

Ю.Т. Орлюк, канд. техн. наук,
Г.Ф. Калмикова, науковий співробітник,
Інститут продовольчих ресурсів НААН України
С.А. Наріжний, канд. техн. наук,
Білоцерківський національний
аграрний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФЕРМЕНТАЦІЇ СИРНОЇ МАСИ У ВИРОБНИЦТВІ ТЕРМОКИСЛОТНИХ СИРІВ

У статті висвітлюються результати досліджень впливу режимів процесу ферментації на вихідні параметри готового продукту. Отримані рівняння математичної моделі процесу ферментації.

Ключові слова: сир термокислотний, середовище ферментації, режими ферментації, рівняння регресії, температура середовища ферментації, масова частка вологи, консистенція сиру.

В статье освещаются результаты исследований влияния режимов процесса ферментации на выходные параметры готового продукта. Получены уравнения математической модели процесса ферментации.

Ключевые слова: сыр термокислотный, среда ферментации, режимы ферментации, уравнение регрессии, температура среды ферментации, массовая доля влаги, консистенция сыра.

This article describes the results of researches of influence of process conditions of fermentation on emanating finished product parameters. The equations of the mathematical model of the fermentation process were received.

Key words: thermoacid cheese, fermentation medium, fermentation modes, the regression equations, the temperature of the fermentation medium, moisture content, chewy texture of cheese.

Вступ. На даний час асортимент білкової продукції, що виробляється у молочній промисловості, є досить широким. За умов зростання обсягу виробництва даної продукції конкуренція

підштовхує виробників до пошуку альтернативних напрямів розвитку технологій. Збагачення білкової продукції молочнокислою мікрофлорою, а саме – термокислотних сирів, є одним із таких напрямів.

Традиційна технологія сирів з термокислотним зсіданням білків молока не передбачає використання у процесі їх виробництва молочнокислої мікрофлори. Висока температура обробки молока на стадії коагуляції білків призводить до інактивації наявної молочнокислої мікрофлори у сирній масі. Тому такий продукт є білково-жировим концентратом основних компонентів молока з незначними показниками харчової та біологічної цінності.

Відомо, що молочнокисла мікрофлора регулює рівень активної кислотності сирної маси, стимулює фізико-хімічні процеси під час виробництва сиру, визначає напрям та інтенсивність гідролізу лактози, білків і жиру, впливає на його органолептичні показники, тобто бере участь у формуванні смакових властивостей готового продукту.

Матеріали і методи. Процес ферментації дозволяє збагатити термокислотний сир молочнокислою мікрофлорою, що значно змінює його харчову та біологічну цінність. У даних дослідженнях визначали ефективність процесу ферментації у виробництві термокислотних сирів та вплив залежних факторів на результуючі параметри готового продукту. Матеріалом досліджень була сирна маса, яку отримували термокислотним зсіданням білків молока.

Під час досліджень використовували трифакторний експеримент. Розрахунки проводили за допомогою програми Excel 2010. Адекватність одержаних рівнянь перевіряли за критерієм Фішера.

Результати досліджень. Проведені дослідження дозволили визначити основні параметри процесу ферментації: тривалість процесу ферментації, титровану кислотність і температуру середовища ферментації та їх вплив на показники якості готового продукту.

Під час проведення трифакторного експерименту [1] змінювали температуру середовища ферментації, його титровану

кислотність і тривалість процесу ферментації, що дозволило регулювати біохімічний склад готового продукту, його фізико-хімічні характеристики, мікробіологічні та органолептичні показники.

Аналіз дослідних даних показав, що сир термокислотний з найбільш вираженим смаком і доброю консистенцією, отримували за температури ферментації 15 °С, титрованої кислотності середовища ферментації 120 °Т та тривалості процесу ферментації 24 години.

Процес ферментації дозволяє збагатити термокислотний сир молочнокислою мікрофлорою, що значно змінює його харчову та біологічну цінність. Із концентрату основних компонентів молока, яким є термокислотний сир, він перетворюється на продукт із ферментованих компонентів.

Для обґрунтування раціональних режимів і характеристик середовища ферментації термокислотних сирів розглядали їх сумісний вплив на консистенцію сирів, масову частку води, а також вихід готового продукту.

