabilumo kitimo analizè esant skirtingiems sausøjø medþiagø kiekiams po 10, 30 ir 60 minuèiø.

Ið 4 pav. pateiktø rezultatø matyti, kada putos visiðkai suyra. Po 60 min. iðlaikymo putø stabilumas iðplaktuose tirpaluose, kuriuose sausøjø medþiagø kiekis buvo 5 ir 10%, suiro kur kas greièiau.



4 pav. Iðplaktø tirpalø su skirtingais sausøjø medþiagø kiekiais (%) putø stabilumas po 10, 30 ir 60 min. iðrūgos be nitrato: 1 – 10 min., 2 – 30 min., 3 – 60 min.

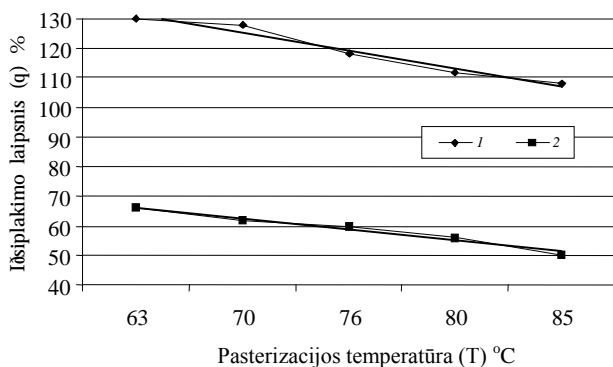


5 pav. Iðplaktø tirpalø su skirtingais sausøjø medþiagø kiekiais (%) putø stabilumas po 10, 30 ir 60 min. iðrùgø su nitratais. 1 – 10 min., 2 – 30 min., 3 – 60 min.

5 pav. po 60 min. iðlaikymo putos suyra ne tik kai sausøjø medþiagø kiekis yra 5 ir 10%, bet ir daugiau kaip 15 ir 20%. Ðiuo atveju, kai sausøjø medþiagø kiekis yra 5 ir 10%, putos suyra po 30 min.

Kitas tyrimø etapas buvo skirtas nustatyti, ar ið iðrùgø milteliø padaryto tirpalo pasterizacijos temperatūra turi átakos putø susidarymui ir jø stabilumui. Tam tikslui pasiekti ið iðrùgø milteliø (su  $\text{NO}_3^-$  ir be  $\text{NO}_3^-$ ) buvo pagaminti 25% sausøjø medþiagø tirpalai, kurie buvo pasterizuoti esant tokioms temperatùroms: 63°C, 70°C, 76°C, 80°C ir 85°C (iðlaikymo trukmë 20–25 s). Putø iðsiplakimas parodytas 6 pav.

Ið gautø tyrimø rezultatø matyti, kad didëjant pasterizacijos temperatùrai putø iðsiplakimo intensyvumas maþëja. Didëjant terminio apdorojimo temperatùrai nuo 63 iki 85°C putø iðsiplakimas sumaðëja 18–22%. Be to, nustatyta, kad iðsiplakimo laipsnio sumaðëjimas priklauso nuo sausøjø iðrùgø sudëties arba jø gamybos ypatumø. Tirpalø, pagamintø ið sausøjø iðrùgø be nitrato, iðsiplakimo laipsnis nepriklausomai nuo pasterizacijos temperatùros buvo apie 1,5 karto didesnis negu tirpalø, pagamintø ið sausøjø iðrùgø, kuriø sudëtyje buvo nitrato.



6 pav. Putø iðsiplakimo laipsnio priklausomybë nuo pasterizacijos temperatùros. 1 – iðrùgø milteliai be nitrato, 2 – iðrùgø milteliai su nitratais

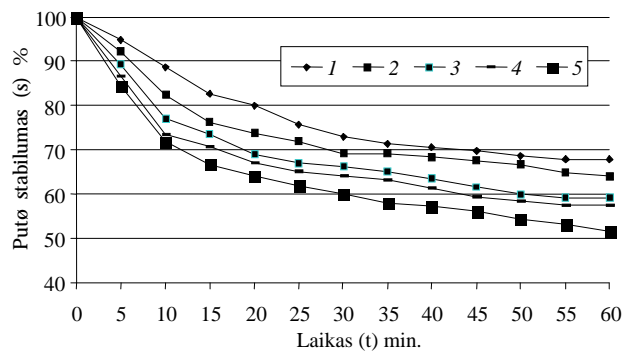
Po statistiniø gautø rezultatø apdorojimo gavome, kad abiejuose tirpaluose iðsiplakimo laipsnio sumaðëjimas ( $q$ ) didëjant pasterizacijos temperatùrai nuo 63 iki 85°C ( $T$ ) vyksta pagal šias tiesines priklausomybes:

