

УДК 637.057, 637.353.7

ВПЛИВ СОЛІННЯ НА ДИНАМІКУ АЗОТОВМІСНИХ ФРАКЦІЙ ТА РЕОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИРІВ З БІЛОЮ ПЛІСЕННЮ

*Жукова Ярослава Фрідрихівна к.б.н., старший науковий співробітник
Чуманська Ганна Сергіївна провідний інженер
Король Цвітана Олександрівна к.т.н., старший науковий співробітник
Копилова Катерина Всеволодівна д.с-г. н., п.н.с.
Інститут продовольчих ресурсів НААН України*

Zhukova Y.

Chumanskaya A.

Korol Ts.

Kopylova K.

Institute of Food Resources NAAS of Ukraine

Анотація: досліджено вплив часткової заміни хлориду натрію на хлорид калію на фізико-хімічні показники сирів, виготовлених з різними культурами білої плісенні, зокрема, активність води, вміст загального і небілкового азоту та реологічні властивості продукту. Показано, що індекс визрівання сирів, обрахований за азотовмісними фракціями, був вищим при додаванні хлориду калію. Встановлено кореляцію між співвідношенням небілкового азоту до розчинного азоту та показником зусилля зрізу внутрішнього шару зрілих сирів. Отримані дані стануть підґрунтям при виготовленні сирів з різними культурами білою плісенню.

Ключові слова: активність води, культури *Penicillium candidum*, *Geotrichum candidum*, сир, хлорид натрію, хлорид калію.

Постановка проблеми

Європейське регіональне бюро ВОЗ оголосило зниження споживання солі одним з п'яти пріоритетних напрямів у новому Плані заходів щодо запровадження Європейської стратегії профілактики та боротьби з неінфекційними захворюваннями 2012-2016 рр.

В останні роки в Європейському регіоні було розпочато впровадження багатьох успішних стратегій та програм із зниження споживання солі. Цільові показники, встановлені в подібних заходах, як наприклад, Рамкова концепція Європейського союзу (ЄС) національних ініціатив щодо споживання солі, в основному стосуються такої продукції харчової промисловості, як готові до вживання страви, м'ясні продукти, хліб та сири. Одинадцять країн ЄС прийняли рішення зменшити споживання солі на 16% в період між 2008 та 2012 рр.. [1].

Водночас сіль є невід'ємним компонентом продуктів, яка забезпечує додаткове виділення сироватки, сприяє проникненню вільної води у сирну масу і, таким чином, впливає на процес гідратації білків, формування консистенції і утворення скоринки [2], та сприяє маскуванню небажаних присмаків.

З огляду на вищесказане для зниження вмісту натрію у сирах, крім зменшення часу витримки у розсолі, все частіше використовують розчини, що містить суміш NaCl, KCl або MgCl₂ у різних співвідношеннях. Дослідження властивостей деяких сирів з частковою заміною NaCl на KCl показали можливість такої заміни без помітної зміни їх якості. Втім у сирі Чеддер та Фета, які містили KCl, було відзначено збільшення ліпазної та протеолітичної активності заквашувальної мікрофлори, менш солоніший та кислий смак, м'якшу консистенцію продукту [3]. Існують дані, що сири з низьким вмістом солі або невдало підбраною заміною NaCl багатьом споживачам здаються гіркуватими, мають мажучу консистенцію та невиражений смак [4]. Подібних досліджень щодо сирів із білою плісенню не проводилось. Втім підвищення вмісту калію і зменшення рівня частки натрію у продуктах харчування на сьогодні є актуальною задачею дієтологів.

Метою даної роботи було дослідження впливу соління або часткової заміни хлориду натрію на хлорид калію на фізико-хімічні показники сирів з білою плісенню, зокрема активність води, вміст загального та небілкового азоту та реологічні властивості продукту.

