

SECTION 6. LIVESTOCK

DOI: 10.46299/ISG.2025.MONO.AGRO.1.6.1

6.1 Теоретичне обґрунтування використання молока корів для виробництва кумису

Основним джерелом молока і молочних продуктів є велика рогата худоба, від якої отримується 82% загального світового молока, а решту в основному отримують від буйволів, кіз та овець і менше ніж 1% молока походить від інших тварин, таких як верблюди, коні, осли, яких можна визначити як «другорядними молочними видами» [132].

Єдиним значущим ферментованим продуктом з кобилячого молока, доступним на ринку, є кумис, який широко вживають в першу чергу через його лікувальну та поживну цінність [133].

З давніх часів людство використовує молоко кобил для виготовлення спиртово-молочнокислого напою - кумису, який добре засвоюється організмом людини, має дієтичні і лікувальні властивості. У молоці кобил в 1,5 рази більше молочного цукру, ніж у коров'ячому молоці. Це надає йому солодкувато-терпкого присмаку і сприяє кисломолочному та спиртовому бродінню при приготуванні кумису. Жиру в молоці менше, ніж у коров'ячому, проте в ньому є ліноленова, ліолева та арахідонова жирні кислоти, які гальмують розвиток туберкульозних бактерій. Завдяки дрібному розміру жирових кульок і низькій температурі плавлення (20-26 °C), жир кобилячого молока легко всмоктується кишковою. Кумис готують методом зброджування молока кобил спеціальними заквасками молочно-кислих бактерій і молочних дріжджів. У процесі бродіння хімічний склад молока змінюється: скорочується вміст цукру, накопичується молочна кислота, вуглекислий газ, спирт, ароматичні та інші речовини [134].

В останні роки в Україні збільшується попит на нетрадиційні для нашого регіону кисломолочні напої, отримані за рахунок сумісного використання спиртової та молочнокислої мікрофлори, – тан, айран, кумис тощо. Тому на кафедрі біотехнології Національного фармацевтичного університету

проводяться роботи з розробки складу та технології кумису з коров'ячого молока для приготування в домашніх та промислових умовах [135].

За визначенням Державного департаменту ветеринарної медицини кумис - кисломолочний продукт змішаного бродіння, який виробляють сквашуванням кобилячого чи коров'ячого молока симбіотичною закваскою, яка містить дріжджі, термофільні молочнокислі палички видів *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* [136].

В Україні молочне конярство представлено одиничними кумисними фермами у Полтавській, Луганській та Київській областях, які поєднують отримання молока кобил і виробництво кумису з м'ясною або племінною спеціалізацією галузі. Середня добова молочна продуктивність кобил складає 7,5 кг молока за добу і лише 2,02 кг (за триразового доїння) використовується для виробництва кумису, тобто 27%, а 5,48 витрачається на вигодовування лоша [137].

Обсяги виробництва молока і кумису в Україні не задовольняють потреби населення і підсилюють його дефіцитність, тому альтернативним джерелом виробництва кумису може бути молоко корів, про що свідчать дослідження ряду авторів [138].

За даними ряду авторів ключовими модифікованими факторами складу є вміст сухої речовини, мінеральних речовин, протеїну та лактози, а також співвідношення казеїну та сироваткового білка у первинній сировині. Кумис, виготовлений із модифікованого коров'ячого молока та заквасок, дуже схожий на кумис із кобилячого молока щодо рН, титрованої кислотності, алкоголю, протеолітичної активності, уявної в'язкості та мікробіологічного складу [139].

Оскільки за хімічним складом молоко кобил значно відрізняється від молока корів, тому наведемо розрахунки з корекції коров'ячого молока за вмістом жиру, білка та цукру до молока кобил, об'ємом 2 л, необхідних для випоювання лоша та введемо формули для будь-якого об'єму суміші з метою виробництва кумису, використавши квадрат Пірсона.

6.1.1 Нормування коров'ячого молока до молока кобил за жирністю для 2 літрів суміші

Приклад 1: маємо коров'яче молоко, жирністю 3,8%, вмістом цукру 4,7%, вмістом білка 3,3%. Необхідно приготувати 2 л суміші, яка б за хімічним складом була подібною до молока кобил з жирністю 1,3%, вмістом цукру 6,7%, вмістом білка 2,1%, використавши коров'яче молоко і воду.

Розрахунки виконаємо за методом квадрата Пірсона, названого ім'ям його розробника, англійського математика, статистика, біолога та філософа, одного із засновників математичної статистики.

В середину квадрата (рис. 1) поставимо заплановану жирність суміші – 1,3%, а біля верхніх його кутів – жирність молока і води. Від чисел у верхніх кутах квадрату по діагоналі віднімаємо значення, що знаходиться в центрі квадрату, а результати записуємо в його нижніх кутах. Модулі значень дорівнюватимуть кількості частин молока і води в їх суміші.

