

Я. П. ПЯТРАЕУ, Т. Г. ГЛУШОНАК, А. У. ПАУЛАУ,
М. В. ГРЫЦ, І. В. АНТАНОВІЧ

РАДЫЯЦЫЙНАЯ СТЭРЫЛІЗАЦЫЯ МАЛАКА

Паніжэнне бактэрыяльнай абнасененасці малака, якая звычайна перавышае 10^5 клетак/мл, з выкарыстаннем іанізуючага выпраменьвання ўяўляе істотную цікавасць [1], бо цеплыя метады яго апрацоўкі, што ўжываюцца зараз, валодаюць некаторымі недахопамі. Асноўнымі з іх з'яўляюцца высокія энергызатраты і непрацяглы тэрмін захавання малака пасля такой апрацоўкі. Акрамя таго, выкарыстанне пастэрызацыі і стэрылізацыі для паніжэння мікробнай абнасененасці малака пагаршае яго тэхналагічныя якасці ў далейшай перапрацоўцы, напрыклад у сыры. Гэта абумоўлена парушэннем устойлівасці бялковага комплексу малака пры цеплавой апрацоўцы, што выклікае павелічэнне працягласці згортвання пастэрызаванага малака сычужным ферментам, а стэрылізаванае малако наогул не згортаецца ім і, такім чынам, не можа быць выкарыстана ў сыраробстве. Згортванне сычужным ферментам (працягласць утварэння і якасць згустка) з'яўляецца асноўным тэхналагічным паказчыкам прыдатнасці малака для сыраробства [2]. У той жа час высокая бактэрыяльная забруджанасць нарыхтоўмага малака патрабуе спецыяльнай апрацоўкі для паніжэння гэтага паказчыка.

Наша даследаванне прысвечана пошуку рэжымаў радыяцыйнай стэрылізацыі малака, а таксама вывучэнню біяхімічных, арганалептычных паказчыкаў і тэхналагічных характарыстык радыяцыйна-апрацаванага малака.

Умовы эксперыменту. У даследаванні выкарыстоўвалі сырое малако. Пробы малака апраменьвалі ў шклянках ампулах на γ -устаноўцы ЛМБ- γ -1М з крыніцай ^{137}Cs і магутнасцю дозы 0,35 Гр/с, вызначанай ферасульфатным дазіметрам [3]. Для даследавання ўплыву ўмоў радыяцыйнай апрацоўкі на бактэрыяльную якасць малака апраменьванне ўзораў праводзілі ў інертнай атмасферы, у атмасферы, насычанай кіслародам, і без якіх-небудзь дадатковых умоў у стварэнні атмасферы.

Вызначэнне агульнай бактэрыяльнай абнасененасці малака праводзілася высяваннем на кубкі з 15%-ным малочным агарам, а таксама па рэдуктазнай пробе [5]. Шчыльнасць узораў вызначалі арэаметрычна, вязкасць — з выкарыстаннем візказіметра [6].

Аналіз кетонаў, альдэгідаў і меркаптанаў у апраменьных пробах малака праводзілі спектрафотаметрычна па метадыках, прыведзеных у [7]. Для вызначэння колькасці малочнага тлушчу і свабодных тлустых кіслот у пробах выкарыстоўвалі метадыкі [8]. Цітруемую кіслотнасць

Таблица 1. Залежнась бактэрыяльнай абнасененасці малака ад рэжыму радыяцыйнай стэрылізацыі

Доза, кГр	Агульная колькасць мікраарганізмаў у сырым малацэ, кл/мл		
	у прысутнасці паветра	у інертнай атмасферы	у атмасферы, насычанай кіслародам
Кантроль	$1,5 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^7$	$4,3 \cdot 10^7$
3,4	$3,4 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$
6,8	$6,1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$
8,5	$2,5 \cdot 10^2$	$0,8 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^3$
28,9	$<1,0 \cdot 10^0$	$<1,0 \cdot 10^0$	$<1,0 \cdot 10^0$

узораў вызначалі па [5]. Для вызначэння тэрмаўстойлівасці і дабраякасці радыяцыйна-стэрылізаванага малака выкарыстоўвалі пробу на кіпячэнне і алкагольную пробу [9].

Прыдатнасць малака для сыраробства вызначалі па сычужна-брадзільнай пробе [6].