Відомо, що масова частка води бере участь у формуванні смаку і консистенції продукту [2, 3], визначає інтенсивність мікробіологічних і ферментативних процесів у сирній масі, а вихід готового продукту прямопропорційний титрованій кислотності середовища ферментації.

Під час проведення експериментальних досліджень застосовували метод трифакторного планування експерименту [1, 4].

Математичне опрацювання дозволило визначити вплив основних параметрів на процес ферментації сирної маси, складу і властивостей середовища ферментації. Фізико-хімічні показники сирної маси, які характеризували її як об'єкт ферментації, у всіх дослідках були сталими.

Як залежні фактори були обрані температура ферментації (X1), тривалість процесу ферментації (X2) та початкова титрована кислотність середовища ферментації (X3).

Для проведення даного експерименту був обраний діапазон параметрів, що досліджували: температури ферментації – від 10 °С до 20 °С, тривалості процесу ферментації – від 12 год до 36 год і початкової титрованої кислотності середовища ферментації – від 90 °Т до 150 °Т.

Таким чином, було визначено вплив залежних факторів на масову частку вологи у сирній масі (Y1), на вихід готового продукту (Y2) і на консистенцію готового продукту (Y3).

Під час проведення експерименту масова частка вологи у сирній масі варіювала у межах від 56,8% до 63,7%, вихід готового продукту варіював від 13,0 кг/100 кг молока до 15,1 кг/100 кг молока. Консистенцію сирної маси після ферментації визначали на універсальній тест-машині «SANS» серії CMT пенітрацією сирної маси. Значення величини показника зсуву варіювали в межах від 1,87 Н/мм² до 3,72 Н/мм².

Щільна сирна маса містить меншу масову частку вологи і під час процесу ферментації у ній повільно проходить процес дифузії [3]. Отже, враховуючи вищезазначене, накопичення і розвиток молочнокислої мікрофлори у сирній масі під час визрівання проходить повільно, що має негативний вплив на органолептичні показники готового продукту.

Математичне опрацювання результатів досліджень [4, 5] дозволило одержати рівняння регресії, що характеризують формування фізико-хімічних показників термокислотних сирів під час їх ферментації. Адекватність одержаних рівнянь перевіряли за критерієм Фішера. Дані рівняння мають наступний вигляд і є адекватними за критерієм Фішера:

$$Y1=61,35+0,666x1+1,1x2-1,823x3-0,568x1x2-0,035x1x3-0,838x2x3+0,253x1^2+0,252x2^2-0,252x3^2$$

$$Y2=14,03+0,77x1+0,06x2+0,21x3+0,033x2^2+0,375x1x3$$

$$Y3=2,75-0,002x1+0,034x2+0,786x3-0,006x1x2-0,019x1x3+0,091x2x3-0,029x1x2x3$$

Під час аналізу отриманих рівнянь довели, що на масову частку вологи у готовому продукті найбільше впливала кислотність середовища ферментації. За титрованої кислотності середовища ферментації 90 °Т показники масової частки вологи ферментованої сирної маси становили від 58,4% до 63,7%; за титрованої кислотності 120 °Т – від 58,5% до 60,7% та за титрованої кислотності 150 °Т – від 57,1% до 59,1%. Отже, підвищення титрованої кислотності середовища ферментації призводить до зменшення масової частки вологи у готовому продукті. Середній вміст вологи за титрованої кислотності 120 °Т і 150 °Т становив

59,6% і 58,0% відповідно. За титрованої кислотності 90 °Т середній показник вмісту води збільшився до 61,3%.

Тривалість процесу ферментації також впливала на масову частку води в термокислотних сирах. Дані експериментальних досліджень показана на рис. 1.