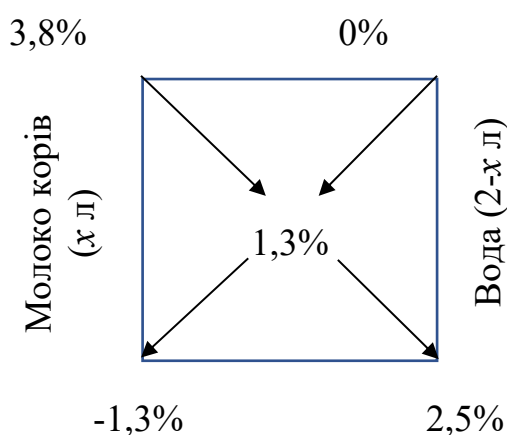


Рисунок 1. Розрахунок співвідношення молока корів і води в 2 л суміші наближеній до молока кобил [розробка авторів]

Обчислення: $3,8\% - 1,3\% = 2,5\%$; $0\% - 1,3\% = -1,3\%$. В подальшому використовуємо модуль від'ємного числа: $|-1,3| = 1,3$. Відношення кількості молока до кількості води складає $1,3 : 2,5$. Позначимо кількість молока в суміші x л, тоді кількість води в суміші буде $(2-x)$ л. Відношення кількості молока до кількості води можна знайти через їх кількість у суміші в літрах: $x : (2-x)$.

Оскільки ці два відношення характеризують одну і ту ж величину (відношення кількості молока до кількості води), між ними можна поставити знак « $\Rightarrow$ » і розв'язати одержану пропорцію:

$$x : (2-x) = 1,3 : 2,5.$$

Скориставшись основною властивістю пропорції (добуток крайніх членів дорівнює добутку середніх), маємо $2,5 \times x = (2-x) \times 1,3$; $2,5x = 2,6 - 1,3x$;

$2,5x + 1,3x = 2,6$; $3,8x = 2,6$; $x = 2,6 : 3,8 = 0,684$ літри – стільки молока слід взяти для суміші.

$$2 - x = 2 - 0,684 = 1,316 \text{ літри} - \text{стільки води слід додати до молока.}$$

Розрахуємо кількість цукру, яку слід додати в суміш, вміст цукру в якій складав би 6,7%.

Розрахунки також виконаємо за методом квадрата Пірсона, в центрі якого поставимо запланований відсоток вмісту цукру 6,7%, аналогічний до молока кобил, а в верхніх його кутах відсотковий вміст цукру у молоці корів і розрахунковий ($x\%$), який повинен бути розчинений у воді (рис. 2).

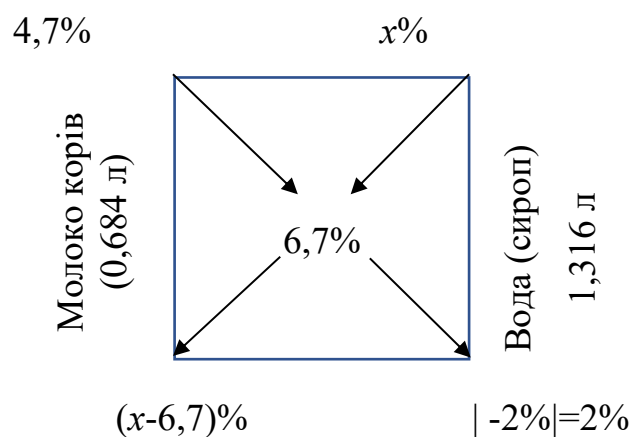


Рисунок 2. Розрахунок кількості цукру, яку слід додати до 2 л суміші молока і води, наближеній до молока кобил [розробка авторів]

Від чисел у верхніх кутах квадрату по діагоналі віднімаємо значення, що знаходиться в центрі квадрату, а результати записуємо в його нижніх кутах. В подальших розрахунках використаємо модулі цих значень.

Маємо пропорцію: $(x-6,7):2 = 0,684:1,316$. Звідси: $(x-6,7) \times 1,316 = 0,684 \times 2$;
 $1,316x - 8,817 = 1,368$; $1,316x = 1,368 + 8,817$; $1,316x = 10,185$; $x = 10,185:1,316$;

$x = 7,74\%$ - такий відсотковий вміст цукру в сиропі. Розрахуємо кількість цукру (г), яка міститься в сиропі: $1,316 \text{ л} = 1316 \text{ г}$. $x = \frac{1316 \text{ г} \times 7,74\%}{100\%} = 101,86 \text{ г}$ - стільки цукру слід додати до суміші.

Розрахуємо кількість цукру (г), яка міститься в $0,684 \text{ л}$ молока: $0,684 \text{ л} = 684 \text{ г}$.

$$x = \frac{684 \text{ г} \times 4,7\%}{100\%} = 32,15 \text{ г} - \text{стільки цукру в } 0,684 \text{ л молока.}$$

Розрахуємо кількість цукру (г), яка міститься в 2 л суміші: $101,86 + 32,15 = 134,01 \text{ г}$.

$$\text{Перевіримо процентний вміст цукру в } 2 \text{ л суміші: } x = \frac{134,01 \text{ г} \times 100\%}{2000 \text{ г}} = 6,7\%.$$

Перевіримо вміст жиру в суміші із $0,684 \text{ л}$ молока, жирністю $3,8\%$, та з $1,316 \text{ л}$ води: $x = \frac{684 \text{ г} \times 3,8\%}{100\%} = 26 \text{ г}$. Ці 26 г жиру містяться і в 2 л суміші молока з водою, що становить: $x = \frac{26 \text{ г} \times 100\%}{2000 \text{ г}} = 1,3\%$.

