

Іван КУЧЕРУК *,
магістр 1 року навчання,
Інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ АНАЛІЗАТОРА ЖИРНОСТІ МОЛОКА

***Анотація.** Робота присвячена пошуку нових методів та технічних засобів контролю якості продукції, які відповідали б вимогам сучасних систем виробництва та управління якістю молока.*

Визначення жирності молока в процесі його виробництва як від окремої тварини, так і від стада в цілому, дає можливість оперативного корегування технологічних параметрів, що дозволяє програмувати якість виробленої продукції, а отже впливати на отримання позитивного кінцевого результату. Інформація про жирність молока дозволяє оптимізувати раціон годівлі кожної тварини, враховуючи їх індивідуальні фізіологічні особливості та характер відгуку окремих тварин на зовнішні втручання.

***Annotation.** The work is devoted to the search for new methods and technical means of product quality control that would meet the requirements of modern systems of production and quality management of milk.*

Determining the fat content of milk in the process of its production both from an individual animal and from the herd as a whole, allows you to quickly adjust the technological parameters, which allows you to program the quality of products, and thus influence a positive end result. Information on the fat content of milk allows you to optimize the diet of each animal, taking into account their individual physiological characteristics and the nature of the response of individual animals to external interference.

Вступ. В сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва, враховуючи різні форми господарювання, завдання по підвищенню продуктивності праці та якості продукції, зниження собівартості, а також забезпечення конкурентноздатності виробленої продукції неможливо вирішити без застосування індустріальних методів виробництва.

Для молочного тваринництва поставлену задачу потрібно вирішувати за рахунок удосконалення технології та технічних засобів, які забезпечують оптимальне керування виробничими процесами на основі отримання об'єктивної та оперативної технологічної інформації і зокрема про якість виробленої продукції [1-4].

*Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв ВНАУ Токарчук О.А.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день розроблено методи визначення жирності молока та молочних продуктів, які базуються на хімічних і фізичних принципах та реєстрації тих чи інших властивостей молока. На підставі аналізу та багатокритеріальної оцінки існуючих методів і засобів визначення жирності молока встановлено, що умовам виробництва молока із застосуванням автоматизованої системи управління технологічним процесом найбільшою мірою за критеріями корисності, затратності і своєчасності відповідає метод прямого центрифугування в порожнині обертового диска із синхронним зчитуванням інформації. Метод ґрунтується на безпосередньому визначенні об'ємної або масової частки жиру в молоці. Він належить до „прямих” методів, які дають більш достовірну інформацію порівняно з “непрямими”, що базуються на вимірюванні фізичних властивостей молочного жиру та молока.

Вимірювання жирності запропонованим методом здійснюється за допомогою жироміра, що виконаний у вигляді порожнистого диска, який обертається разом з молоком навколо своєї осі (рис.1), спричиняючи центрифугування проби молока.

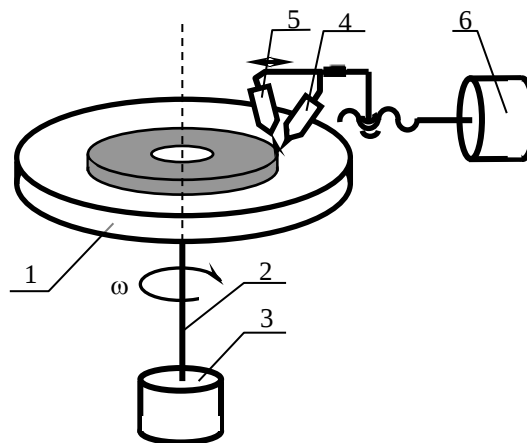


Рис. 1. Кінематична схема аналізатора жирності молока відцентрового типу: 1 – порожнистий диск; 2 – вал привідний; 3 – електродвигун; 4 – фотовипромінювач; 5 – фотоприймач; 6 – пристрій для реєстрації переміщень.

Відцентрифугований жир відкладається у вигляді смужки, ширина якої залежить від жирності даної порції молока та вимірюється за допомогою оптико-механічної системи. Важливою перевагою запропонованого аналізатора є те, що замір жирності здійснюється під час обертання диска, що значно підвищує точність за рахунок зменшення меніска рідини відносно стінок диска.

Для якісного аналізу жирності необхідно, щоб розділення молока відбувалось рівномірно у товщині шару. В диску аналізатора така рівномірність досягається при рівних швидкостях молока по висоті порожнини. Як показали результати моделювання товщини пограничного шару δ_0 залежно від частоти обертання n і температури молока, рівномірність швидкості руху молока по висоті для кутових швидкостей, менших за 10^3 рад/с, забезпечується при висоті порожнини, не більшій 1 мм. Таким чином, зменшення висоти порожнини зменшує час розділення молока.

Дослідження показали також, що 90% молочного жиру зосереджено в кульках, діаметр яких є в межах $(2\div 8)\times 10^{-6}$ м. У жирових кульках діаметром до 2×10^{-6} м міститься менше 4% від загальної маси молочного жиру і для практичних вимірювань ними можна знехтувати.

Під дією відцентрового прискорення жирові кульки рухаються в плазмі молока до осі обертання барабана зі швидкістю Стокса (v_k), на яку впливають два конструктивні фактори: число обертів n і радіуси порожнини R_0 та R_1 (рис.2), в якій рухаються жирові кульки. Оскільки кулька рухається до осі обертання і величина r зменшується, то зменшується і швидкість.

