

УДК 637.33

ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ СОЛІ КУХОННОЇ В СИРНІЙ МАСІ ТВЕРДИХ СИРІВ**Орлюк Ю. Т.¹** к.т.н., с.н.с.,

завідувач відділу масло- та сироробства

<https://orcid.org/0000-0003-1273-3554>¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-14>

Процес соління сирів – важлива виробнича операція, що активно впливає на протеолітичні перетворення при визріванні сирної маси. Корекція масової частки солі кухонної в сирній масі дозволяє корегувати активність розвитку молочнокислих мікроорганізмів закваски в ній, що в значній мірі впливає на формування органолептичних та фізико-хімічні показників готового продукту. Визначення масової частки солі кухонної є невід’ємною частиною технохімічного контролю сироробного виробництва і потребує значної оперативності. Стандартизовані методи з визначення масової частки солі кухонної в сирній масі пов’язані з громіздкими в часі лабораторними дослідженнями («Метод з азотнокислим сріблом», «Метод з катіонітом» та ін.). Апробований у відділі масло-та сироробства Інституту продовольчих ресурсів НААН метод визначення вмісту солі кухонної у сирній масі твердих сирів базується на результатах потенціометричних вимірювань з наступним обрахунком за емпіричною формулою і є надійним та нетривалим в часі.

Ключові слова: сир, сирна маса, хлористий натрій, методи визначення

EXPRESS METHOD FOR DETERMINING THE MASS FRACTION OF TABLE SALT IN HARD CHEESES**Yurii Orlyuk¹**, PhD, Technics, Senior Researcher,

Head of the Department of Butter and Cheese Production

<https://orcid.org/0000-0003-1273-3554>¹Institute of Food Resources NAAS, Kyiv, Ukraine<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-14>

The process of pickling cheeses is an important industrial operation that actively affects proteolytic transformations with a ripening of cheese mass. The correction of the mass fraction of table salt in cheese mass allows adjusting the activity of the development of lactic acid microorganisms of a starter in it, which greatly affects the formation of sensorial, physical and chemical parameters of the finished product. Determination of the mass fraction of the table salt is an integral part of techno-chemical control of cheese production and requires significant promptness. Standardized methods for determining the mass fraction of the table salt in cheese mass are associated with time consuming laboratory studies (“Method with the silver nitrate”, “Method with a cationite”, etc.). The method of determining the content of table salt in the cheese mass of hard cheeses, this method having been approved in the department of butter and cheese making of the Institute of Food Resources NAAS, is based on the results of potentiometric measurements with the subsequent calculation according to the empirical formula and is reliable and not time consuming.

Key words: cheese, cheese mass, sodium chloride, methods of determination

В технологічному процесі сироваріння виробнича операція соління є одним із багаточисельних факторів, що впливають на процес визрівання сирів. Вміст масової частки солі кухонної в сирній масі значно впливає на активність розвитку *заквашувальної мікрофлори* в ній. В процесі розвитку *молочнокислі мікроорганізми* закваски гідролізують лактозу утворюючи молочну кислоту та змінюють активну кислотність сирної маси. На першій стадії визрівання активна кислотність сирної маси знижується до (4.6-5.0) од. рН, що запобігає розвитку патогенної мікрофлори та створює сприятливі умови для подальшого визрівання сиру. Надмірне ж наростання активної кислотності (понад 4,6 од. рН) призводить до погіршення органолептичних показників готового продукту. При цьому, слід враховувати, що концентрація солі кухонної в сирній масі 1,5 % і вище призводить до уповільнення розвитку молочнокислих бактерій та наростання її активної кислотності. Однак, підвищена концентрація солі кухонної на поверхні сирної головки є згубною для сторонньої мікрофлори та є стримуючим фактором її розвитку, що позитивно впливає на протеолітичну активність ферментів (молока, закваски, молокозсідального ферменту), які присутні в сирній масі [1,2,4,5,12,13,15,16].

Протеолітична активність в сирній масі таких молокозсідальних ферментів як пепсин та хімозин, тваринного чи бактеріального походження, стимулюється підвищенням масової частки солі кухонної до 6 %. При подальшому її підвищенні протеолітична активність цих ферментів знижується, про те, навіть при концентрації солі кухонної в сирній масі 20 % спостерігається обмежений перебіг процесу протеолізу [2,6].