Отже, для отримання 2 л суміші коров'ячого молока з водою, жирністю $1,3\%$, вмістом цукру $6,7\%$, необхідно взяти 684 г молока, жирністю $3,8\%$, додати $101,86 \text{ г}$ цукру та 1361 г води.

Виведемо формулу розрахунку кількості молока, розглянувши завдання у загальному вигляді.

Нехай маємо $M \text{ л}$ молока, жирністю $Жм$. Необхідно отримати 2 л суміші молока і води, жирністю $1,3\%$, з відсотковим вмістом цукру $6,7\%$. Розрахувати кількість молока, води і цукру.

Знову скористаємося методом квадрату Пірсона (рис. 3), в центрі якого поставимо заплановану жирність суміші $1,3\%$, як і в молоці кобил. Позначимо кількість молока в 2 л суміші $M \text{ л}$, тоді води буде: $W = (2 - M \text{ л})$, де W - кількість води в суміші.

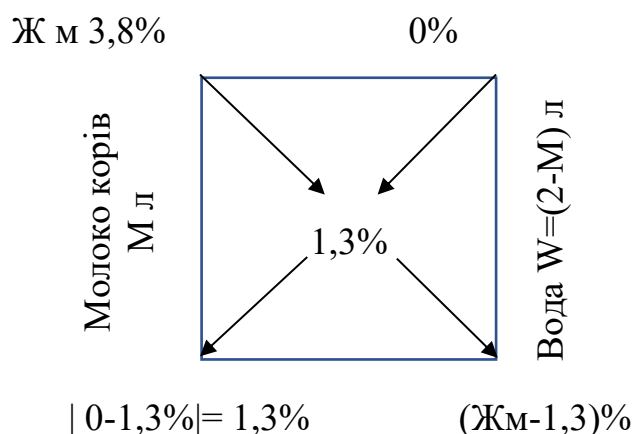


Рисунок 3. Виведення формул (1, 2) розрахунку кількості молока корів і води для отримання суміші, наближеній до молока кобил за жирністю [розробка авторів]

З даних квадрата співвідношення молока і води дорівнює: $1,3:(Жм-1,3)$. Це ж саме співвідношення в літрах буде дорівнювати: $М:(2-М)$. Маємо пропорцію: $М:(2-М) = 1,3:(Жм-1,3)$. Звідси: $(2-М) \times 1,3 = М \times (Жм-1,3)$;

$2,6-1,3М = М \times Жм-1,3М$; $М \times Жм = 2,6$. Звідси формула розрахунку кількості коров'ячого молока для отримання 2 літрів суміші молока і води, жирністю 1,3%.

$$М = \frac{2,6}{Жм}, \quad (1)$$

де: $М$ – кількість коров'ячого молока, л; 2,6 - константа; $Жм$ – жирність молока, %.

Перевіримо працездатність виведеної формули: $М = \frac{2,6}{3,8} = 0,684$ л молока.

$$\text{Тоді води: } W = 2 - М = 2 - \frac{2,6}{Жм} = \frac{2Жм-2,6}{Жм}$$

Отже звідси формула розрахунку кількості води, для отримання 2 літрів суміші молока і води, жирністю 1,3%.

$$W = \frac{2Жм-2,6}{Жм}, \quad (2)$$

де: W – кількість води, л; 2; 2,6 - константи; $Жм$ – жирність молока, %.

Перевіримо працездатність виведеної формули: $W = \frac{2 \times 3,8 - 2,6}{3,8} = \frac{2 \times 3,8 - 2,6}{3,8} =$

$$\frac{5,0}{3,8} = 1,316 \text{ л води.}$$

6.1.2 Нормування молока корів до молока кобил за вмістом цукру для 2 літрів суміші

Розрахуємо в загальному вигляді кількість цукру, яку слід додати до 2 л суміші молока і води з відсотковим вмістом цукру 6,7%, як і в молоці кобил.

Додамо умовно цукор у воду і отримаємо сироп. Позначимо A_c – кількість цукру в сиропі, A_m - кількість цукру в молоці, h_c – відсотковий вміст цукру в сиропі, %, h_m - відсотковий вміст цукру в молоці, %. Розрахунки також виконаємо за методом квадрата Пірсона, в центрі якого поставимо запланований вміст цукру в суміші 6,7% (рис. 4), як і в молоці кобил.

