

$$M_c = \frac{0,01\rho_y \cdot (W_0 - W_k) \cdot E}{3600 \cdot \tau_c}, \text{ кг/с}, \quad (10)$$

де: ρ_y – умовна густина деревини, кг/м^3 ; W_0, W_k – відповідно початкова і кінцева вологість у процесі сушіння, %; τ_c – тривалість сушіння, с; $F_{\text{ог}}$ – площа огородження, м^2 ; $K_{\text{ог}}$ – коефіцієнт теплопередачі огородження, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; t_c – температура середовища в камері, $^\circ\text{C}$; t_0 – температура зовнішнього середовища, $^\circ\text{C}$.

Якщо випаровування вологи з поверхонь матеріалу є несиметричним, то температуру його поверхні визначають за формулою

$$t_x = t_c - \frac{r_0}{2\alpha} \left[(J_1 + J_2) + \frac{x}{R} (J_1 - J_2) \frac{1}{1 + Bi^{-1}} \right], \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (11)$$

де: J_1, J_2 – відповідна інтенсивність з різних поверхонь матеріалу, $(\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с})$; Bi – теплообмінний критерій Біо, $Bi = \alpha R/\lambda$; r_0 – питома теплота пароутворення, $\text{кДж}/\text{кг}$; t_c – температура середовища в процесі сушіння, $^\circ\text{C}$; α – коефіцієнт теплообміну, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Якщо одна поверхня має вологоізоляцію, тобто $J_2 = 0$, то в цьому випадку температуру відкритої поверхні визначають за формулою

$$t_{(R)} = t_c - \frac{r_0}{\alpha} \left(1 + \frac{1}{1 + Bi^{-1}} \right), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (12)$$

На деяких деревообробних і меблевих підприємствах здійснюють процес гнуття сухих заготовок з великими радіусами кривизни на гнтарних верстатах з обігрівом струмами промислової частоти. У таких верстатах загальною потужністю до 30 кВт можна одночасно згинати до 18 заготовок товщиною $S_l = 20 \dots 50$ мм. Для нагрівання деревини використовуються нагрівальні елементи з напругою $U = 380$ В і силою струму (залежно від товщини матеріалу) $I = 0,6 \dots 2$ А. Кількість тепла Q , яке виділяється струмами промислової частоти, визначають за законом Джоуля-Ленца:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot \tau, \text{ Дж}, \quad (13)$$

де: I – сила струму, А; R – опір електричного струму, Ом; τ – тривалість витримки, с ($\tau = 30 \dots 90$ хв залежно від товщини матеріалу).

Висновки. Дослідженнями встановлено, що зменшення поверхні випаровування у два рази зменшує інтенсивність сушіння матеріалу тільки на 30 %. Таким чином, для нерівномірного обтікання матеріалу потоком повітря, коли вологоізолювана одна поверхня заготовок, швидкість сушіння в різних зонах відрізняється неістотно. Якщо врахувати заповільнення процесу сушіння унаслідок вологоізоляції поверхні та інтенсифікацію процесу сушіння пропарених заготовок, які є приблизно однаковими, то розрахунок тривалості сушіння можна здійснювати табличним методом.

Література

1. Білей П.В. Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини / П.В. Білей. – Коломия : Вид-во "Вік", 2005. – 364 с.
2. Білей П.В. Керівні технічні матеріали з технології камерного сушіння пиломатеріалів / П.В. Білей, І.А. Соколовський, В.М. Павлюст, Є.П. Кунинець / за ред. проф. П.В. Білея. – Ужгород : Вид-во "Карпати", 2010. – 140 с.

Білей П.В., Петришак І.В., Комбаров А.М., Білей П.П. Тепловая обработка и сушка древесины в процессах гнутья

Описаны физические явления перехода древесины в эластическое состояние в процессе ее нагревания. Дана методика определения количества теплоты, которая расходуется в процессах нагревания древесины перед гнутьем и в процессе сушки, когда одна из поверхностей имеет влагоизоляцию, а также методика определения затрат тепловой энергии с электрообогревом заготовок в процессе гнутья.

Ключевые слова: гнутье, нагревание, сушка, массивная древесина, деформация, сжатие, растяжение, влажность, тепловая энергия.

Biley P.V., Petryshak I.V., Kombarov A.M., Biley P.P. Heat treatment and drying of wood in the process of bending

Described in this article are physical processes that accompany the transition of wood to the state of elasticity in heating. Presented here are the methods for determination of heat quantity which is used in the process of wood heating prior to bending and in drying for the case when one of the surfaces is moisture insulated.

Keywords: bending, heating, drying, massive wood, deformations, clench, wricked, humidity, thermal energy.