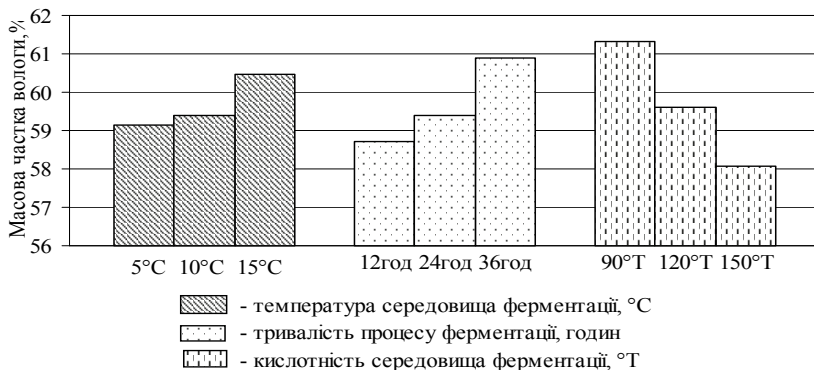


Рис. 1. Залежність масової частки води від температури середовища ферментації, тривалості процесу ферментації та титрованої кислотності середовища ферментації

Графічне опрацювання результатів досліджень впливу тривалості процесу ферментації на масову частку води сирної маси дозволили отримати середні значення показників – 58,7%, 59,4% та 60,9% за тривалості процесу ферментації 12 год, 24 та 36 год відповідно.

Зміна масової частки води була в межах від 57,1% до 60,3% за тривалості процесу ферментації 12 годин; від 56,8% до 61,3% за тривалості процесу ферментації 24 год та від 58,4% до 63,7% за тривалості процесу ферментації 36 год.

Незначний вплив на масову частку води в сирах мала температура середовища ферментації (рис. 1). Найбільшу масову частку води спостерігали у сирах за температури середовища ферментації (20 °С), середнє значення якої становило 60,4%. Середні показники масової частки води знижувалися відповідно до 59,4% та 59,1% зі зниженням температури середовища ферментації до 15 °С та 10 °С. Масова частка води термо-

кислотних сирів, процес ферментації яких проходив у середовищі ферментації за температури 10 °С, змінювалась залежно від змін тривалості процесу ферментації та його титрованої кислотності з 57,1% до 62,8%, у середовищі ферментації за температури 15 °С – від 56,8% до 61,3%, а у середовищі ферментації за 20 °С – від 58,8% до 63,7% відповідно.

Найбільший вплив на зміну масової частки вологи у дослідних сирах мали титрована кислотність середовища ферментації та тривалість процесу ферментації. Масова частка вологи в термокислотному сирі збільшувалася з подовженням тривалості процесу ферментації та зменшенням титрованої кислотності середовища ферментації.

Результати проведених досліджень дозволили визначити вплив усіх залежних факторів на процес ферментації термокислотного сиру і формування властивостей готового продукту. Титрована кислотність середовища ферментації та тривалість процесу ферментації є більш впливовими факторами, тоді як температура середовища ферментації не чинила суттєвого впливу на значення результуючих параметрів.

Ферментація термокислотного сиру є новим напрямом у розробці новітніх технологій. Під час ферментації сирної маси термокислотний сир набуває нових властивостей за рахунок накопичення молочнокислих бактерій. З одного боку, збільшення температурних режимів процесу ферментації, тривалості, титрованої кислотності та масової частки вологи в сирі інтенсифікує формування його органолептичних показників, а з іншого, ці фактори сприяють створенню сприятливих умов для розвитку сторонньої мікрофлори, що викликає вади чи знижує показники якості та безпеки сирів.

Таким чином, при обґрунтуванні технологічних параметрів виробництва сирів необхідно враховувати вплив кожного фактора та їх діапазони.

Результати досліджень дозволили визначити масову частку вологи в сирах, яка становить від 57% до 58,5% за температури середовища ферментації від 15° С до 20° С, тривалості процесу ферментації 24 години та титрованої кислотності середовища ферментації від 120 °Т до 150 °Т.

Дослідження впливу залежних факторів на вихід готового продукту наведені на рис. 2.

Опрацювання результатів досліджень наведених на рис. 2, дозволили визначити вихід готового продукту з урахуванням температури середовища ферментації. Середній вихід готового продукту за температури середовища ферментації 10 °С та 15 °С становив 13,3 кг/100 кг молока та 14 кг/100 кг молока відповідно, за температури 20 °С середній показник виходу готового продукту збільшився до 14,8 кг/100 кг молока. Отже, підвищення температури середовища ферментації дозволяє збільшити вихід готового продукту на 5%.