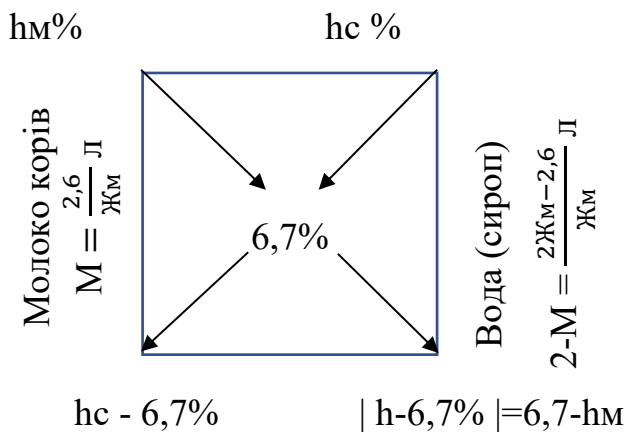


Рисунок 4. Виведення формули (5) розрахунку кількості цукру, яку слід додати до суміші молока корів і води, наближеній до молока кобил [розробка авторів]

Маємо пропорцію: $(h_c - 6,7):(6,7 - h_m) = M:(2 - M)$; $(h_c - 6,7) \times (2 - M) = M \times (6,7 - h_m)$; $h_c \times (2 - M) - 6,7 \times (2 - M) = M \times (6,7 - h_m)$; $h_c \times (2 - M) = M \times (6,7 - h_m) + 6,7 \times (2 - M)$;

$h_c \times (2 - M) = 6,7 \times M - M \times h_m + 13,4 - 6,7 \times M$; $h_c \times (2 - M) = 13,4 - M \times h_m$. Звідси формула розрахунку відсоткового вмісту цукру в сиропі:

$$h_c = \frac{13,4 - M \times h_m}{2 - M}, \quad (3)$$

де: h_c – відсотковий вміст цукру в сиропі, %; h_m - відсотковий вміст цукру в молоці, %; 13,4; 2 - константи; M – кількість молока, л.

Розрахуємо кількість цукру в сиропі, або кількість цукру, яку слід додати

до води: $A_c = \frac{(2 - M) \times h_c}{100\%} = \frac{(2 - M) \times \frac{13,4 - M \times h_m}{2 - M}}{100\%} = \frac{13,4 - M \times h_m}{100\%}$.

$$\text{Звідси формула: } A_c = \frac{13,4 - M \times h_m}{100\%}, \quad (4)$$

де: A_c – кількість цукру в сиропі, або кількість цукру, яку додали до води, %; h_m - відсотковий вміст цукру в молоці, %; 13,4 - константа; M – кількість молока, л.

В цій формулі замінимо $M = \frac{2,6}{J_m}$, одержимо

$$A_c = \frac{13,4 - \frac{2,6 h_m}{J_m}}{100\%} = \frac{13,4 \times J_m - 2,6 \times h_m}{100 \times J_m} = \frac{2 \times (6,7 J_m - 1,3 h_m)}{100 \times J_m}, \text{ звідси формула:}$$

$$A_c = \frac{2 \times (6,7 J_m - 1,3 h_m)}{100 \times J_m}, \quad (5)$$

де: A_c – кількість цукру в сиропі, %; J_m - відсотковий вміст жиру в молоці, %;

2; 6,7; 1,3 - константи; h_m - відсотковий вміст цукру в молоці.

Перевіримо працездатність отриманих формул. Маємо коров'яче молоко, жирністю 3,8%, з вмістом цукру 4,7%. Слід визначити кількість коров'ячого молока, води і цукру для отримання 2 л суміші, за своїм складом була наближеною до молока кобил, жирністю 1,3%, а вмістом цукру 6,7%.

Розрахуємо кількість молока для отримання 2 л суміші молока і води, жирністю 1,3%, використавши формулу 1:

$$M = \frac{2,6}{J_m} = \frac{2,6}{3,8} = 0,684 \text{ л} - \text{слід взяти молока, жирністю 3,8\%}.$$

Розрахуємо кількість води, для отримання 2 літрів суміші молока і води, жирністю 1,3%, використавши формулу 2:

$$W = \frac{2 J_m - 2,6}{3,8} = \frac{2 \times 3,8 - 2,6}{3,8} = \frac{7,6 - 2,6}{3,8} = 1,316 \text{ л} - \text{слід взяти води,}$$

або $2 \text{ л} - 0,684 = 1,316$ літрів.

Розрахуємо кількість цукру в сиропі, або кількість цукру, яку слід додати до води, використавши формулу 5:

$$A_c = \frac{2 \times (6,7 J_m - 1,3 h_m)}{100 \times J_m} = \frac{13,4 \times 3,8 - 2,6 \times 4,7}{100 \times 3,8} = \frac{50,92 - 12,22}{380} = 0,1018 \text{ кг} = 101,8 \text{ г}$$

6.1.3 Нормування молока корів до молока кобил за вмістом білка для 2 літрів суміші

Перевіримо вміст білка в 2 л суміші коров'ячого молока, в якому відсотковий вміст білка складає 3,3% та води. Розрахунки також виконаємо за методом квадрата Пірсона (рис. 5).