УДК 637.336 Здобувач І.В. Буділович¹ – НУ харчових технологій, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ НА ПРОЦЕС ВИЗРІВАННЯ ТВЕРДИХ СИРІВ ІЗ НИЗЬКОЮ ТЕМПЕРАТУРОЮ ДРУГОГО НАГРІВАННЯ

Досліджено вплив температурних режимів визрівання на основні фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання у процесі визрівання. Встановлено оптимальні температурні режими визрівання твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання.

Ключові слова: твердий сир, температурні режими визрівання, процес визрівання, активна кислотність, молочнокисла мікрофлора, органолептичні показники, ступінь зрілості сиру.

Виробництво твердого сиру включає два основних етапи – виробництво свіжого сиру і його визрівання. Головну роль у визріванні сиру відіграють ферменти, що продукуються мікроорганізмами бактеріальної закваски, під дією яких відбувається перетворення основних компонентів молока (лактози, білків, жирів) у сполуки, що обумовлюють смакові та ароматичні властивості сиру і його консистенцію, харчову і біологічну цінність, зокрема зброджують молочний цукор і цитрати з утворенням молочної кислоти, вуглекислого газу і деяких інших продуктів (діацетилу, ацетоїну, оцтової кислоти й ін.). Тому найглибші біохімічні та фізико-хімічні зміни компонентів молока відбуваються у період визрівання сиру, піл час якого формуються консистенція, рисунок, специфічний смак і запах сиру [1].

Виробництво сирів з якісними органолептичними показниками завдяки скороченому терміну визрівання дає змогу покращити економічні показники підприємства, підвищити оборотність камер визрівання. Тому основне завдання інтенсифікації виробництва твердих сирів є прискорення процесу визрівання.

¹ Наук. керівник: доц. О.А. Савченко, канд. техн. наук

Прискорити процес визрівання сиру можна шляхом інтенсифікації молочнокислого процесу: підвищенням температури і відносної вологості повітря під час процесу визрівання сиру. Однак різке відхилення температури і відносної вологості повітря від оптимальних умов є ризикованим, оскільки при цьому порушуються біохімічні процеси, що призводить до зниження якості та псування продукту [2]. Тому дослідження процесу визрівання твердого сиру та встановлення оптимальних температурних режимів визрівання є актуальними для сироробної промисловості.

Мета роботи – дослідити вплив температурних режимів на процес визрівання твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання. Встановити оптимальні температурні режими визрівання твердих сирів із прискореним терміном визрівання (20 діб).

Матеріали та методика досліджень. Під час дослідження впливу температурних режимів на процес визрівання твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання були застосовані методики досліджень: загальна кількість молочнокислих бактерій – стандартним методом висіву десятикратних розведень згідно з ГОСТ 10444.11-89, мікроскопічні препарати готували за загально визнаною методикою та фарбували метиленовим синім за ГОСТ 9225-84, аналіз мікроскопічних препаратів проводили за допомогою мікроскопу зі збільшенням у 1000 разів; активну кислотність визначали потенціометричним методом з використанням портативного рН-метра "HI 8314"; ступінь зрілості сиру (відношення вмісту водорозчинного азоту до кількості загального азоту) – за методом Шиловича (титруванням 0,1 н. розчином NaOH з використанням індикаторів тимолфталейну та фенолфталейну); органолептичні показники сиру – відповідно до загальноприйнятої системи оцінювання органолептичних показників (за ГОСТ 7616-85).

Експериментальні дослідження основних фізико-хімічних, мікробіологічних та органолептичних показників твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання у процесі визрівання здійснювали у виробничих умовах на ДП "Старокостянтинівський молочний завод" у Хмельницькій області.

У виробничих умовах були проведені дослідні партії твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання з використанням бактеріальної закваски прямого внесення з концентрацією мікроорганізмів 5×10^{11} КУО/г у складі: *Lactococcus lactis* підвид *cremoris*, *Lactococcus lactis* підвид *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* підвид *cremoris*, *Lactococcus lactis* підвид *diacetylactis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticum* і *Streptococcus thermophilus* у кількості від 0,05 до 0,015 % від кількості молочної суміші.

Склад сировини для виробництва твердих сирів дослідних партій був однаковим. Санітарно-гігієнічні, мікробіологічні показники молока, взятого для дослідів, відповідали вищому гатунку згідно з ДСТУ 3662-97 "Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі".