Аналіз проведених досліджень показав, що сири з кращими показниками якості отримували за температури середовища ферментації 15 °С, тривалості процесу ферментації 24 години і титрованої кислотності середовища ферментації 120 °Т. Такі технологічні умови дозволяють покращити органолептичні показники, а саме – консистенцію готового продукту (рис. 3). Визначили, що на органолептичні показники готового продукту значно впливала початкова титрована кислотність середовища ферментації.

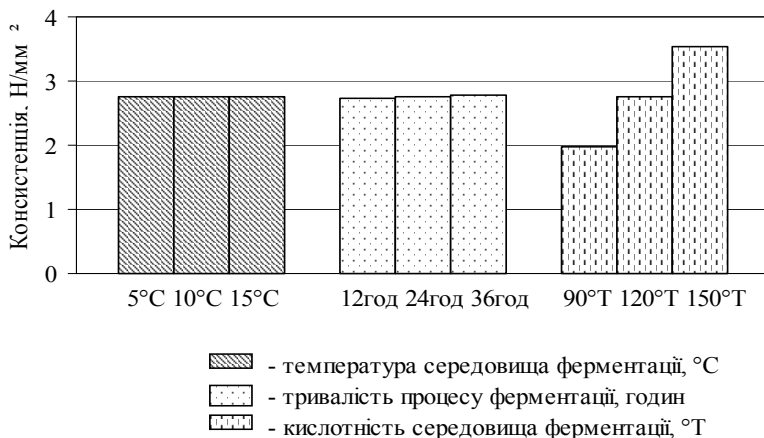


Рис. 2. Залежність виходу готового продукту від температури середовища ферментації, тривалості процесу ферментації та титрованої кислотності середовища ферментації



Рис. 3. Залежність органолептичних показників готового продукту від температури середовища ферментації, тривалості процесу ферментації та титрованої кислотності середовища ферментації

Аналіз результатів досліджень показав суттєвий вплив титрованої кислотності середовища ферментації на органолептичні показники готового продукту. Середня сила зсуву у сирній масі за титрованої кислотності середовища ферментації 90 °Т становила 1,96 Н/мм², за титрованої кислотності – 120 °Т становила 2,75 Н/мм² та за титрованої кислотності – 150 °Т становила 3,54 Н/мм² відповідно. Сила зсуву у сирній масі змінювалась пропорційно підвищенню титрованої кислотності середовища ферментації і за титрованої кислотності середовища ферментації 90 °Т вона змінювалась від 1,87 Н/мм² до 2,03 Н/мм², за титрованої кислотності – 120 °Т вона змінювалась від 2,72 Н/мм² до 2,79 Н/мм² та за титрованої кислотності – 150 °Т вона змінювалась від 3,4 Н/мм² до 3,72 Н/мм² відповідно.

Висновки. Узагальнюючи результати експериментальних досліджень та їх математичну обробку, можна зробити висновок, що раціональними режимами виробництва термокислотного сиру з ферментацією сирної маси є: температура середовища ферментації – 15 °С, тривалість процесу ферментації від 24 годин до 36 годин і кислотність середовища ферментації 120°Т. Визначені

технологічні режими дозволяють отримувати термокислотний сир з високими показниками якості.

Література

1. Тюрин Ю.Н. Статистический анализ данных на компьютере / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. – М. : ИНФРА-М, 1998. – 368 с.

2. Скотт Р. Производство сыра. Научные основы и технологии ; пер. с англ. / Р. Скотт, Р.К.Робинсон, Р.А.Уилби ; под общ. ред. К.К.Горбатовой. – 3-е изд. – С.Пб. : Профессия, 2005. – 464 с.

3. Fox P.F. Cheese. Chemistry, physics and microbiology. General aspects / P.F.Fox, P.L.H.McSweeney, T.M.Cogan, T.P.Guinee. – 3rd ed. – London: Elsevier academic press, 2004. – 609 p.

4. Антонец И.В. Математическая обработка результатов эксперимента / И.В. Антонец , Н.В. Еремин – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 21 с.

5. Боровиков В.П. STATISTICA. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков. – М. : Филин, 1997. – 608 с.