$$\text{kai iðrùgø be nitrato, } q_1 = -6T + 137,2; R^2 = 0,966;$$

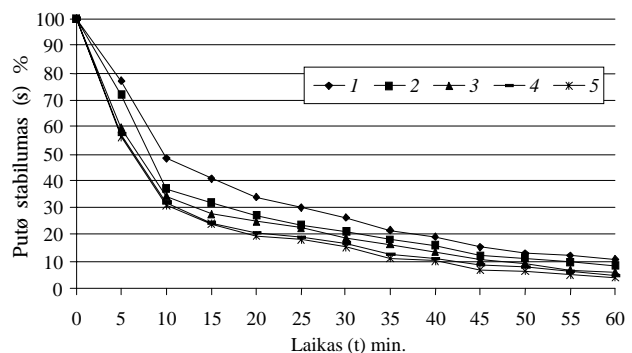
$$\text{kai iðrùgø su nitratais, } q_2 = -3,8T + 70,2; R^2 = 0,984.$$

Iðsiplakimo laipsnio sumaðëjimas didëjant terminio apdorojimo temperatùrai galbût susijæs su iðrùgø baltymø agregacija ir todël aktyviø grupiø, dalyvaujanëiø putø formavimo procese, sumaðëjimu. Taèiau ðiam teiginiui pagrãstai uþtikrinti būtini iðsamesni tyrimai.

Analogiðkai, kaip ir pirmojoje bandymø serijoje, nustatëme putø stabilumo kitimà per 60 min. Dviejø skirtingos sudëties ir gamybos sausøjø iðrùgø tirpale (25% s. m.) susidariusiø putø stabilumo kitimas parodytas 7 ir 8 pav.



7 pav. Putø su 25% s. m. stabilumo kitimo priklausomybë nuo laiko esant skirtingoms tirpalo pasterizacijos temperatùroms (iðrùgø milteliai be nitrato): 1 – 63°C past. temp.; 2 – 70°C past. temp.; 3 – 76°C past. temp.; 4 – 80°C past. temp.; 5 – 85°C past. temp.



8 pav. Putø su 25% s. m. stabilumo kitimo priklausomybë nuo laiko esant skirtingoms tirpalo pasterizacijos temperatùroms (iðrùgø milteliai su nitratais): 1 – 63°C past. temp.; 2 – 70°C past. temp.; 3 – 76°C past. temp.; 4 – 80°C past. temp.; 5 – 85°C past. temp.

Iš pateikto putų stabilumo kitimo proceso matyti, kad per 60 min. putų stabilumas mažėja. Tačiau mėginio, gauto panaudojant sausąsias idrūgas be nitrato, putos daug stabilesnės negu panaudojant sausąsias idrūgas su nitratais (3 lentelė).

3 lentelė. Putų stabilumo sumažėjimas ( $\Delta$  %) po 60 minučių priklausomai nuo tirpalo terminio apdorojimo temperatūros

Idrūgos	Terminio apdorojimo temperatūra °C				
	63	70	76	80	85
Be nitrato	32	36	41	43	49
Su nitratais	89	91	94	95	96

Iš pateiktų tyrimo rezultatų (7, 8 pav.) matyti, kad stabilumo mažėjimas idlaikant putas 60 min vyksta priklausomai nuo pasterizacijos temperatūros. Tuose bandiniuose, kurie buvo pasterizuoti esant žemesnei temperatūrai ir juose pasiektas didesnis išsiplakimo laipsnis, putų stabilumas laikymo metu taip pat buvo didesnis. Ši tendencija buvo analogiška tiek su idrūgomis be nitrato, tiek su nitratais.

Išsamesnei procesų analizei gauti atlikome statistinį rezultatų apdorojimą. Po statistinio apdorojimo aproksimavę 7 pav. gautas kreives gauname šias putų stabilumo kitimo priklausomybes:

$$\text{kai past. temp. } 63^{\circ}\text{C, } s = -0,0001t^{\beta} + 0,0215t^{\beta} - 1,425t + 100,68; R^2 = 0,9976;$$

$$\text{kai past. temp. } 70^{\circ}\text{C, } s = -0,0004t^{\beta} + 0,0521t^{\beta} - 2,2102t + 100,46; R^2 = 0,9953;$$

$$\text{kai past. temp. } 76^{\circ}\text{C, } s = -0,0005t^{\beta} + 0,0588t^{\beta} - 2,4778t + 99,262; R^2 = 0,9885;$$

$$\text{kai past. temp. } 80^{\circ}\text{C, } s = -0,0006t^{\beta} + 0,0664t^{\beta} - 2,6942t + 98,409; R^2 = 0,981;$$

$$\text{kai past. temp. } 85^{\circ}\text{C, } s = -0,0007t^{\beta} + 0,076t^{\beta} - 3,015t + 98,153; R^2 = 0,9884.$$