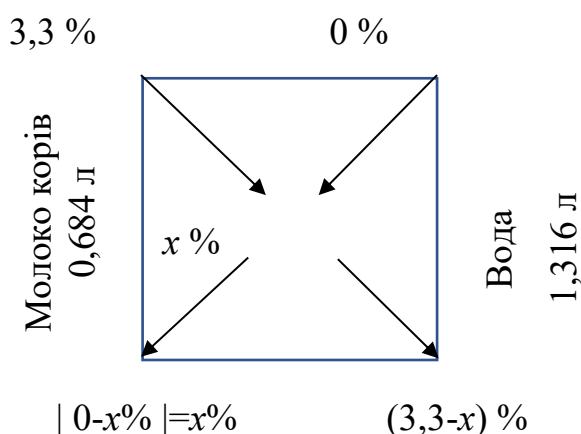


Рисунок 5. Розрахунок кількості білка в 2 л суміші молока корів і води
[розробка авторів]

Звідси маємо пропорцію: $x:(3,3-x) = 0,684:1,316$; $x \times 1,316 = 0,684 \times (3,3-x)$;

$1,316x = 2,257 - 0,684x$; $1,316x + 0,684x = 2,257$; $2,0x = 2,257$; $x = 2,257:2$;

$x = 1,1\%$ - такий вміст білка в суміші недостатній, оскільки в молоці кобил його вміст складає 2,1 %.

Добавимо, умовно, білка до води, позначивши його за В г, так, щоб відсоткова концентрація білка в суміші складала 2,1 %, позначивши її за b %.

Звідси пропорція: 2000г – 100%

$$x - 2,1\%; \quad x = \frac{2000 \times 2,1}{100} = 42 \text{ г} - \text{стільки повинно}$$

бути білка в суміші.

Розрахуємо концентрацію білка в 2 л суміші коров'ячого молока, в якому вміст білка складає 3,3% та води, за методом квадрата Пірсона (рис. 6).

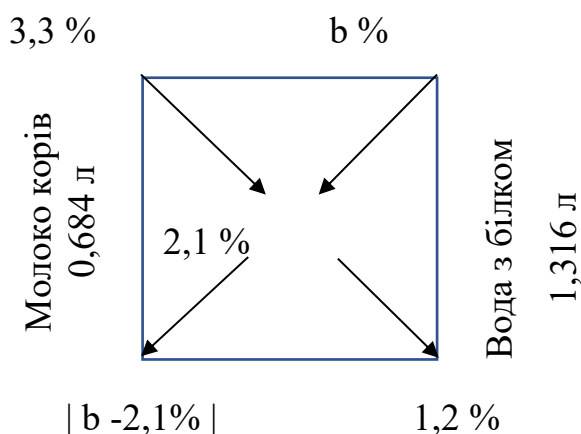


Рисунок 6. Розрахунок концентрації і кількості білка, яка буде міститися в 2 л суміші, наближеній до молока кобил [розробка авторів]

Маємо пропорцію: $|b - 2,1| : 1,2 = 0,684 : 1,316$; $|b - 2,1| : 1,2 = 0,52$;

$|b - 2,1| = 0,52 \times 1,2$; $|b - 2,1| = 0,624$, звідси: $b - 2,1 = 0,624$, або

$b - 2,1 = -0,624$. Розв'яжемо паралельно обидва рівняння:

$$b - 2,1 = 0,624; \quad b - 2,1 = -0,624;$$

$$b = 2,1 + 0,624; \quad b = 2,1 - 0,624;$$

$$b = 2,724 \approx 2,7\% \quad b = 1,476 \approx 1,5\%$$

При розв'язуванні рівняння одержали дві відповіді для відсоткового вмісту білка, який умовно додали у воду. Розглянемо обидва випадки.

Перший випадок. Якщо відсотковий вміст білка $b_1 = 2,7\%$, тоді до 1316 г води слід додати білка B_1 (г). Маємо пропорцію:

$$1316 \text{ г} - 100\%$$

$$B_1 \text{ г} - 2,7\%; \quad B_1 = \frac{1316 \times 2,7}{100} = 35,8 \text{ г білка.}$$

Другий випадок. Якщо відсотковий вміст білка $b_2 = 1,5\%$, тоді до 1316 г води слід додати білка B_2 (г). Маємо пропорцію:

$$1316 \text{ г} - 100\%$$

$$B_2 \text{ г} - 1,5\%; \quad B_2 = \frac{1316 \times 1,5}{100} = 19,4 \text{ г білка.}$$

Визначимо кількість білка (г), який міститься в 684 г молока корів, відсотковий вміст якого складає 3,3%. Маємо пропорцію:

$$684 \text{ г} - 100\%$$

$$x - 3,3\%; \quad x = \frac{684 \times 3,3}{100} = 22,6 \text{ г білка.}$$

Підрахуємо кількість білка, яка буде міститися в 2 л суміші в обох випадках. Перший: $35,8 + 22,6 = 58,4$ г, що більше, ніж 42 г. Другий: $19,4 + 22,6 = 42,0$ г, що і співпадає з нашими попередніми розрахунками.

Розглянемо це завдання у загальному вигляді. Нехай b – відсотковий вміст білка в суміші білка з водою, %, b_m – відсотковий вміст білка в коров'ячому молоці, %, B – кількість білка, яку добавили до води, г, M – кількість молока, л. Також скористаємося методом квадрату Пірсона (рис. 7).