Результати досліджень. Температурні умови визрівання сирів відносять до факторів, що істотно впливають не тільки на інтенсивність мікробіологічних та біохімічних процесів, але і на їх спрямованість. Хоча визрівання твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання традиційно відбувається за температур більш низьких, ніж це необхідно для життєдіяльнос-

ті молочнокислих бактерій (8-16) °С, тим не менш, змінюючи температурні режими визрівання, можна значно прискорити чи затримати розвиток молочнокислої мікрофлори [3, 4], цим самим регулюючи процес визрівання сирів.

Для дослідів було вибрано одноступеневе визрівання сирів. Тверді сири з низькою температурою другого нагрівання визрівали протягом 20 діб за відносної вологості повітря (85-90) % за таких температурних режимів: (8-10) °С – перша дослідна партія сиру; (12-14) °С – друга дослідна партія сиру; (15-16) °С – третя дослідна партія сиру. На рис. 1, 2 представлено дослідження змін активної кислотності та молочнокислої мікрофлори у твердих сирах дослідних партій під час визрівання залежно від температурних режимів визрівання.

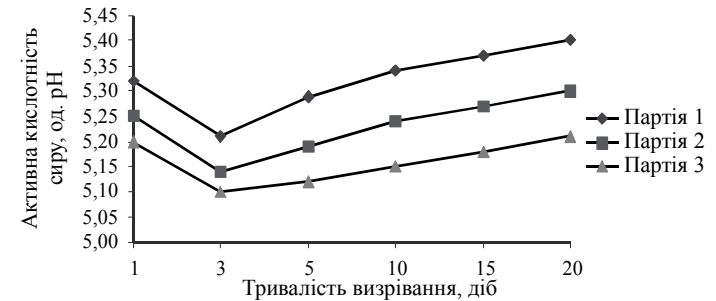


Рис. 1. Зміни активної кислотності у твердих сирах під час визрівання

З рис. 1 видно, що підвищення активної кислотності (зменшення величини рН) всіх дослідних партій сиру припадає на перший період визрівання: від 1-ї до 3-ї доби. Максимальна величина активної кислотності настає на 3-тю добу визрівання: 5,21 од. рН – перша партія, 5,14 од. рН – друга партія, 5,1 од. рН – третя партія, що збігається з періодом інтенсивної життєдіяльності молочнокислих бактерій (рис. 2): 850×10^6 КУО/г, 1200×10^6 КУО/г, 1600×10^6 КУО/г відповідно. Через 5 діб, коли молочний цукор повністю зброджується і утворення молочної кислоти зупиняється, активна кислотність повільно підвищується аж до кінця визрівання сиру (до 20 діб).

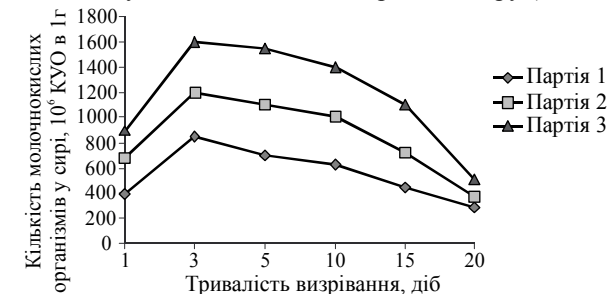


Рис. 2. Зміни молочнокислої мікрофлори у твердих сирах під час визрівання

Проаналізувавши рис. 2, можна відзначити, що найвище значення активної кислотності було в сирах першої дослідної партії, які визрівали при

температурних режимів (8-10) °С, а саме – 5,4 од.рН, внаслідок чого загальмувався розвиток молочнокислої мікрофлори (290×10⁶ КУО/г на кінець терміну визрівання), що призвело до затримки ферментативних процесів під час визрівання: ступінь зрілості сирів на 20 добу визрівання становив 81 °Шиловича, тверді сири мали не виражені смак та запах, злегка гумову консистенцію. За результатами оцінки якості сирів, першу дослідну партію твердих сирів було оцінено у 87 балів (табл.).

В сирах другої дослідної партії, які визрівали за температурних режимів (12-14) °С, активна кислотність була 5,3 од. рН, тобто була вищою на 0,09 од.рН, порівняно з третьою дослідною партією (5,3 од. рН), при цьому молочнокисла мікрофлора сиру розвивалась інтенсивно (370 × 10⁶ КУО/г на кінець терміну визрівання), складались оптимальні умови для ферментативних процесів під час визрівання, прискорювалось визрівання: ступінь зрілості сирів на 20 добу визрівання становив 87 °Шиловича, тверді сири мали виражені смак та запах, пластичну консистенцію. За результатами оцінки якості сирів другу дослідну партію твердих сирів, було оцінено в 96 балів (табл.).