Вынікі і абмеркаванне. У табл. 1 прыведзены даныя па ўплыве дозы апраменьвання на бактэрыяльную абнасененасць сырога малака, апрамененага пры розных рэжымах радыяцыйнай апрацоўкі. Відаць, што колькасць мікраарганізмаў у апрамененым малацэ, вызначаная ў выніку высявання на кубкі, з ростам дозы рэзка памяншаецца пры ўсіх рэжымах радыяцыйнай апрацоўкі. Пры гэтым значны эфект дасягаецца ўжо пры дозах вышэй за 3 кГр. Так, напрыклад, у малацэ, апрамененым дозай 6,8 кГр у прысутнасці паветра, абнасененасць складае $6,1 \cdot 10^2$ кл/мл, што на два парадкі ніжэй за ГОСТ па бактэрыяльнай абнасененасці для пастэрызаванага малака, якая складае $5 \cdot 10^4$ кл/мл.

На рыс. 1 у паўлагарыфмічных каардынатах паказана змяненне колькасці мікраарганізмаў, якія выжылі пры апраменьванні малака (N), у параўнанні з іх колькасцю ў сырым малацэ (N_0) у залежнасці ад дозы і атмасферы апраменьвання. Прыведзеныя на рыс. 1 крывыя з'яўляюцца

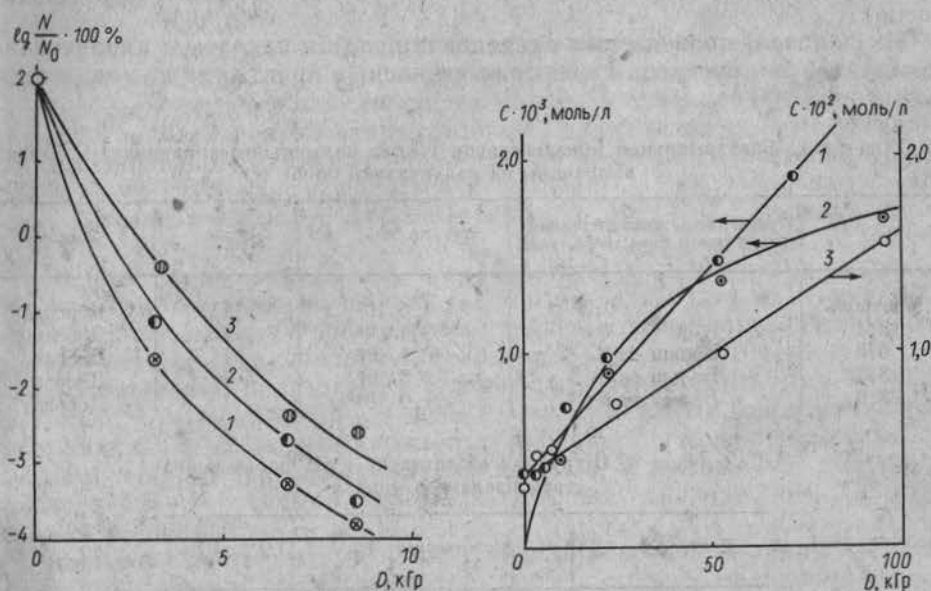


Рис. 1. Змяненне колькасці мікраарганізмаў у малацэ пры розных рэжымах радыяцыйнай стэрылізацыі: 1 — у прысутнасці паветра, 2 — у інертнай атмасферы, 3 — у атмасферы, насычанай кіслародам

Рис. 2. Змяненне канцэнтрацыі кетонаў (1), альдэгідаў (2) і злучэнняў з —SH-групамі (3) у радыяцыйна-стэрылізаваным малацэ ў залежнасці ад паглынутай дозы іанізуючага выпраменьвання

типовими для такої залежності на виживальності кліток у радіобіологічних системах. З рис. 1 відаць нелінійність зміння бактеріальної абнасененості малака ад дози випраменьвання, што, відаць, абумоулена гетерагенністю присутніх у малаці папуляций мікраарганізмаў з рознай радіочувальністю.