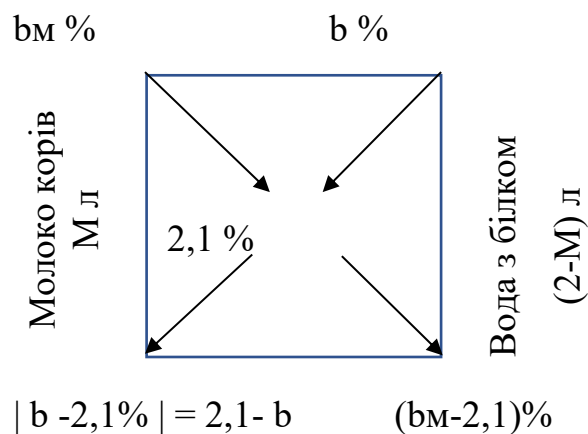


Рисунок 7. Виведення формули (8) розрахунку кількості білка, яку слід додати до 2 л суміші молока корів і води, наближеній до молока кобил [розробка авторів]

Маємо пропорцію: $(2,1 - b) : (b_m - 2,1) = M : (2 - M)$; $(2,1 - b) \times (2 - M) = M \times (b_m - 2,1)$; $2,1 \times (2 - M) - b \times (2 - M) = M \times (b_m - 2,1)$; $4,2 - 2,1M - Mb_m + 2,1M = b \times (2 - M)$; $b \times (2 - M) = 4,2 - Mb_m$, звідси формула:

$$b = \frac{4,2 - Mb_m}{2 - M}, \quad (6)$$

де: b – відсотковий вміст білка в суміші білка з водою, %; b_m – відсотковий вміст білка в коров'ячому молоці, %; B – кількість білка, яку добавили до води, г; M – кількість молока, л.

Замінімо $M = \frac{2,6}{\text{жм}}$, одержимо:

$$b = \left(4,2 - \frac{2,6}{Ж_{м}} \times b_{м}\right) : \left(2 - \frac{2,6}{Ж_{м}}\right) = \frac{4,2 \times Ж_{м} - 2,6 \times b_{м}}{Ж_{м}} : \frac{2Ж_{м} - 2,6}{Ж_{м}} = \frac{(4,2Ж_{м} - 2,6b_{м}) \times Ж_{м}}{Ж_{м} \times (2Ж_{м} - 2,6)}. \text{ Звідси: } b = \frac{4,2Ж_{м} - 2,6b_{м}}{2Ж_{м} - 2,6} \quad (7)$$

Обчислимо кількість білка В (г), яку добавили до води:

$$B = (2 - M) \times \frac{4,2Ж_{м} - 2,6b_{м}}{2Ж_{м} - 2,6} : 100 = \left(2 - \frac{2,6}{Ж_{м}}\right) \times \frac{4,2Ж_{м} - 2,6b_{м}}{2Ж_{м} - 2,6} : 100 \\ = \frac{2Ж_{м} - 2,6}{Ж_{м}} \times \frac{4,2Ж_{м} - 2,6b_{м}}{2Ж_{м} - 2,6} : 100 = \frac{4,2Ж_{м} - 2,6b_{м}}{100Ж_{м}},$$

Отримали: $B = \frac{4,2Ж_{м} - 2,6b_{м}}{100Ж_{м}}$, звідси формула кількості білка, яку слід додати до води, а відповідно і в суміші молока з водою, для отримання концентрації білка в суміші 2,1 %:

$$B = \frac{2(2,1Ж_{м} - 1,3b_{м})}{100Ж_{м}}, \quad (8)$$

де: В - кількість білка, яку слід додати до води, г; Ж_м - жирність коров'ячого молока, %; b_м - відсотковий вміст білка в коров'ячому молоці, %.

Перевіримо працездатність отриманої формули: якщо Ж_м = 3,8%, b_м = 3,3%, то білка слід додати до суміші: $B = \frac{2(2,1Ж_{м} - 1,3b_{м})}{100Ж_{м}} = \frac{4,2 \times 3,8 - 2,6 \times 3,3}{100 \times 3,8} = \frac{15,96 - 8,58}{380} = \frac{7,38}{380} = 0,0194 \text{ кг} = 19,4 \text{ г}.$

В даному випадку формули спрощують обчислення.

Таким чином, якщо відомі жирність коров'ячого молока Ж_м, %, процентний вміст в ньому цукру h_м та білка b_м, маємо три формули для розрахунку для 2 л суміші:

$$M = \frac{2,6}{Ж_{м}} - \text{кількість молока корів у 2 л суміші, л.}$$

$A_{с} = \frac{2 \times (6,7Ж_{м} - 1,3h_{м})}{100 \times Ж_{м}} - \text{кількість цукру, яку необхідно додати до 2 л суміші.}$

$B = \frac{2(2,1Ж_{м} - 1,3b_{м})}{100Ж_{м}} - \text{кількість білка, який необхідно додати до 2 л суміші, подібної до молока кобил, тобто жирністю 1,3 %, вмістом цукру 6,7 % та вмістом білка 2,1 \%}.$

6.1.4 Нормування коров'ячого молока до молока кобил за вмістом жиру для отримання більшої кількості суміші

Для отримання більшої кількості суміші на основі молока корів, за основними поживними речовинами наближеної до молока кобил, також скористаємося методом квадрату Пірсона (рис. 8), в центрі якого поставимо заплановану жирність молока кобил, яка в середньому складає 1,3 %.

Позначимо кількість необхідної суміші V л, в ній молока корів M л, тоді води буде $(V-M)$ л, жирність коров'ячого молока $Ж_{\text{М}}$, л, яка вища за жирність молока кобил.