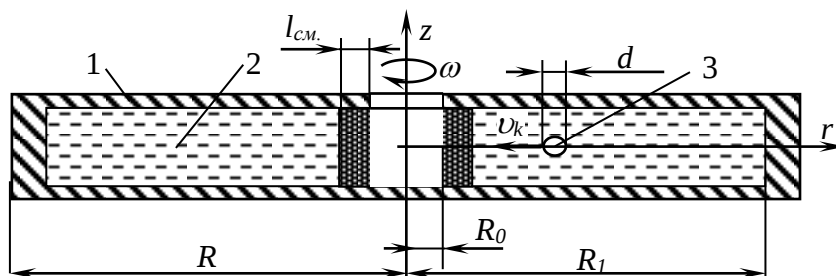


Рис. 3. Схема диска аналізатора: 1 – порожнистий диск; 2 – плазма молока; 3 – жирова кулька.

Час $d\tau$, за який жирова кулька проходить елементарну відстань dr , дорівнює:

$$d\tau = \frac{dr}{v_k} = \frac{9\mu}{2\pi^2 d^2 n^2 (\rho_m - \rho_{жс})} \cdot \frac{dr}{r}, \quad (14)$$

де v_k – швидкість руху жирової кульки, яка знаходиться на відстані r від осі обертання, м/с; d – діаметр жирової кульки, м; n – частота обертання диска, с^{-1} ; ρ_m і $\rho_{жс}$ – густина плазми молока і жирової кульки, кг/м^3 ; μ – динамічна в'язкість молока, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

Час, за який жирова кулька переміститься з периферії порожнини диска до його центра, виходячи з виразу (14), дорівнює:

$$\tau = \frac{9\mu}{2\pi^2 d^2 n^2 (\rho_m - \rho_{жс})} \ln \frac{R_1}{R_0}. \quad (15)$$

Дослідження часу руху кульок різного діаметра залежно від частоти обертання диска аналізатора, динамічної в'язкості молока, густини молока і молочного жиру та співвідношення геометричних розмірів порожнини диска аналізатора показало, що при частоті обертання диска меншій 5000 хв^{-1} , час руху жирової кульки дуже великий. Отже, у конструкції аналізатора потрібно передбачити частоту обертання диска $n > 5000 \text{ хв}^{-1}$.

З аналізу залежності (15) видно, що значення радіуса (R_0) внутрішньої кільцевої стінки порції молока, що обертається, повинно бути більшим від нуля. Оперативність вимірювання жирності досягається при відношенні радіусів порожнини в діапазоні $0 < \ln R_1/R_0 < 1,5$. При цьому чим нижче значення $\ln R_1/R_0$, тим час руху кульки менший, а отже, і менший час вимірювання. Слід зазначити, що зі збільшенням радіуса R_0 зменшується точність вимірювання, оскільки зменшується ширина смужки l_{cm} .

Дослідження показали, що використання порцій молока з об'ємами 15 і 20 мл супроводжується збільшеними значеннями радіусів порожнини диска аналізатора. Застосування вказаних проб молока також є недоцільним, оскільки при раціональних співвідношеннях радіусів $\ln R_1/R_0$ значення R_0 є великими, що знижує точність вимірювання.

При обертотому русі молоко, що знаходиться в порожнині диска аналізатора спричиняє значний тиск на його корпус. Внаслідок цього виникають значні напруження та деформація стінок диска аналізатора жирності. Напружений стан додатково виникає також від дії відцентрової сили обертання самого диска. Як наслідок, геометрія робочого органу може змінюватись, що знизить точність вимірювання, а при критичних режимах роботи диск може руйнуватись.

Тому необхідно провести аналіз напружено-деформованого стану диска аналізатора, який дасть можливість обґрунтувати режими роботи запропонованого пристрою, вибрати матеріал диска та визначити його раціональні геометричні розміри.

Висновки. Дослідження процесу розділення молока показали, що для забезпечення оперативності вимірювання жирності молока частота обертання диска аналізатора повинна бути більшою за 5000 хв^{-1} .

Встановлено раціональний об'єм досліджуваної порції молока – 5мл та геометричні розміри порожнини диска, що відповідають вказаній пробі, а саме, внутрішній радіус торцевої стінки диска становить 41мм при висоті порожнини аналізатора 1мм.

Потужність електропривода диска, яка забезпечує подолання гідро-аеродинамічних опорів та його розгону до робочої частоти обертання за раціональний проміжок часу повинна становити 60 Вт.

Список використаних джерел

1. Ясенецкий В. А., Мечта Н. П., Погорелый Л. В. Механизация и автоматизация молочных ферм. К.: Урожай, 1992. 392с.
2. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л.: Колос, 1978. С. 554.
3. Данкверт А., Зернаева Л. Пути улучшения качества молока. *Молочное и мясное скотоводство*, 2003. №8, С. 2-5.
4. Кос В. Ф., Музыка Л. І., Коваль Д. А. Значення негенетичних факторів у селекційно-племінній роботі з великою рогатою худобою. *Сільський господар*, 2003. №5-6, С 25–28.