Плазмін – фермент молока, значення якого в процесі загального протеолізу в сирній масі досить значне при рівні її активної кислотності (4.6-5.0) од. рН. Проведені дослідження показали, що підвищення масової частки солі кухонної в сирній масі до 2 % підвищує його активність, але подальше її підвищення знижує активність ферменту, про те, деяка його активність залишається навіть при її концентрації в сирній масі 8 % [11].

Ліпази та протеїнази що заквашу вальної мікрофлори інгібують при концентрації солі кухонної в сирній масі вище 6% [1, 7, 10].

Не слід забувати і про синеретичні властивості сирного згустку в процесі сироваріння. Вибір раціональної концентрації солі кухонної в сирній масі дозволяє раціоналізувати процес синерезису та регулювати вміст вологи в готовому продукті. Фізичні зміни білка сиру, що відбуваються під дією солі кухонної, впливають і на його розчинність та структуру, а також на консистенцію готового сиру [3]. Відповідно, вибір раціональних режимів процесу соління сирної маси сприяє отриманню готового з гарантованими показниками якості.

Враховуючи вище наведене допустимо зробити висновок, що відпрацювання режимів експрес-методу з визначення масової частки солі кухонної в сирній масі є актуальним. Результати, отримані при відпрацюванні режимів експрес-методу дозволяють застосувати інструментальний метод контролювання технологічного процесу соління.

При проведенні лабораторних виробок та досліджень нових видів сирів у відділі масло-та сироробства Інституту продовольчих ресурсів НААН виникла необхідність у застосуванні інструментального експрес-методу визначення масової частки солі кухонної в дослідних зразках сирної маси. На початковій стадії досліджень визначення м. ч. NaCl проводили загальноприйнятим методом згідно з ДСТУ ISO 5943 «Сир та сири плавлені. Визначення вмісту хлоридів». Цей метод базується на визначенні точки еквівалентності в процесі титрування за результатами потенціометричних вимірювань з урахуванням різкої зміни потенціалу індикаторного електрода в точці еквівалентності. Такий метод є тривалим, що ускладнює його застосування під час проведення досліджень значної кількості дослідних зразків. Слід зазначити, що існують прилади для визначення масової частки солі кухонної з автоматичним титруванням, але їх вартість досить значна, а клас точності не завжди відповідає потребам лабораторних досліджень.

Також відомо, що Kindstedt P.S. та Kosikowski F.V. розробили потенціометричний метод вимірювання масової частки соолі кухонної в сирній масі [8, 9]. Для проведення

вимірювань даним методом, дослідний зразок сирної маси подрібнюють, перемішують з дистильованою водою та фільтрують. Вимірювання проводять з застосуванням іонметрів з іонселективним електродом, а покази приладу обраховують згідно з формулою.

Мета роботи є розробка методу вимірювання масової частки солі кухонної в сирній масі твердих сирів, яка базується на визначенні потенціалу іонселективного електрода іонміра.

Матеріали і методи. Дослідженню підлягало 60 дослідних зразків сирної маси масова частка солі кухонної в яких складала від 0,2 % до 10 %. Для оцінки впливу вмісту жиру в сирній масі на результати вимірювань масової частки солі кухонної було відібрано контрольні зразки сирної маси з масовою часткою жиру в сухій речовині 45% та 50%.

Визначення масової частки солі кухонної в дослідних зразках сирної маси проводили вимірювання концентрації іонів хлориду натрію (NaCl) із використанням іонміра «ИМ-160М» з іонселективним електродом «Элис-112 Na» в парі з електродом порівняння «ЭСр-10101». Досліджували сири типу Український, Буковинський, Звенигородський. Градування приладу проводили стандартними розчинами NaCl в дистильованій воді за температури розчину 20 ± 2 °C.

Для проведення вимірювань відбирали наважку сирної маси масою 20 грамів, додавали 20 грамів дистильованої води та ретельно перемішували до отримання однорідної маси. В підготовлений зразок занурювали електроди іонміра «ИМ-160М», вимірювання проводили за температури (20 ± 2) °C.