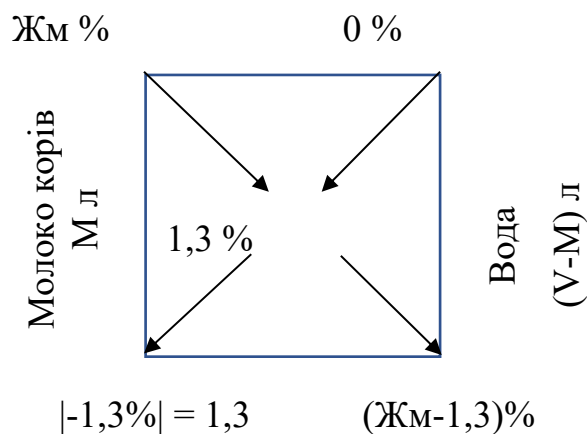


Рисунок 8. Виведення формули (9) розрахунку необхідної кількості молока корів, яку слід взяти для отримання суміші запланованого об'єму, наближеній до молока кобил за жирністю [розробка авторів]

Маємо пропорцію: $1,3:(Ж_{\text{М}}-1,3) = M:(V-M)$; $1,3 \times (V-M) = M \times (Ж_{\text{М}}-1,3)$;

$1,3V - 1,3M = M \times Ж_{\text{М}} - 1,3M$; $M \times Ж_{\text{М}} = 1,3 V$. Звідси формула:

$$M = \frac{1,3V}{Ж_{\text{М}}}, \quad (9)$$

де: M - кількість молока, яку слід взяти для суміші, г; 1,3 – константа;

V - кількість необхідної суміші, л; $Ж_{\text{М}}$ – жирність коров'ячого молока.

Тоді кількість води W складатиме: $W = (V-M)$ л, або:

$$W = V - M = V - \frac{1,3V}{Ж_{\text{М}}} = \frac{V \times Ж_{\text{М}} - 1,3V}{Ж_{\text{М}}} = \frac{V(Ж_{\text{М}} - 1,3)}{Ж_{\text{М}}}.$$

Звідси формула кількості води в суміші: $W = \frac{V(Ж_{\text{М}}-1,3)}{Ж_{\text{М}}}.$

6.1.5 Нормування коров'ячого молока до молока кобил за вмістом цукру для отримання більшої кількості суміші

Розрахуємо в загальному вигляді кількість цукру, яку необхідно додати до об'єму суміші V , щоб процентний вміст цукру був 6,7 %, як і в молоці кобил.

Позначимо h_m – відсотковий вміст цукру в молоці корів, %, h_c – відсотковий вміст цукру в суміші цукру і води, %, A_c – кількість цукру, яку необхідно додати до суміші, г.

Також скористаємося методом квадрату Пірсона (рис. 9), в центрі якого поставимо запланований процент цукру, такий як і в молоці кобил, який в середньому складає 6,7 %.

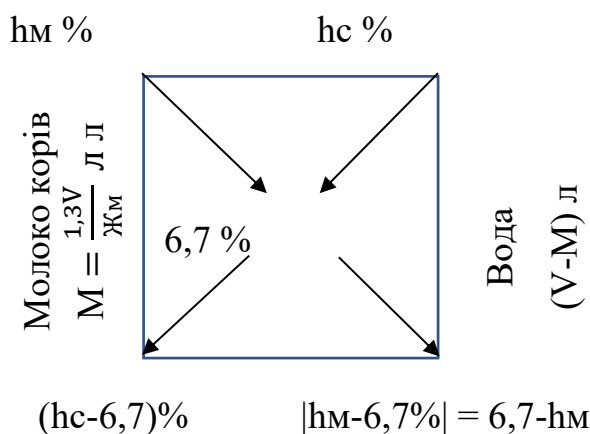


Рисунок 9. Виведення формули (11) розрахунку кількості цукру, яку необхідно додати для отримання суміші запланованого об'єму, наближеній до молока кобил [розробка авторів]

Маємо пропорцію: $(h_c - 6,7) : (6,7 - h_m) = M : (V - M)$; $(h_c - 6,7) \times (V - M) = M \times (6,7 - h_m)$; $h_c \times (V - M) - 6,7 \times (V - M) = 6,7M - M \times h_m$; $h_c \times (V - M) = 6,7V - 6,7M + 6,7M - M \times h_m$. Звідси формула:

$$h_c = \frac{6,7V - Mh_m}{V - M}, \quad (10)$$

де: h_c – відсотковий вміст цукру в суміші цукру і води, %; 6,7 – константа;

V - кількість необхідної суміші, л; M - кількість молока, яку слід взяти для суміші, г; h_m – процентний вміст цукру в молоці корів, %.