Об'єктами досліджень були модельні сири з білою плісенню, виготовлені за класичною технологією із застосуванням заквашувального препарату ДДПБЗ ІПР НААН “Alba THC-02”, до якого входять *S. salivarius ssp. thermophilus* та *L. delbruecki ssp. bulgaricus*. Сири були виготовлені із додаванням культур плісені *Penicillium candidum V5* та культур *Geotrichum candidum C* “SACCO”, Італія. Досліджувані сири містили різний вміст солі: №1- сир з 1,5% NaCl+ KCl; № 2- сир з 4% NaCl+ KCl; № 3 – сир з 1,5% NaCl; № 4- сир 4% NaCl.

Результати дослідження

В залежності від типу сирної маси і вимог до характеристичних властивостей сиру, вміст солі може варіювати у широких межах. За класичною технологією сирів вміст солі становить (1,5-2,5) %, але в деяких видах сирів він може дорівнювати (ементаль – 0,6 % солі, пекоріно – 5-7 %).

Сири з білою плісенню, виготовлені за класичною технологією, були досліджені за основними фізико-хімічними показниками (табл. 1).

Таблиця 1

Основні показники зрілих сирів з різними культурами білих плісень

Зразки сирів	Кислотність, од. рН	Масова частка, %			
		волога	загальний білок	загальний Ca	NaCl
Сири з культурою <i>P. candidum V5</i>					
Сир №1	6,05	54,34	16,22	0,127	0,43
Сир № 2	5,83	60,51	15,25	0,135	2,08
Сир № 3	5,67	52,38	16,59	0,120	1,73
Сир № 4	5,66	50,52	20,32	0,113	4,25
Сири з культурою <i>Geotrichum candidum C</i>					
Сир №1	5,85	56,50	16,19	0,127	0,47
Сир № 2	5,85	62,53	17,47	0,135	2,17
Сир № 3	5,70	53,91	16,44	0,120	1,77
Сир № 4	5,62	50,65	20,32	0,113	4,25

З отриманих результатів видно, що додавання хлориду калію і соління сумішшю NaCl+ KCl призводило до збільшення значень рН у сирах № 1 та № 2 на 20-ту добу визрівання на 6,3 % та на 3,0 % порівняно із сирами № 3 та № 4 з культурою *P. candidum V5*. У сирах із культурою *G. candidum C* № 1 та № 2 цей показник був на 2,6 % та 3,9 % більше аналогічних сирів № 3 та № 4. Подібні тенденції спостерігали стосовно масової частки вологи у сирі. У сирах № 1 та № 2 з культурою *P. candidum V5* був більший на 3,6 % та 16,5 % порівняно з сирами № 3 та № 4; у сирах №1 та №2 із культурою *G. candidum C* на 4,58 % та 19,0 %, відповідно (табл. 1).

У літературних джерелах майже відсутні дані щодо протеолітичних процесів у сирах з білою плісенню за умови соління з різними концентраціями NaCl та його частковою заміною на KCl.

Дослідження азотистих фракцій сирів показало зміну їх співвідношень в залежності від застосованої концентрації солі або суміші солей.

Так, у сирі, виготовленого з культурою *P. candidum V5* вміст розчинного та небілкового азоту варіював в залежності від застосованої концентрації солі або суміші солей. Показано, що у процесі визрівання на 20 добу рівень розчинного азоту збільшувався у 2,47 рази та 2,43 рази у варіантах сирів № 1 та № 3, відповідно в 2,21 і 2,20 рази у варіантах № 2 та № 4, відповідно. Рівень небілкового азоту збільшувався у 2,58 рази та 2,55 рази у варіантах сирів № 1 та № 3, відповідно і 2,92 і 2,57 рази у варіантах сирів № 2 та № 4, відповідно.

Аналіз співвідношення небілкового до розчинного азоту, яке можна вважати індексом визрівання сирів з білою плісенню, показав, що при застосуванні суміші солей як 1,5 % так і 4 % ці показники вищі за аналогічні з хлоридом натрію на 10 % та 23 %, відповідно. Таким чином, наявність іонів калію сприяла протеїназній активності *P. candidum* V5 і збільшенню небілкового азоту.