Низьке значення активної кислотності в сирах третьої дослідної партії (5,21 од. рН), які визрівали за температурних режимів 15-16 °С, призвело до прискорення розвитку молочнокислої мікрофлори (510 × 10⁶ КУО/г на кінець терміну визрівання), при цьому занадто інтенсивно відбувалися ферментативні процеси під час визрівання: ступінь зрілості сирів на 20 добу визрівання становив 89 °Шиловича, внаслідок чого тверді сири мали менше виражені смак та запах, мастку консистенцію. За результатами оцінки якості сирів, третю дослідну партію твердих сирів було оцінено у 91 бал (табл.).

Табл. Оцінка якості твердих сирів дослідних партій, виготовлених у промислових умовах

Дослідні партії	Ступінь зрілості сирів*, градуси Шиловича (градуси буферності)	Оцінка якості твердих сирів, бали							
		смак і запах	консистенція	кольор тіста	рисунок	зовнішній вигляд	пакування та маркування	загальна оцінка	
Партія 1	89	37	20	5	10	10	5	87	
Партія 2	87	43	23	5	10	10	5	96	
Партія 3	81	40	21	5	10	10	5	91	

*Для твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання (типу російського) ступінь зрілості становить 55-100 °Шиловича [5].

Висновки. Дослідженнями встановлено залежність активної кислотності, молочнокислої мікрофлори та органолептичних показників твердих сирів від температурних режимів визрівання:

- за відносно низьких температурних режимів визрівання твердих сирів (8-10 °С) підвищується активна кислотність (5,4 од. рН), затримується розвиток молочнокислої мікрофлори (290×10⁶ КУО/г), повільніше відбуваються процеси протеолізу, уповільнюється визрівання сирів (81 °Шиловича на 20 добу). Температурні режими визрівання твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання (8-10 °С) не покращують органолептичні показники сирів: сири мали не виражені смак і запах, злегка гумову консистенцію.

- з підвищенням температурних режимів визрівання твердих сирів (15-16 °С) знижується активна кислотність (5,21 од. рН), прискорюється розвиток молочнокислої мікрофлори (510×10⁶ КУО/г), інтенсивніше відбуваються ферментативні процеси, прискорюється визрівання сирів (89 °Шиловича на 20 добу). Температурні режими визрівання твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання (15-16 °С) також не покращують органолептичні показники сирів: сири мали не виражені смак та запах, мастку консистенцію.

Результати досліджень змін активної кислотності, молочнокислої мікрофлори та органолептичних показників твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання у процесі визрівання (20 діб), дали змогу встановити оптимальні температурні режими визрівання сирів (12-14 °С). Температурні режими визрівання (12-14 °С) за відносної вологості повітря (85-90 %) покращують органолептичні показники твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання, забезпечують досягнення оптимальних показників активної кислотності (5,3 од. рН), молочнокислої мікрофлори (370×10⁶ КУО/г) в сирах і прискорюють процес визрівання.

Література

1. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. – Т. 3. Сыры / В.В. Кузнецов, Г.Г. Шиллер / под общ. ред. Г.Г. Шиллера. – СПб. : Изд-во ГИОРД, 2003. – 512 с.
2. Банникова Л.А. Микробиологические основы молочного производства / Л.А. Банникова, Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 236 с.
3. Сборник технологических инструкций по производству твердых сычужных сыров. – М. : Изд-во ЦНИИТЭМ, 1974. – 156 с.
4. Гудков А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков / под ред. С.А. Гудкова. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Делта принт", 2004. – 804 с.
5. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – СПб. : Изд-во ГИОРД, 2003. – 320 с.

Будилович И.В. Исследование влияния температурных режимов на процесс созревания твердых сыров с низкой температурой второго нагревания

Исследовано влияние температурных режимов созревания на основные физико-химические, микробиологические и органолептические показатели твердых сыров с низкой температурой второго нагревания в процессе созревания. Установлены оптимальные температурные режимы созревания твердых сыров с низкой температурой второго нагревания.

Ключевые слова: твердый сыр, температурные режимы созревания, процесс созревания, активная кислотность, молочнокислая микрофлора, органолептические показатели, степень созревания сыра.

Budilovych I.V. Investigation of temperature conditions influence on ripening process of hard cheeses with low temperature of the second heating

Influence of ripening temperature conditions on basic physicochemical, microbiological and organoleptical properties of hard cheeses with low temperature of the second heating during ripening process was investigated. The optimal ripening temperature conditions of hard cheeses with low temperature of the second heating were identified.

Keywords: hard cheese, temperature conditions of ripening, ripening process, active acidity, lactic acid microflora, organoleptical properties, level of cheese ripening.