Враховуючи, що кількість іонів натрію, що міститься в молоці та переходить в сирну масу є занадто незначною, нею при вимірюваннях допустимо знехтувати. Графоаналітичну та аналітичну обробку одержаних результатів експериментів здійснювали згідно з методами [6] при довірчій вірогідності $\alpha = 0,95$.

Результати та обговорення. В процесі вимірювання за допомогою іонміра «ИМ-160М» визначали концентрацію іонів NaCl в водній фазі підготовленого зразка (X). Та для визначення значення масової частки NaCl в наважці зразку сиру, спочатку, визначали масу водної фази підготовленого дослідного зразка сирної маси ($M_{\text{в}}$), яка складається з маси вологи наважки сирної маси та маси доданої дистильованої води. Подальше опрацювання результатів досліджень для визначення розрахункового значення масової частки NaCl в дослідних зразках сирної маси проводили за формулою (1):

$$C_c = \frac{M_{\text{в}} \times X}{M_{\text{н.с}}} \times 100, \quad (1)$$

де: C_c – розрахункове значення масової частки NaCl в дослідному зразку, %;

$M_{\text{в}}$ – маса водної фази підготовленого зразка, г;

X – покази приладу, г/1000 г;

$M_{\text{н.с}}$ – маса наважки сирної маси, г;

Однак, в процесі більш детальних досліджень було встановлено, що деяка маса водної фази наважки сирної маси не містить іонів NaCl, що суттєво впливає на достовірність результатів вимірювань. За даними досліджень Walstra [14] один грам білка спроможний утримувати 1,4 г вологи при активній кислотності середовища (від 6,0 до 6,7) од. рН, в тому числі зв'язаної - 0,2 г. Цим пояснюється систематичне відхилення, що спостерігались в результатах вимірювань масової частки NaCl дослідних зразків сирної маси при використанні іонміра. Для нівелювання відхилень в отриманих даних вимірювань було застосовано графоаналітичний метод опрацювання результатів досліджень в логарифмічних координатах. При цьому, вимірювання концентрації іонів NaCl проводили в підготовлених зразках сирної маси де попередньо визначалась масову частку NaCl контрольним методом, а масу водної фази наважки сирної маси,

обраховували за вмістом сухих речовин в ній. Графоаналітичне опрацювання результатів вимірювань в логарифмічних координатах дозволило отримати графічну залежність показів приладу від фактичних значень масової частки (м. ч.) NaCl в дослідних зразках сирної маси (рис.1).

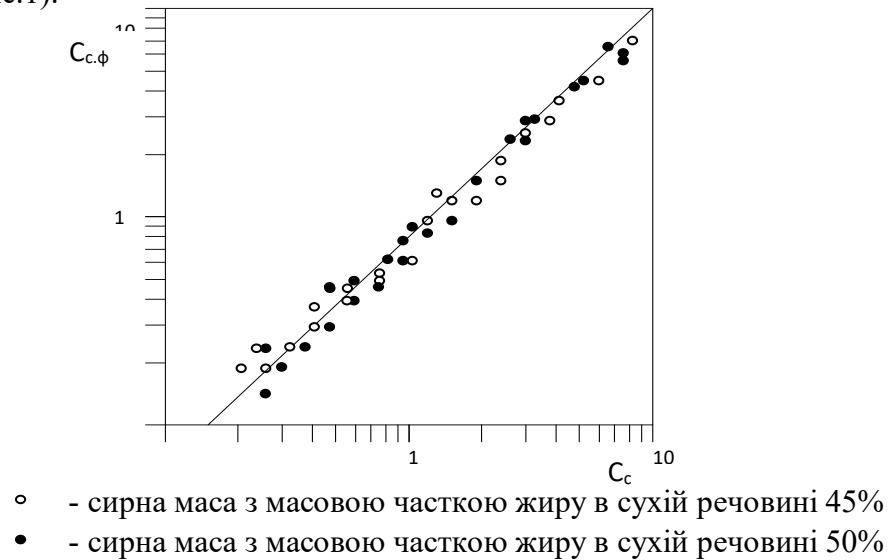


Рис. 1. Залежність фактичного значення м. ч. NaCl від розрахункового

Аналітичне опрацювання графічної залежності дозволило отримати емпіричну формулу (2) для визначення фактичного значення масової частки NaCl в сирній масі твердих сирів за допомогою іоніміру «ИМ-160М».

$$C_{с.ф} = 0,65 \times C_c^{1,0724}, \quad (2)$$

де: $C_{с.ф}$ – фактичне значення м. ч. NaCl, %;

Абсолютна похибка вимірювання масової частки солі за наведеним вище методом складає 0,05 %, середнє квадратичне відхилення становить 0,04 %.