При аналізуванні сиру з використанням культури білої плісені *G. candidum* C спостерігали певні відмінності у протеолітичних перетвореннях, що відбивалось на інших значеннях показників азотистих фракцій.

Так, на 20 добу визрівання вміст розчинного азоту збільшувався у 2,10 разів та 2,19 разів у варіантах сирів № 1 та № 3, відповідно, в 2,03 і 2,18 рази у варіантах сирів № 2 та № 4, відповідно. Рівень небілкового азоту збільшувався у 3,47 рази та 3,08 рази у варіантах № 1 та № 3, відповідно в 3,18 і 2,72 рази у варіантах сирів № 2 та № 4, відповідно.

Співвідношення небілкового до розчинного азоту було вищим при застосуванні суміші солей як 1,5 % так і 4 % за аналогічні з хлоридом натрію на 20 % та 38 %, відповідно. Таким чином, присутність КСІ обумовлювала підвищення протеїназній активності *G. candidum* C і утворенню небілкових азотовмісних сполук.

При порівнянні отриманих результатів можна зробити висновок, що досліджувана культура *G. candidum* сприяла більш активному накопиченню небілкового азоту, а культура *P. candidum* V5 - розчинного азоту незалежно від умов соління сирів.

Глибина проникнення солі у масу сиру перш за все залежить від часу його перебування у розчині для соління та способу соління сиру. При цьому основна маса солі зосереджується у периферійних шарах і наприкінці соління сягає концентрацій у водній фазі (14 – 16) %, що визначає значення активності води (A_w).

Активність води (A_w) визначає кількість води, необхідної для мікробіологічних, біохімічних перетворень у сирі. Слід відзначити, що різні шари сиру, поверхнева та внутрішня частина, можуть мати різні абсолютні значення активності води. На початковій стадії визрівання сирів показники A_w і рН обумовлені результатом реакцій, що проходили упродовж згортання молока, виділення сироватки та соління. Упродовж визрівання коефіцієнт A_w не залишається постійним. Коли сіль вноситься на поверхню сиру у перші дні визрівання встановлюється рівновага між вмістом води та солі. Пізніше на A_w впливає відносна вологість приміщення – визрівання завжди відбувається за відносної вологи нижче порога насиченості [5]. Сир втрачає вологу до моменту, коли між A_w на поверхні сиру та відносною вологою у приміщенні не встановиться рівновага. Крім того, існує градієнт вмісту води між більш вологою центральною частиною і менш вологими поверхневими шарами.

Аналіз даних щодо коефіцієнту активності води у досліджуваних сирах показав (рис. 1, рис. 2), що незалежно від концентрації солей або культур плісень поверхневий шар має нижчий показник A_w , ніж внутрішній.

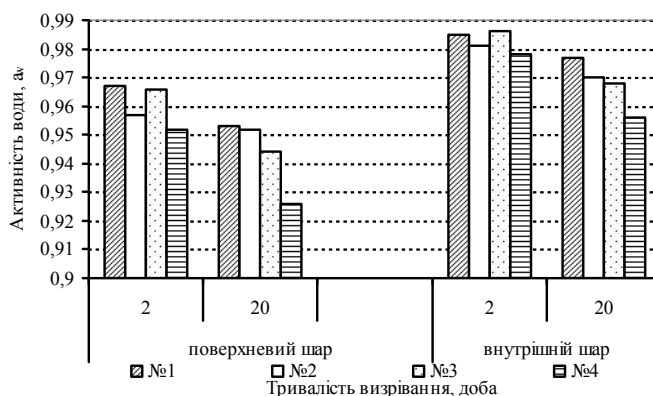


Рис. 1. Зміна показника активності води у сирах з культурою *Geotrichum candidum* C із різним вмістом солей