Аналіз уплыву атмасферы апраменьвання на стэрылізуючы ефект паказвае, што найбольшая хуткасць гібелі бактэрыі назіраецца пры апраменьванні малака ў присутнасці паветра. Гэта пацвярджае ўплыў так званага «кіслароднага ефекту» на адчувальнасць мікраарганізмаў да апраменьвання [10]. Гібель бактэрыі пры апраменьванні малака ў присутнасці паветра з'яўляецца таксама вынікам акіслення мікраарганізмаў радыкальнымі прадуктамі, што ўтвараюцца ў ім пры гэтым працэсе. Атрыманыя эксперыментальныя даныя сведчаць пра тое, што апраменьванне малака ў присутнасці паветра дазваляе ў 1,5 раза панізіць дозу апраменьвання для аднолькавага ефекту па інактывацыі мікраарганізмаў у параўнанні з апраменьваннем у інертнай атмасферы. Аднак у малаці, насычаным кіслародам, назіраецца некаторае павелічэнне выживальнасці мікраарганізмаў (рис. 1, крывая 3). Гэта, напэўна, абумоулена тым, што ў атмасферы, насычанай кіслародам, адбываюцца працэсы актыўнага дыхання [10].

З атрыманых даных вынікае, што аптымальнай умовай радыяцыйнай стэрылізацыі сырога малака з'яўляецца апраменьванне яго на паветры ў інтэрвале доз 3—10 кГр. Пры павелічэнні дозы да 30 кГр малако стэрылізуецца на 100%.

Добрыя паказчыкі па паніжэнні абнасененасці апрамененага малака ў выбраным інтэрвале доз пацвердзілі таксама тэстамі на рэдуктазу (табл. 2).

Для выкарыстання радыяцыйна-стэрылізаванага малака ў сыраварэнні, акрамя бактэрыяльнай чысціні, неабходна ўлічваць змены фізічных, тэхналагічных і арганалептычных уласцівасцяў апрамененага малака, найважнейшымі з якіх з'яўляюцца кіслотнасць, сычужная згортвальнасць, характарыстыкі ўтвораўнага згустка (эластычнасць, пругкасць).

Як паказалі праведзеныя даследаванні, такія паказчыкі апрамененага малака, як пругкасць і адносная вязкасць, практычна не змяняюцца

Табліца 2. Бактэрыяльная абнасененасць і клас радыяцыйна-апрацаванага малака, вызначаны па рэдуктазнай пробе

Доза, кГр	Працягласць абяскаслервання метыленавага блакітнага, гадз	кл/мл	Клас	Якасць
Кантроль	0,3	$1,5 \cdot 10^8$	III	Кепская
3,4	8	$3,4 \cdot 10^4$	I	Добрая
6,8	Больш за 8	$6,1 \cdot 10^2$	I	Добрая
8,5	Больш за 8	$2,5 \cdot 10^2$	I	Добрая
28,9	Больш за 8	$<1,0 \cdot 10^0$	I	Добрая

Табліца 3. Цітруемая кіслотнасць і pH радыяцыйна-стэрылізаванага малака

Доза, кГр	Кіслотнасць, °Т	pH
Кантроль	$17,5 \pm 1,1$	6,55
1,44	$17,6 \pm 1,0$	6,55
2,88	$18,1 \pm 0,9$	6,52
5,18	$18,0 \pm 1,0$	6,53
9,48	$18,2 \pm 1,3$	6,51
20,20	$18,4 \pm 1,2$	6,49

Табліца 4. Якасць апрамененага малака, вызначаная па пробе кіпячэннем

Доза, кГр	Кансістэнцыя малака	
	пры 40 °С*	пры кіпячэнні
Кантроль	Аднародная, характэрная для свежага малака	Аднародная, характэрная для свежага малака
1,44	Без змен	Без змен
2,88	Тое ж	Тое ж
5,04	»	»
7,72	»	»
19,40	»	Выдзяленне камякоў бялку
26,8	»	Малако згортваецца

* Нагрыванне малака да 40 °С выкарыстоўваецца ў тэхналагічным працэсе пры сыраварэнні.

ў выбраным інтэрвале доз радыяцыйнай стэрылізацыі і складаюць 1,03 і 1,80 адпаведна.

Цітруемая кіслотнасць і велічыня рН апрамененага малака практычна не змяняюцца (табл. 3). Даныя, прыведзеныя ў табл. 3, паказваюць на сырапрыдатнасць апрамененага малака па біяхімічных паказчыках, бо для вытворчасці сыру выкарыстоўваецца малако з цітруемай кіслотнасцю не вышэй за 20 °С і рН ад 6,67 да 6,15 [2].