Po lygėių diferenciacijos galime parodyti putų stabilumo kitimo greičio ( $v_n$ ) priklausomybę:

$$v_1 = -0,0003t^{\beta} + 0,043t - 1,45;$$

$$v_2 = -0,0012t^{\beta} + 0,1042t - 2,21;$$

$$v_3 = -0,0015t^{\beta} + 0,1176t - 2,48;$$

$$v_4 = -0,0018t^{\beta} + 0,1328t - 2,69;$$

$$v_5 = -0,0021t^{\beta} + 0,152t - 3,01.$$

Pritaikę putų kitimo greičio ( $v_n$ ) ekstremumo sąlygą gauname:

$$\frac{dv_1}{dt} = -0,0006t + 0,043 = 0;$$

$$\frac{dv_2}{dt} = -0,0024t + 0,104 = 0;$$

$$\frac{dv_3}{dt} = -0,003t + 0,118 = 0;$$

$$\frac{dv_4}{dt} = -0,0036t + 0,133 = 0;$$

$$\frac{dv_5}{dt} = -0,0042t + 0,152 = 0.$$

Išsprendę šias lygtis gauname laiko momentus ( $\tau_n$ ), kada putų suirimo greitis yra didžiausias:

$$\tau_1 = 1 \text{ val. } 11 \text{ min. } 40 \text{ s};$$

$$\tau_2 = 43 \text{ min. } 20 \text{ s};$$

$$\tau_3 = 39 \text{ min. } 20 \text{ s};$$

$$\tau_4 = 36 \text{ min. } 56 \text{ s};$$

$$\tau_5 = 36 \text{ min. } 11 \text{ s}.$$

Matyti, kad pasterizacijos temperatūra turi átakos putų suirimo greičiui. Pasterizuotuose  $63^{\circ}\text{C}$  temperatūroje bandiniuose putų suirimo didžiausias greitis yra po 2 kartus ilgesnio laiko, palyginti su bandiniais, pasterizuotais esant  $85^{\circ}\text{C}$  temperatūrai.

Analogiškai galima ávertinti ir gautus rezultatus, kurie parodyti 8 pav. Atlikę kreivių aproksimavimą gavome tokias statistines regresijos lygtis:

$$\text{kai past. temp. } 63^{\circ}\text{C, } s^* = -0,0001t^{\beta} + 0,1244t^{\beta} - 5,3348t + 98,107; R^2 = 0,9851;$$

$$\text{kai past. temp. } 70^{\circ}\text{C, } s^* = -0,0014t^{\beta} + 0,1624t^{\beta} - 6,2877t + 96,604; R^2 = 0,9709;$$

$$\text{kai past. temp. } 76^{\circ}\text{C, } s^* = -0,0015t^{\beta} + 0,1718t^{\beta} - 6,3992t + 92,434; R^2 = 0,961;$$

$$\text{kai past. temp. } 80^{\circ}\text{C, } s^* = -0,0016t^{\beta} + 0,1834t^{\beta} - 6,758t + 92,17; R^2 = 0,9612;$$

$$\text{kai past. temp. } 85^{\circ}\text{C, } s^* = -0,0016t^{\beta} + 0,1827t^{\beta} - 6,7816t + 91,828; R^2 = 0,9597.$$

Šiuo atveju greičio ( $v_n^*$ ) kitimo priklausomybė yra:

$$v_1^* = -0,0003t^{\beta} + 0,2488t - 5,33;$$

$$v_2^* = -0,0042t^{\beta} + 0,3248t - 6,29;$$

$$v_3^* = -0,0045t^{\beta} + 0,3436t - 6,39;$$

$$v_4^* = -0,0048t^{\beta} + 0,3668t - 6,76;$$

$$v_5^* = -0,0048t^{\beta} + 0,3654t - 6,78.$$

Išdiferenciaciję šias lygtis ir pritaikę ekstremumo sąlygą suradome laiko ( $\tau_n^*$ ) momentą, kada putų suirimo greitis yra didžiausias:

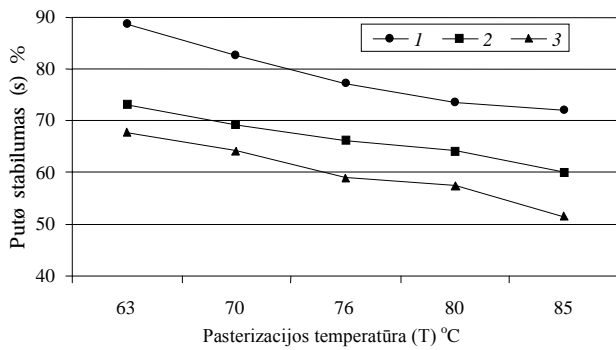
$$\tau_1^* = 41 \text{ min. } 30 \text{ s};$$