Висновки. Отримані результати експериментальних досліджень щодо визначення масової частки солі кухонної в сирній масі підтвердили можливість застосування даного експрес-методу для визначення масової частки солі в твердих сирах, зокрема в сирах з масовою часткою жиру в сухій речовині від 45 % до 50 %. Цей метод відрізняється швидкістю та простотою проведення вимірювань. Масова частка жиру сухої речовини сирної маси в діапазоні від 45 % до 50 % не мала негативного впливу на точність вимірювань. Даний метод допустимо використовувати для визначення масової частки солі (NaCl) і в інших харчових продуктах з проведенням відповідних досліджень та графоаналітичного опрацювання отриманих експериментальних даних.

Бібліографія

1. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. М.: ДеЛи принт, 2003. 779 с.
2. Fox R.E., Walley B.E. Influence of sodium chloride on the proteolysis of casein by rennet and by pepsin. J. Dairy Res. 1971. V.38. P. 165-170.
3. Fox P.F., McSweeney P.L.H., Cogan. T.M. Cheese: chemistry, physics and microbiology. Oxford: Elseiver, 2004. V. II. 434 p.
4. Gobetti M., Lanciotti R., de Aangelis M., Corbo M. Study of the effects of temperature, pH and NaCl on the peptidase activities of non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) by quadratic response surface methodology. Int. Dairy J. 1999. V. 9. P. 865-875.

5. Gobetti M., Lanciotti R., de Aangelis M., Corbo M. Study of the effects of temperature, pH and NaCl on the proteolytic and lipolytic activities of cheese-related lactic acid bacteria by quadratic response surface methodology. *Enzyme Microb. Technol.* 1999. 259 p.
6. Gouda A. Degradation of casein fractions by milkclotting enzymes and the effect of sodium chloride. *Egypt. Jour. Dairy Sci.* 1987. V. 15. P. 15-23.
7. Kikuchi T., Takafuji S. Studies on the microorganisms of Camembert cheese. III. Effect of NaCl on the microflora of Camembert cheese. *Jap. Zootech. Sci.* 1971. V. 42(6). P. 268-275.
8. Kindstedt P.S., Kosikowski F.V. Measurement of Sodium Chloride in Cheese by a Simple Sodium Ion Electrode Method. *Journal of Dairy Science.* 1984. Vol. 67(4). P. 879-883.
9. Kindstedt P.S., Mattick L.R., Kosikowski F.V. Simple Selective Sodium Ion Electrode Measure of Sodium in Cheese. *Journal of Dairy Science.* 1983. Vol. 66(5). P. 988-993.
10. Kosikowski F.V., Mistry V.V. *Cheese and Fermented Milk Foods.* Westport. 1997. 330 p. (Origins and Principles; Vol. 2).
11. Noomen A. Activity of proteolytic enzymes in simulated soft cheeses (Meshanger type). I. Activity of milk protease. *Neth. Milk Dairy J.* 1978. Vol. 32. P. 26.
12. Reid J., Coolbear T. Specificity of *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* SK11 proteinase, lactocepin III, in low-water-activity, high-salt-concentration humectant systems and its stability compared with that of lactocepin. *Appl. Environ. Microbiol.* 1999. Vol. 65. P. 2947-2953.
13. Vafopoulou-Matrojiannaki A. Influence of pH and NaCl on proteolytic and esterolytic activity of intracellular extract of *Leuconostoc mesenteroides* subsp., *mesenteroides* strain KIGs. *Milchwissenschaft.* 1999. Vol. 54. P. 314-316.
14. Walstra P., Dijk H. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology General Aspects.* London – New York. Elsevier Applied Sci., 1987. P. 135-177.
15. Орлюк Ю.Т. Біохімічні характеристики сирної маси твердих сирів. *Продовольчі ресурси.* 2020. No 15. С.158-165. <https://doi.org/10.31073/foodresources.2020-15-17>.
16. Orlyuk Yu., Stepanishev M. Assessment of proteolysis and lipolysis intensity in Pechersky cheese ripening in the presence of *Penicillium camamberti* and *Penicillium roqueforti* molds. *Foods and raw materials Kemerovo Institute of science and technology.* RU, Kemerovo. 2014. Vol.2 (№1) . P. 36 - 39.