Аднак праведзеныя даследаванні паказалі, што ў малака, апрамененага дозай больш за 19 кГр, адзначаецца паніжаная ўстойлівасць да нагрывання. Гэта выражаецца ў змяненні яго кансістэнцыі (выпадзенне камякоў) пры нагрыванні (табл. 4), што, напэўна, абумоўлена зменамі ў казеінавых міцэлах, выкліканых уздзеяннем выпраменьвання.

Аналагічная залежнасць ад дозы апраменьвання назіраецца і пры даследаванні малака алкагольнай пробай. Атрыманыя даныя паказваюць, што ў інтэрвале аптымальных доз радыяцыйнай стэрылізацыі якасць апрамененага малака па праведзеных вызначэннях не адрозніваецца ад неапрамененага.

У той жа час пры радыяцыйнай стэрылізацыі малака пры дозах, большых за 10 кГр, назіраюцца змены яго арганалептычных паказчыкаў у выглядзе нярэзкага паху паранага малака і ледзь улоўнага прысмаку ў параўнанні з неапрацаваным малаком. Існуюць даныя, што рэчывамі, якія пагаршаюць смак і пах апрамененага малака, з'яўляюцца альдэгіды, кетоны, карбонавыя кіслоты і меркаптаны. Яны ўтвараюцца пры радыяцыйным распадзе бялковых малекул [11—13] і малочнага тлушчу [10, 14].

На рыс. 2 паказана залежнасць змянення канцэнтрацыі кетонаў у малаце ад дозы выпраменьвання, з якой вынікае, што колькасць іх у апрамененым малаце з ростам дозы павялічваецца. Велічыня радыяцыйна-хімічнага іх выхаду складае $G=0,24 \pm 0,03$ малекул/100 эВ.

Даследаванні, праведзеныя ў шырокім інтэрвале доз (да 98 кГр), паказалі, што з павелічэннем дозы ў малекуле павышаецца канцэнтрацыя карбанілзмяшчальных прадуктаў з альдэгіднай групай, колькасць якіх імкнецца да пастаяннага значэння (рыс. 2, крывая 2), а велічыня радыяцыйна-хімічнага выхаду такіх злучэнняў складае $G=0,38 \pm 0,10$ малекул/100 эВ.

Адным з самых істотных недахопаў апрамененага малака з'яўляецца «параны» прысмак. Напэўна, гэты прысмак малаку надаюць злучэнні, якія змяшчаюць —SH-групы, у прыватнасці амінакіслоты, што ўваходзяць у састаў казеінавых міцэлаў, — метыянін і цыстэін. Вядома [15], што —SH-, RS-групы з'яўляюцца вельмі рэакцыйназдольнымі па адносінах да радыкальных прадуктаў радыялізу вады, што пры радыялізе малака можа прыводзіць да ўтварэння H₂S і меркаптанаў як прадуктаў дэструкцыі бялковых малекул, утварэнне якіх можа пагаршаць аргана-

Табліца 5. Асноўныя паказчыкі, якія характарызуюць сычужнае згортванне радыяцыйна-стэрылізаванага малака

Доза, кГр	Працягласць акіслення, гадз	
	12	24
Кантроль	Згустак з прыемным малочным пахам, жоўтага колеру, шчыльны, пругкі, эластычны, добра фармуецца, аднароднай кансістэнцыі	Згустак шчыльны
2,88	Згустак з прыемным пахам і колерам, пругкі, эластычны, шчыльны, лёгка фармуецца	Тое ж
5,18	Згустак з малочным пахам, пругкі, эластычны, няправільнай формы, пры разрэзе форма захоўваецца	»
9,48	Згустак шчыльны, пры разрэзе губляе форму	Згустак шчыльны, няправільнай формы
20,20	Згустак рыхлы з няроўнымі краямі, неаднароднай кансістэнцыі, пры разрэзе форма губляецца	Камяк рыхлы

лептычныя характарыстыкі апрамененага малака. На рыс. 2 (крывая 3) паказана залежнасць змянення канцэнтрацыі злучэнняў, якія змяшчаюць —SH-групы, ад велічыні паглынутай дозы выпраменьвання. Велічыня радыяцыйна-хімічнага выхаду злучэнняў, якія змяшчаюць —SH-групы, разлічаная на падставе паказанай залежнасці, складае $G=1,1 \pm 0,1$ —SH-груп/100 эВ. Гэта паказвае на тое, што працэсы, якія прыводзяць да ўтварэння меркаптанаў, з'яўляюцца аднымі з асноўных працэсаў радыёлізу малака. За кошт іх, напэўна, адбываецца пагаршэнне яго арганалептычных уласцівасцяў.