$$\tau_2^* = 38 \text{ min. } 41 \text{ s};$$

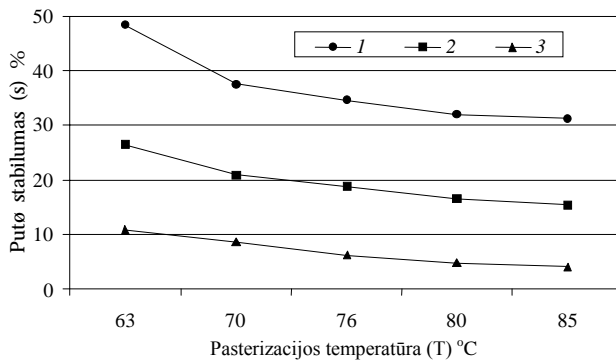
$$\tau_3^* = 38 \text{ min. } 13 \text{ s};$$

$$\tau_4^* = 38 \text{ min. } 12 \text{ s};$$

$$\tau_5^* = 38 \text{ min. } 4 \text{ s}.$$



9 pav. Putø stabilumo priklausomybë nuo pasterizacijos temperatūros (iðrùgos be nitrato). 1 – 10 min., 2 – 30 min., 3 – 60 min.



10 pav. Putø stabilumo priklausomybë nuo pasterizacijos temperatūros (iðrùgos su nitratais). 1 – 10 min., 2 – 30 min., 3 – 60 min.

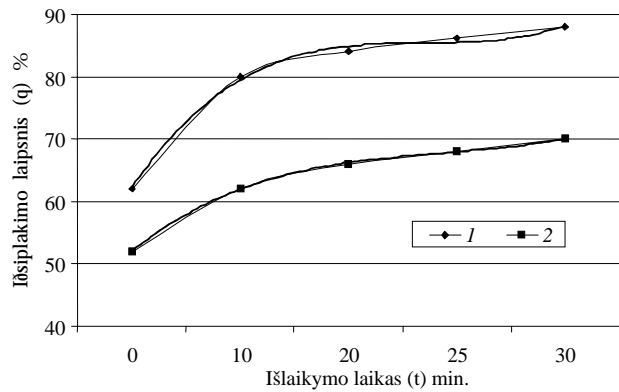
9 ir 10 pav. pavaizduota putø stabilumo kitimo analizë esant skirtingoms pasterizacijos temperatùroms po 10, 30 ir 60 minuëiø.

Pateikta rezultatø analizë rodo, kad putø stabilumas po 10, 20, 30 min., priklausomai nuo pasterizacijos temperatùros, kinta beveik pagal tiesinà priklausomybà.

Kaip matyti, pasterizacijos temperatùros didinimas neigiamai veikia putø iðsiplakimo laipsnà jø stabilumà. Taigi būtø efektyviausiai naudoti þemiausią pasterizacijos temperatùrà, t. y. 63°C. Taëiau ði temperatùra negali visiðkai uþtikrinti mikrobiologinës kokybës, todėl, paprastai, pasterizuojant 63°C temperatùroje, yra naudojamas 30 min. iðlaikymas.

Kitas darbo etapas ir buvo susietas su putø iðsiplakimu ir jø stabilumu pasterizuojant bandinius 63°C temperatùroje ir keièiant iðlaikymo trukmà.

Yra þinoma, kad esant 63°C temperatùrai vyksta iðrùgø baltymø denatùracija. Ði bandymø serija ir buvo skirta ávertinti iðrùgø baltymø denatùracijos áþakà putø susidarymui ir jø stabilumui. Ðiame tyrimø etape taip pat tyrëme putø iðsiplakimo laipsnà bei jø stabilumo kitimo priklausomybà nuo iðlaikymo laiko. Ðioje bandymø serijoje ið iðrùgø milteliø buvo pagaminti 20% sausøjø medþiagø tirpalai, kurie buvo pasteri-



11 pav. Putø iðsiplakimo laipsnio priklausomybë nuo iðlaikymo laiko. 1 – iðrùgø milteliai be nitrato, 2 – iðrùgø milteliai su nitratais

zuojami esant 63°C temperatùrai ir iðlaikomi esant tai temperatùrai tokà laikà: 0, 10, 20, 25 ir 30 min.

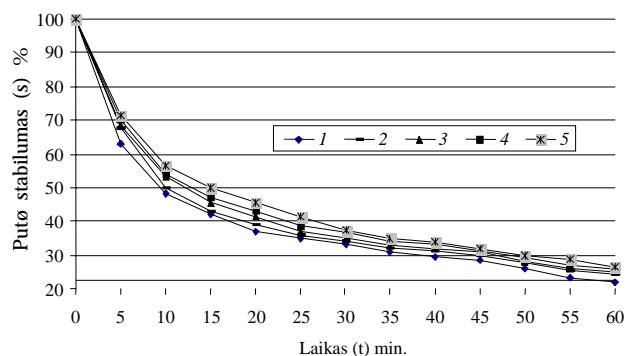
Putø iðsiplakimas parodytas 11 pav.