References

1. Gudkov A.V. (2003). *Syrodelye: tekhnologicheskije, biologicheskije i fiziko-khimicheskije aspekty* [Cheese making: technological, biological and physicochemical aspects]. M.: «DeLi Print». [«DeLi Print»]. 779 p. [in Russian].
2. Fox R.E., Walley B.E. (1971). Influence of sodium chloride on the proteolysis of casein by rennet and by pepsin. *J. Dairy Res.* V.38. P. 165-170.
3. Fox P.F., McSweeney P.L.H., Cogan. T.M. (2004). *Cheese: chemistry, physics and microbiology.* Oxford: Elsevier. V. II. 434 p.
4. Gobetti M., Lanciotti R., de Aangelis M., Corbo M. (1999). Study of the effects of temperature, pH and NaCl on the peptidase activities of non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) by quadratic response surface methodology. *Int. Dairy J.* V. 9. P. 865-875.
5. Gobetti M., Lanciotti R., de Aangelis M., Corbo M.(1999). Study of the effects of temperature, pH and NaCl on the proteolytic and lipolytic activities of cheese-related lactic acid bacteria by quadratic response surface methodology. *Enzyme Microb. Technol.* 259 p.
6. Gouda A. (1987). Degradation of casein fractions by milkclotting enzymes and the effect of sodium chloride. *Egypt. Jour. Dairy Sci.* V. 15. P. 15-23.
7. Kikuchi T., Takafuji S. (1971). Studies on the microorganisms of Camembert cheese. III. Effect of NaCl on the microflora of Camembert cheese. *Jap. Zootech. Sci.* V. 42(6). P. 268-275.
8. Kindstedt P.S., Kosikowski F.V. (1984). Measurement of Sodium Chloride in Cheese by a Simple Sodium Ion Electrode Method. *Journal of Dairy Science.* Vol. 67(4). P. 879-883.

9. Kindstedt P.S., Mattick L.R., Kosikowski F.V. (1983). Simple Selective Sodium Ion Electrode Measure of Sodium in Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 66(5). P. 988-993.
10. Kosikovski F.V. Mistry V.V. (1997). *Cheese and Fermented Milk Foods*. Westport. 330p. (Origins and Principles; Vol. 2).
11. Noomen A. (1978). Activity of proteolytic enzymes in simulated soft cheeses (Meshanger type). I. Activity of milk protease . *Neth. Milk Dairy J*. Vol. 32. P. 26.
12. Reid J., Coolbear T. (1999). Specificity of *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* SK11 proteinase, lactocepin III, in low-water-activity, high-salt-concentration humectant systems and it stability compared with that of lactocepin. *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 65. P. 2947-2953.
13. Vafopoulou-Matrojiannaki A. (1999). Influence of pH and NaCl on proteolytic and esterolytic activity of intracellular extract of *Leuconostoc mesenteroides* subsp., *mesenteroides* strain KIGs. *Milchwissenschaft*. Vol. 54. P. 314-316.
14. Walstra P., Dijk H. (1987). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology General Aspects*. London – New York. Elsevier Applied Sci. P. 135-177.
15. Orliuk Yu.T. (2020). Biokhimichni kharakterystyky syrnoi masy tverdykh syriv. [Biochemical characteristics of cheese mass of solid cheeses]. *Prodovolchi resursy*. [Food resources]. 15. P 158-165. <https://doi.org/10.31073/foodresources> 2020-15-17. [in Ukrainian].
16. Orlyuk Yu., Stepanishev M. (2014). Assessment of proteolysis and lipolysis intensity in Pechersky cheese ripening in the presence of *Penicillium camamberti* and *Penicillium roqueforti* molds. *Foods and raw materials Kemerovo Institute of science and technology*. RU, Kemerovo. Vol.2 (№1) . P. 36-39.