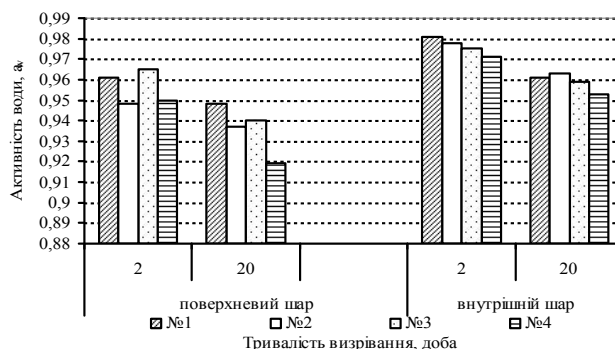


Рис. 2. Зміна показника активності води у сирах з культурою *Penicillium candidum* V5 із різним вмістом солей

№1- Сир з 1,5% NaCl+ KCl; № 2- Сир з 4% NaCl+ KCl; № 3 – Сир з 1,5% NaCl; № 4- Сир 4% NaCl.

Часткова заміна NaCl на KCl спричиняла збільшення значення A_w у сирах з культурою *Geotrichum candidum* C на першу добу визрівання на 0,1 % - 0,5 % (як у поверхневому, так і в внутрішньому шарах) і у зрілих на 0,9 %-2,8 % у поверхневому шарі і на 0,4 % - 1,44 % у внутрішньому шарі (див. рис. 1).

Заміна частини NaCl на KCl спричиняла збільшення значення A_w у сирах з культурою *Penicillium candidum* V5 на першу добу визрівання на 0,2 % - 0,5 % у поверхневому шарі і на 0,6 % - 1,9 % у внутрішньому шарі і у зрілих на 0,8 % - 3,2 % у поверхневому шарі і на 0,2 % -1,03 % у внутрішньому шарі (див. рис. 2) порівняно з аналогічними сирами з хлоридом натрію.

Аналіз реологічних показників - зусилля зрізу досліджуваних сирів, вимірюваних на універсальній механічній тест-машині "SANS" серія СМТ показав, що щільність досліджуваних продуктів вельми залежить від застосованих культур та режиму соління (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка реологічного показника зусилля зрізу у зрілих сирах з різними культурами білих плісень

Зразки сирів	Зусилля зрізу, кН/м ²			
	Внутрішній шар без скоринки		Сир зі скоринкою	
	<i>P. candidum</i>	<i>G. candidum</i>	<i>P. candidum</i>	<i>G. candidum</i>
Сир №1	8,34	7,66	26,44	20,05
Сир №2	7,46	7,58	22,05	19,50
Сир №3	10,98	8,99	36,54	30,21
Сир №4	14,30	9,54	38,12	34,55

Отримані результати свідчать, що використання культури *G. candidum* при виготовленні сирів типу Камамбер сприяло формуванню більш рідкої, ніжної консистенції продукту – показник зусилля зрізу дорівнював від 7,66 до 9,54 кН/м². Сири, виготовлені з плісенню *P. candidum* V5 відрізнялися щільнішою консистенцією, що свідчать дані зусилля зрізу внутрішнього шару (8,34-14,30 кН/м²). Показник зусилля зрізу внутрішнього шару був вищим у сирах № 1, № 2, № 3, № 4 з культурою *P. candidum* V5 на 8 %, 24 %, 22 % та 49 % , ніж аналогічні вимірювання у сирах з культурою *G. candidum* C.

Аналізування реологічного показника сиру із скоринкою показали, що додавання культури *G. candidum* при виробленні сиру призводить до утворення більш ніжного поверхневого шару і менш щільного, ніж за участі плісені *P. candidum*. Показник зусилля зрізу був вищим у сирах № 1, № 2, №

3, № 4 з культурою *P. candidum V5* із скоринкою на 31 %, 13 %, 20 % та 10 % , ніж аналогічні вимірювання у сирах з культурою *G. candidum C*.