Gauti rezultatai labai akivaizdþiai leido ávertinti, kad ilgesnis iðlaikymo laikas esant 63°C temperatùrai padidino putø iðsiplakimo laipsnà. Taigi baltymø denatùracijos proceso metu susidaro galimybë putø formavimosi procese dalyvauti didesniai kiekiui – SH grupiø. Be to, pastebëta, kad per pirmàsias 10 min. denatùracijos procesas vyksta intensyviau, nes iðsiplakimo laipsnis bandiniuose su iðrùgomis be nitrato padidëja 18%, o vëliau per kitas 10 min. padidëja tik 4,0%. Tuo tarpu per 30 min. padidëja 26%. Panaðiai gavosi ir tuose bandiniuose, kurie buvo pagaminti ið iðrùgø su nitratais. Iðsiplakimo laipsnio priklausomybës kito pagal ðias lygtis:

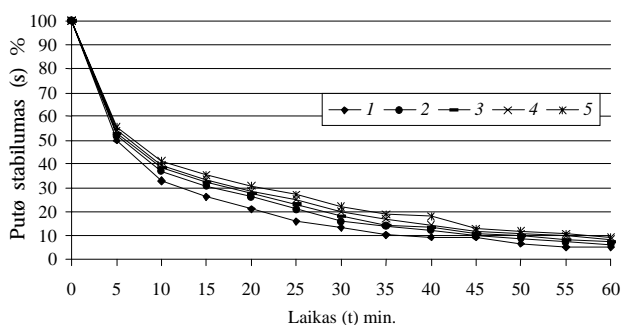
$$\text{kai iðrùgos be nitrato, } q_1 = 1,1667t^2 - 12,929t + 47,905t + 26; R^2 = 0,9968;$$

$$\text{kai iðrùgos su nitratais, } q_1 = 0,5t^2 - 5,7857t + 23,714t + 33,6; R^2 = 0,9997.$$

12 ir 13 pav. pavaizduotas putø stabilumo kitimas per 60 min.



12 pav. Putø stabilumo kitimo priklausomybë nuo laiko (iðrùgø milteliai be nitrato) esant skirtingam iðlaikymui 63°C temperatùroje. 1 – 0 min., 2 – 10 min., 3 – 20 min., 4 – 25 min., 5 – 30 min.



13 pav. Putø stabilumo kitimo priklausomybė nuo laiko (išrūgø milteliai su nitratais) esant skirtingam išlaikymui 63°C temperatūroje: 1 – 0 min., 2 – 10 min., 3 – 20 min., 4 – 25 min., 5 – 30 min.

Stabilumas per šią laiką mažėja labai tolygiai, tačiau per visą procesą išlieka aiški stabilumo priklausomybė nuo išsiplakimo laipsnio, kuo didesnis išsiplakimo laipsnis, tuo stabilesnės putos viso tirtos proceso metu.

Putø stabilumo sumažėjimas visuose bandiniuose po 60 min. pateikiamas 4 lentelėje.

4 lentelė. Putø stabilumo sumažėjimas ( $\Delta$ %) po 60 minučių priklausomai nuo išlaikymo laiko					
Išrūgos	Išlaikymo laikas min. %				
	0	10	20	25	30
Be nitrato	78	76	75	74	73
Su nitratais	95	94	93	92	90

Po statistinio apdorojimo aproksimavę 12 pav. gautas kreives gauname tokias putø stabilumo kitimo priklausomybes:

$$\text{kai išlaikymo laikas } 0 \text{ min., } s = -0,0013t^2 + 0,1434t - 5,2652t + 93,115; R^2 = 0,9641;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 10 \text{ min., } s = -0,0012t^2 + 0,1391t - 5,1939t + 94,76; R^2 = 0,9755;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 20 \text{ min., } s = -0,0011t^2 + 0,1285t - 4,9357t + 95,046; R^2 = 0,9803;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 25 \text{ min., } s = -0,0011t^2 + 0,1225t - 4,7581t + 95,159; R^2 = 0,9798;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 30 \text{ min., } s = -0,0009t^2 + 0,1103t - 4,4522t + 95,368; R^2 = 0,982.$$

Išdiferencijavus, galima parašyti putø stabilumo mažėjimo greičio ( $v_n$ ) priklausomybę:

$$v_1 = -0,0039t + 0,2868t - 5,26;$$

$$v_2 = -0,0036t + 0,2782t - 5,19;$$

$$v_3 = -0,0033t + 0,257t - 4,93;$$

$$v_4 = -0,0033t + 0,245t - 4,76;$$

$$v_5 = -0,0027t + 0,2206t - 4,45.$$

Apdorojant šias lygtis ir pritaikant funkcijos ekstremumo sąlygą surandame laiko momentą ( $\tau_n$ ), kada putø suirimo greitis yra maksimalus:

$$\tau_1 = 36 \text{ min. } 47 \text{ s};$$

$$\tau_2 = 38 \text{ min. } 37 \text{ s};$$

$$\tau_3 = 38 \text{ min. } 56 \text{ s};$$

$$\tau_4 = 37 \text{ min. } 7 \text{ s};$$

$$\tau_5 = 40 \text{ min. } 56 \text{ s}.$$

Analogiškai galima ávertinti ir gautus rezultatus, kurie parodyti 13 pav. Atlikta kreiviø aproksimavimà gavome tokias statistines kitimo lygtis:

$$\text{kai išlaikymo laikas } 0 \text{ min., } s^* = -0,0015t^2 + 0,1747t - 6,5754t + 90,014; R^2 = 0,9537;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 10 \text{ min., } s^* = -0,0013t^2 + 0,1554t - 6,0208t + 89,994; R^2 = 0,9527;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 20 \text{ min., } s^* = -0,0013t^3 + 0,1486t^2 - 5,8236t + 90,098; R^2 = 0,9527;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 25 \text{ min., } s^* = -0,0012t^2 + 0,146t - 5,7071t + 90,131; R^2 = 0,9509;$$

$$\text{kai išlaikymo laikas } 30 \text{ min., } s^* = -0,0012t^2 + 0,1408t - 5,5171t + 90,404; R^2 = 0,9597.$$

Šiuo atveju greičio kitimo priklausomybės yra šios:

$$v_1^* = -0,0045t + 0,3494t - 6,57;$$

$$v_2^* = -0,0039t + 0,3108t - 6,02;$$

$$v_3^* = -0,0039t + 0,2972t - 5,82;$$

$$v_4^* = -0,0036t + 0,292t - 5,70;$$

$$v_5^* = -0,0036t + 0,2816t - 5,52.$$

Išdiferencijavę šias lygtis ir pritaikant funkcijos ekstremumo sąlygą galime surasti laiko momentą ( $\tau_n$ ), kada putø suirimo greitis yra maksimalus:

$$\tau_1^* = 38 \text{ min. } 46 \text{ s};$$

$$\tau_2^* = 39 \text{ min. } 52 \text{ s};$$

$$\tau_3^* = 38 \text{ min. } 5 \text{ s};$$

$$\tau_4^* = 40 \text{ min. } 33 \text{ s};$$

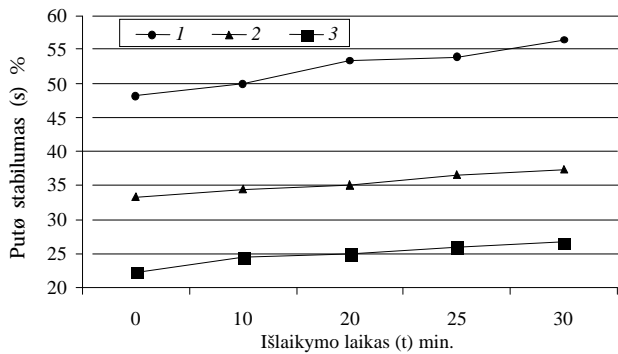
$$\tau_5^* = 39 \text{ min. } 10 \text{ s}.$$

Regresijos lygtys bei jų apdorojimas parodė, kad putø stabilumo kitimo priklausomybė nuo išlaikymo trukmės per 60 min. tarp atskirø bandiniø yra nedidelė. Didesnė štakà išlaikymo trukmė turi išsiplakimo laipsniui.

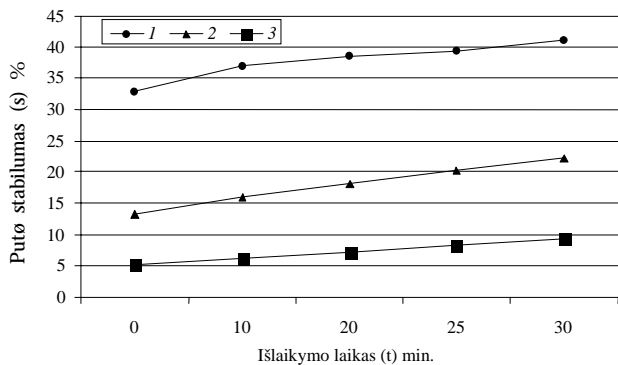
14 ir 15 pav. parodyta putø stabilumo kitimo analizė esant skirtingam išlaikymo laikui po 0, 10, 20, 25 ir 30 minučių.

Matyti (14 ir 15 pav.), kad putø stabilumas, bandinius pasterizuojant 63°C temperatūroje ir ilginant išlaikymo laiką, didėja. Šis procesas didinant laiką nuo 0 iki 30 min. vyksta pagal tiesinę priklausomybę. Ši tendencija nepakinta nustatant putø stabilumą po 10, 30 ir 60 minučių.





14 pav. Putø stabilumo priklausomybë nuo iðlaikymo laiko esant pasterizavimo temperatûrai 63°C (iðrùgos be nitrato): 1 – 10 min., 2 – 30 min., 3 – 60 min.



15 pav. Putø stabilumo priklausomybë nuo iðlaikymo laiko esant pasterizavimo temperatûrai 63°C (iðrùgos su nitratais): 1 – 10 min., 2 – 30 min., 3 – 60 min.