Акрамя ўплыву меркаптанаў, змены арганалептычных паказчыкаў апрамененага малака могуць быць абумоўлены наяўнасцю ў ім свабодных тлустых кіслот, што ўтвараюцца пры радыёлізе тлустых кампанентаў малака. Было выяўлена, што колькасць малочнага тлушчу ў даследуемым інтэрвале доз радыяцыйнай стэрылізацыі малака практычна не змяняецца і складае $2,5 \pm 0,2\%$. У той жа час пры павышэнні дозы ў малочным тлушчы павялічваецца колькасць свабодных тлустых кіслот. Так, напрыклад, у малочным тлушчы неапрамененага малака іх змяшчаецца $0,19 \pm 0,02$ мг-экв/г, а апрамененага дозай 9,48 кГр — $0,26 \pm 0,03$ мг-экв/г.

Зыходзячы з атрыманых вынікаў, можна меркаваць, што пры радыёлізе малака адбываюцца працэсы разбурэння малочнага тлушчу да карбонавых кіслот, прадукты акіслення якіх (альдэгіды, кетоны і інш.) могуць адмоўна ўплываць на арганалептычныя паказчыкі апрамененага малака.

Асноўным паказчыкам сырапрыдатнасці радыяцыйна-стэрылізаванага малака з'яўляюцца яго акісляльнасць сычужным ферментам, працягласць згортвання і такія характарыстыкі атрыманага згустка, як пах, колер, форма, эластычнасць, пругкасць, шчыльнасць і аднароднасць кансістэнцыі. Данія па даследаванні якасных паказчыкаў сычужнай згортвальнасці апрамененага ў інтэрвале доз 0—20 кГр малака прыведзены ў табл. 5. Выкарыстанне для радыяцыйнай стэрылізацыі малака доз выпраменьвання, якія не перавышаюць 5 кГр, дазваляе атрымаць дабраякасны прадукт для сыраробства.

Такім чынам, вынікі даследаванняў дазволілі вызначыць інтэрвал доз, якія забяспечваюць высокую ступень стэрылізацыі малака без значных змен яго тэхналагічных параметраў для сычужнай перапрацоўкі ў вытворчасці сыру.

Літаратура

1. Rosentall I., Martinot M., Lindner P. // Milch — wissenschaft. 1983. Bd 38, N 8. S. 467.
2. Барабанщиков Н. В. Качество молока и молочных продуктов. М., 1980. С. 7—8.
3. Пикаев А. К. Дозиметрия в радиационной химии. М., 1975.
4. Рыжов В. С., Рыжов С. В. Повышение качества молока. М., 1988.
5. Определение содержания жира и белка в молоке у коров в хозяйствах Сахалинской области (рекомендации). Новосибирск, 1989. С. 21—23.
6. Инихов Г. С. Биохимия молока и молочных продуктов. М., 1970. С. 76—93.
7. Коренман И. М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. М., 1970.
8. Филиппович Ю. Б., Егорова Г. А., Севастьянова Г. А. Практикум по общей биохимии. М., 1982.
9. Инихов Г. С., Брио Н. П. Методы анализа молока и молочных продуктов. М., 1971.
10. Хеннан Р. С. Научные и технологические проблемы применения ионизирующих излучений для консервирования пищевых продуктов. М., 1957.
11. Крауbill Н. F., Read M. S., Harding R. S., Friedman I. E. // Food Research. 1960. Vol. 29. P. 372.
12. Шарпатый В. Н. Радиационная химия биополимеров. М., 1981.
13. Радиационная химия основных компонентов пищевых продуктов. М., 1983.
14. Day E. A., Parairappov S. F. // I. Dairy Sci. 1963. Vol. 46. P. 1201.
15. Пикаев А. К. Современная радиационная химия. Радиолит газы и жидкостей. М., 1986.