Оскільки для сирів з білою плісенню характерний інтенсивний протеоліз за рахунок численних ендо- та екзопептидаз запропоновано обраховувати індекс визрівання сирів за співвідношенням небілкового до розчинного азоту (див. табл. 1) і ці результати було співставлено із реологічними показниками досліджуваних сирів (табл. 2).

Проаналізовано кореляцію між співвідношенням небілкового азоту до розчинного азоту та показником зусилля зрізу внутрішнього шару зрілих сирів без скоринки.

Показано, що для сирів, виготовлених з культурою *P. candidum V5* це співвідношення становило $r=-0,72$ ($n=8$; $P<0,05$) та для сирів, виготовлених з культурою *G. candidum C* $r=-0,96$ ($n=8$; $P<0,05$).

Отримані дані свідчать, що ця кореляція вища у сирах з культурою *G. candidum C* незалежно від варіанту режиму соління, зокрема часткової заміни хлориду натрію на хлорид калію.

Для сирів з культурою *P. candidum V5* кореляція була дещо нижча, що можна пояснити нижчим вмістом небілкового азоту та більшою щільністю сирів, обумовленою іншими факторами, зокрема, функціонуванням *P. candidum V5*, тобто відмінностями у протіканні протеолітичних процесів у сирах, обумовлених присутністю різних культур плісень.

Дані органолептичного аналізу досліджених сирів збігались з результатами реологічного дослідження.

З огляду на отримані результати досліджень щодо ароматичних та реологічних властивостей сирів можна вважати, що застосування часткової заміни хлориду натрію на хлорид калію призводить до зміни інтенсивності протікання протеолітичних процесів у сирах з білою плісенню, що відбивається на розвитку міцелію, формуванні певної текстури та спектру ароматичних сполук.

Особливо позитивний вплив цієї заміни відчувався у сирах з культурою *G. candidum C*, яка є більш чутливою до концентрації солі, ніж *P. candidum V5*.

Оскільки така часткова заміна електролітів під час соління обумовлювала їх більш високу концентрацію у кінцевому продукті з культурою *G. candidum C*, такі сири мали водночас більш приємний виражений смак та аромат, ніж при застосуванні аналогічної концентрації хлориду натрію.

Висновки

1. Встановлено, що коефіцієнт активності води (A_w) у поверхневому шарі зрілих сирів був нижчим, ніж у внутрішньому незалежно від концентрації солей або культур плісень. Часткова заміна NaCl на KCl призводила до збільшення значень A_w : з культурою *G. candidum C* - на 0,9 % - 2,8 % у поверхневому шарі і на 0,4 % - 1,4 % у внутрішньому; з культурою *P. candidum V5* - на 0,8 % - 3,2 % у поверхневому шарі і на 0,2 % - 1,0 % у внутрішньому.

2. Культура *G. candidum C* сприяла більш активному накопиченню небілкового азоту, а культура *P. candidum V5* - розчинного азоту незалежно від умов соління сирів.

3. При застосуванні суміші солей співвідношення небілкового до розчинного азоту, яке можна вважати індексом визрівання сирів, були вищими на 10% та 23%, ніж у сирах з хлоридом натрію, при цьому часткова заміна NaCl на KCl сприяла активізації протеїназних систем обох плісень.

4. Коефіцієнт кореляції між співвідношенням небілкового азоту до розчинного азоту та показником зусилля зрізу внутрішнього шару зрілих сирів, виготовлених з культурою *P. candidum V5* становив $r=-0,72$ ($n=8$; $P<0,05$), а з культурою *G. candidum C* - $r=-0,96$ ($n=8$; $P<0,05$).

Список літератури

1. Doyle M.E. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality and human health / M.E. Doyle, K.A. Glass // *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* - 2010. - Vol. 9, No. 1. - P. 44-56.
2. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / под ред.

Гудкова С.А. – М.: ДеЛіу принт, 2003. - 799 с.: ил. - Библиогр.: с. 745-799. - ISBN 5-94343-039-3.