## IÐVADOS

1. Nustatyta, kad sausøjø medþiagø kiekis turi didelë áþakà iðrùgø milteliø tirpalø putø iðsiplakimo laipsniui ir jø stabilumui. Padidëjus sausøjø medþiagø kiekiui tirpale nuo 5 iki 30%, putø iðsiplakimo laipsnis padidëja 6–7 kartus. Kuo daugiau sausøjø medþiagø tirpale, tuo putos stabilesnës.

2. Gauta, kad bandiniø pasterizacijos temperatûros padidinimas turi neigiamà áþakà putø iðsiplakimo laipsniui bei jø stabilumui. Matyt dël temperatûros áþakos susiformavæ baltyminiai agregatai sumaþina galimybæ aktyvioms baltymø grupëms dalyvauti putø formavimosi procese.

3. Iðtirta, kad pasterizuojant bandinius 63°C temperatûroje ir didinant iðlaikymo trukmæ iki 30 min., esant tai paëiai temperatûrai, putø iðsiplakimo laipsnis padidëja iki 18%. Taëiau putø stabilumo kitimui iðlaikymo trukmë þymesnës áþakos neturëjo.

4. Nustatyta, kad sausøjø iðrùgø milteliø sudëtis (gamybos bûdo ypatumai) turi áþakos tiek putø iðsiplakimo laipsniui, tiek jø stabilumo kitimui. Iðrùgø milteliai, kurie pagaminti ið iðrùgø be nitrato, pasiþymëjo daug geresnëmis putø iðsiplakimo bei jø stabilumo sa-

vybëmis, palyginti su tais milteliais, kuriø gamybai naudotos iðrùgos su nitratais.

Gauta  
2004 04 27

## Literatûra

1. Althouse P. J., Dinakar P., Kilora A. Screening of proteolytic enzymes to enhance foaming of whey protein isolates // *Journal of Food Science*. 1995. Vol. 60. N 5. P. 1110–1112.
2. Braga-Neto J. A., Silva – RSFda., Ida E. I. Functional properties modeling of food ingredients using experiments with mixtures. II Whippability and foamability // *Ciencia-e-Tecnologia-de-Alimentos*. 1995. N 15(1). P. 6–10.
3. Chojnowski W. Effect of selected technological parameters on the structural changes, physicochemical properties and biological value of whey proteins // *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis, Technologia Alimentorum*. 1985. N 21. Suppl. C. P. 3–40.
4. DeWit J. N., Klarenbeek G. Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins // *Journal of Dairy Science*. 1984. N 67(11). P. 2701–2710.
5. Ferreira M., Behringer R., Jost R. Instrumental method for characterizing protein foam // *Journal of Food Science*. 1995. N 60(1). P. 90–93.
6. Hugunin A. G. Applications of UF whey protein: developing new markets // *Bulletin of the International Dairy Federation*. 1987. N 212. P. 135–144.
7. Kaëerauskiënë G. Pieno ir jo produktø cheminës analizës metodai. Kaunas, 1999. 140 p.
8. Karlesknid D. Foaming properties of lipid-reduced and calcium – reduced whey protein concentrates // *Journal of Food Science*. 1995. Vol. 60. N 4. P. 738–741.
9. Kella N. K. D., Yang S. T., Kinsella J. E. Effect of disulfide bond cleavage on structural and interfacial properties of whey proteins // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1989. N 37(5). P. 1203–1210.
10. Kinsella J. E., Whitehead D. M. Proteins in whey: chemical, physical and functional properties // *Advances in Food and Nutrition Research*. 1989. N 33. P. 343–438.
11. Lieske B., Konrad G. Physico-chemical and functional properties of whey protein as affected by limited papain proteolysis and selective ultrafiltration // *International Dairy Journal*. 1996. N 6(1). P. 13–31.
12. Morr C. V. Composition, physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrates // *Journal of Food Science*. 1985. N 50(5). P. 1406–1411, 1421.
13. Morr C. V. Fractionation and modification of whey protein in the US // *Bulletin of the International Dairy Federation*. 1987. N 212. P. 145–149.
14. Pearce P. J. Fractionation of whey proteins // *Bulletin of the International Dairy Federation*. 1987. N 212. P. 150–153.
15. Phillips L. G., Schulman W., Kinsella J. E. pH and heat treatment effects on foaming of whey protein isolate // *Journal of Food Science*. 1990. N 55(4). P. 1116–1119.