3. Dorosti S. Effect of partial replacement of NaCl with KCl in cheese-making brine on characteristics of Iranian white cheese / S. Dorosti, A. Bazmi, B. Ghanbarzadeh, A. Ayaseh // *Iranian J. Nutr. Sci & Food Technol.* – 2010. - Vol. 5, No. 3. - P. 67-74.

4. Katsiari M.C. Lipolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. / M.C. Katsiari, L.P. Voutsinas, E. Alichanidis, L.G. Roussis // *Int. Dairy J.* – 2000. - Vol. 10, No. 5-6. - P. 369-373.

5. Leclercq-Perlat M.-N. Little change takes place in Camembert-type cheese water activities throughout ripening in terms of relative humidity and salt / M.-N. Leclercq-Perlat, A. Hélias, G. Corrieu // *Journal of Dairy Science.* – 2013. - Vol. 96, No. 12. - P. 7521-7525.

References

1. Doyle M.E. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality and human health / M.E. Doyle, K.A. Glass // *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* - 2010. - Vol. 9, No. 1. - P. 44-56.

2. Hudkov A. V. Syrodelye: tekhnolohycheskye, byolohycheskye y fyzyko-khymycheskye aspekty / pod red. Hudkova S.A. – М.: DeLy print, 2003. - 799 s.: yl. - Byblyohr.: s. 745-799. - ISBN 5-94343-039-3.

3. Dorosti S. Effect of partial replacement of NaCl with KCl in cheese-making brine on characteristics of Iranian white cheese / S. Dorosti, A. Bazmi, B. Ghanbarzadeh, A. Ayaseh // *Iranian J. Nutr. Sci & Food Technol.* – 2010. - Vol. 5, No. 3. - P. 67-74.

4. Katsiari M.C. Lipolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. / M.C. Katsiari, L.P. Voutsinas, E. Alichanidis, L.G. Roussis // *Int. Dairy J.* – 2000. - Vol. 10, No. 5-6. - P. 369-373.

5. Leclercq-Perlat M.-N. Little change takes place in Camembert-type cheese water activities throughout ripening in terms of relative humidity and salt / M.-N. Leclercq-Perlat, A. Hélias, G. Corrieu // *Journal of Dairy Science.* – 2013. - Vol. 96, No. 12. - P. 7521-7525.

ВЛИЯНИЕ ПОСОЛА НА ДИНАМИКУ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ФРАКЦИЙ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫРОВ С БЕЛОЙ ПЛЕСЕНЬЮ

Аннотация: исследовано влияние частичной замены хлорида натрия на хлорид калия на физико-химические показатели сыров, изготовленных с различными культурами белой плесени, в частности, на показатель активности воды, содержание общего и небелкового азота, реологические свойства продукта. Показано, что индекс созревания сыров, рассчитанный по азотсодержащим фракциям, был выше при добавлении хлорида калия. Установлена корреляция между соотношением небелкового азота к растворимому азоту и показателем усилия среза внутреннего слоя зрелых сыров. Полученные данные станут основой для изготовления сыров с разными культурами белой плесени.

Ключевые слова: активность воды, культуры *Penicillium candidum*, *Geotrichum candidum*, сыр, хлорид натрия, хлорид калия.

THE INFLUENCE OF SALTING ON NITROGEN FRACTIONS CONTENT AND RHEOLOGY OF CHEESE WITH WHITE MOULDS

Summary: the influence of the partial replacement of sodium chloride by potassium chloride on the physico-chemical characteristics of cheeses made with different cultures of white moulds, in particular, water activity, the total and non-protein nitrogen content, rheological properties of the products. It is shown that cheese maturation index calculated by the nitrogen-containing fractions, was higher when potassium chloride was added. The correlation between the ratio of non-protein nitrogen to soluble nitrogen and indicator of shear forces of the inner layer of mature cheeses was found. The data obtained will be used in the manufacture of cheeses with different cultures of white moulds.

Keywords: water activity, culture *Penicillium candidum*, *Geotrichum candidum*, cheese, sodium chloride, potassium chloride.