16. Schimdt K., McNeill V. Effect of heat treatments on the functional properties of caseinate and whey protein isolate solutions // *Milchwissenschaft*. 1993. N 48(1). P. 3–6.
17. Urbienė S. Pieno ir jo produktø cheminės analizės metodai. Kaunas, 1999. 247 p.
18. Vani Bolnedi, Zayras J. F. Foaming properties of selected plant and animal proteins // *Journal of Food Science*. 1995. Vol. 60. N 5. P. 1025–1028.
19. Visser H., Paulson M. Beta-lactoglobulin: a whey protein with unique properties // *Industrial Protein*. 2001. Vol. 9. N 3. P. 9–12.
20. Zhu H., Damodaran S. Proteose peptones and physical factors effect foaming properties of whey protein isolate // *Journal of Food Science*. 1994. N 59(3). P. 554–560.
21. Zhu H., Srinivasan D. Heat – induced conformation changes in whey protein isolate and its relation to foaming properties // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1994. N 42(4). P. 846–855.
22. Wit J. N. de, Klarenbeek G., Adamse M. Evaluation of functional properties of whey protein concentrates and whey protein isolates. II. Effects of processing history and composition // *Netherlands Milk and Dairy Journal*. 1986. N 40(1). P. 41–56.
23. Wit J. N. de, Hontelez Backx E., Adamse M. Evaluation of functional properties of whey proteins concentrates and whey protein isolates. III. Functional properties in aqueous solution // *Netherlands Milk and Dairy Journal*. 1988. N 42(2). P. 155–172.
24. Артемова Е. Н. Влияние активной кислотности на пенообразующие и эмульгирующие свойства систем сапонитов и овощных соков // *Изв. вузов. Пищевая технология*. 2001. № 5, 6. С. 25–28.
25. Артемова Е. Н. Пенообразующие и эмульгирующие свойства модельных систем ПАВ пищевых продуктов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 4. С. 54–57.
26. Артемова Е. Н., Василенко З. В. Теоретические аспекты пенообразующих и эмульгирующих свойств растительных добовок // *Вестник АН Республики Беларусь*, 1998. № 1.
27. Просеков А. Ю., Подлежаева Т. В., Новиков Р. С. Пенообразующая способность восстановленного цельного болока. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2001. Т. 5, 6. С. 39–40.
28. Урбене С., Придоткене А. Исследование пенообразующей способности сухого концентрата сывороточных белков // *Sąjunginio sviesto ir sūrių pramonės mokslinio tyrimo instituto Lietuvos filialo ir Kauno technologijos universiteto darbai. Pienininkystė*. 1991. Т. 24. Р. 127–131.
29. Урбене С., Лескаускайте Д. Функциональные свойства смеси КСБ–УФ и обезжиренного молока. *Lietuvos maisto instituto ir Kauno technologijos universiteto darbai. Pienininkystė. Vilnius*, 1992. Т. 26. Р. 118–122.
30. Урбене С., Придоткене А. Определение способности пенообразования и стабильности пены растворов сывороточных белков. *Вильнюс*, 1988.12.19.

**Sigita Urbienė, Dovilė Levickienė**

## **INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE FORMATION OF FOAM OF DRY WHEY SOLUTIONS AND FOAM STABILITY**

**S u m m a r y**

Foaming and foam stability are very important functional properties, especially when we want to evaluate the use of whey powder as an additive for food production. The dependence of the quantity of dry substances in the solution on the foaming degree of whey powder solution and foam stability was investigated.

The growing quantity of dry substances in the solution (as well as proteins) was found to increase the foaming degree and foam stability. When the quantity of dry substances in the solution increased from 5% to 30%, the whipping degree increased up to 6 or 7 times.

The pasteurization temperature of the solution works against foaming and foam stability. The minimal temperature of pasteurization (63°C) when the time increases up to 30 minutes is the best for foaming. The same dependence was also obtained by analyzing foam stability.

The results are described by using regressive equations. The dependence of speed variation of foam stability was calculated. By varying the technological factors the moments were found when the speed of foam dissociation was at its maximum.

**Key words:** functional properties, foaming, dry whey solution, foam stability

**Сигита Урбене, Довиле Левицкене**

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПЕНООБРАЗОВАНИЕ И СТАБИЛЬНОСТЬ ПЕНЫ В РАСТВОРАХ СУХОЙ СЫВОРОТКИ**

**Р е з ю м е**

Пенообразование и стабильность пены являются важными функциональными свойствами растворов сухой сыворотки. Пенообразующие свойства важны для оценки целенаправленного употребления сухой сыворотки в качестве добавки при производстве других пищевых продуктов. В работе изучены степень пенообразования и стабильность пены в зависимости от количества сухих веществ в растворе. Установлено, что с увеличением количества сухих веществ (а также белков) в растворе повышаются степень пенообразования и стабильность пены. С увеличением сухих веществ в растворе с 5 до 30% степень пенообразования повышается в 6–7 раз.

Также установлено, что температура пастеризации раствора отрицательно влияет на его пенообразующие свойства. Наилучшие свойства присущи растворам, пастеризованным при температуре 63°C с выдержкой 30 мин.

Результаты исследования оформлены уравнениями регрессии, установлена зависимость стабильности пены от технологических факторов. Определены моменты времени, при которых скорость разрушения пены максимальна.

**Ключевые слова:** функциональные свойства, пенообразование, стабильность пены, растворы сухой сыворотки