Визначимо кількість цукру, яку добавимо до води:

$$A_c = \frac{(V-M)h_c\%}{100\%} = \frac{(V-M) \times \frac{6,7V-Mh_m}{V-M}}{100\%} = \frac{6,7V-Mh_m}{100\%} = \frac{6,7V - \frac{1,3V}{Ж_m} \times h_m}{100\%} =$$

$$\frac{V(6,7 \times Ж_m - 1,3 \times h_m)}{100 \times Ж_m}. \text{ Звідси формула:}$$

$$A_c = \frac{V(6,7 \times Ж_m - 1,3 \times h_m)}{100 \times Ж_m}, \quad (11)$$

де: A_c – кількість цукру, яку слід додати до води, г; V – кількість необхідної суміші, л; h_m – процентний вміст цукру в молоці корів, %; $Ж_m$ – процентний вміст жиру в молоці корів, %; 6,7 – константа.

6.1.6 Нормування коров'ячого молока до молока кобил за вмістом білка для отримання більшої кількості суміші

Розрахуємо кількість білка, яку необхідно додати до об'єму суміші для отримання в ній процентного вмісту білка 2,1 %, як і в молоці кобил.

Позначимо b – відсотковий вміст білка в суміші білка з водою, %, b_m – відсотковий вміст білка в коров'ячому молоці, %, V_c – кількість білка, яку слід додати до води, а відповідно і до суміші, г, M – кількість молока, л.

Також скористаємося методом квадрату Пірсона (рис. 10), в центрі якого поставимо запланований процент білка, такий як і в молоці кобил, який в середньому складає 2,1 %.

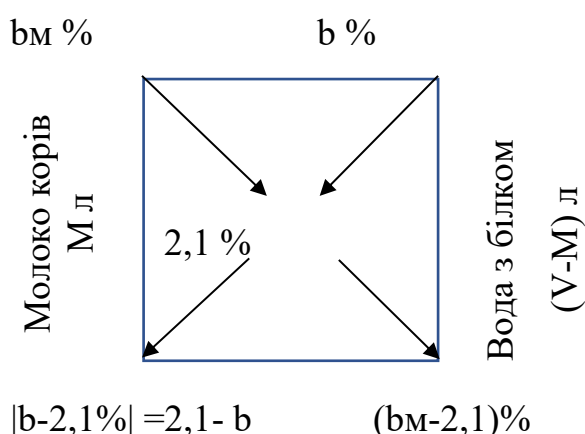


Рисунок 10. Виведення формули (13) розрахунку кількості білка, яку необхідно додати для отримання суміші запланованого об'єму, наближеній до молока кобил [розробка авторів]

Маємо пропорцію: $(2,1 - b):(b_M - 2,1) = M:(V - M)$; $(2,1 - b) \times (V - M) = M \times (b_M - 2,1)$; $2,1V - 2,1M - b \times (V - M) = Mb_M - 2,1M$; $b \times (V - M) = 2,1V - 2,1M - Mb_M + 2,1M$; $b \times (V - M) = 2,1V - b_M \times M$;

$$b = \frac{2,1V - b_M M}{V - M} = \frac{2,1V - b_M \times \frac{1,3V}{J_M}}{V - \frac{1,3V}{J_M}} = \frac{2,1V \times J_M - b_M \times 1,3V}{J_M} : \frac{V \times J_M - 1,3V}{J_M}. \text{ Звідси формула}$$

відсоткового вмісту білка в суміші з водою, %:

$$b = \frac{2,1V \times J_M - b_M \times 1,3V}{V \times J_M - 1,3V} = \frac{V(2,1J_M - 1,3b_M)}{V \times (J_M - 1,3)};$$

$$b = \frac{2,1J_M - 1,3b_M}{J_M - 1,3}$$

(12)

Визначимо B_c – кількість білка, яку слід додати до води, а відповідно і до суміші, г:

$$B_c = \frac{(V - M) \times \frac{2,1J_M - 1,3b_M}{J_M - 1,3}}{100\%} = \frac{(V - \frac{1,3V}{J_M}) \times (2,1J_M - 1,3b_M)}{100 \times (J_M - 1,3)} = \frac{V(J_M - 1,3) \times (2,1J_M - 1,3b_M)}{J_M \times 100(J_M - 1,3)}.$$

Звідси формула кількості білка, яку слід додати до води, а відповідно і до суміші, г:

$$B_c = \frac{V \times (2,1J_M - 1,3b_M)}{100J_M}, \quad (13)$$

де: B_c – кількість білка, яку слід додати до води, а відповідно і до суміші, г; V - кількість необхідної суміші, л; J_M – жирність коров'ячого молока, %; b_M - відсотковий вміст білка в коров'ячому молоці, %.

6.1.7 Перевірка отриманих результатів

Наприклад маємо коров'яче молоко, жирністю 3,4%, з вмістом цукру 4,6% та вмістом білка 3,2%. Визначити кількість молока і води, кількість цукру і білка для отримання 75 л суміші, подібної до молока кобил, тобто жирністю 1,3%, вмістом цукру 6,7% та білка 2,1%.

Для розрахунків скористаємося виведеними формулами. Спочатку розрахуємо кількість молока і води, використавши формулу 9, для отримання 75 л суміші, жирністю 1,3%.

$M = \frac{1,3V}{Жм}$ – формула кількості молока, яку слід взяти для суміші.

$$M = \frac{1,3 \times 75}{3,4} = 28,7 \text{ л} - \text{стільки необхідно взяти молока, жирністю } 3,4\%.$$

Решту об'єму буде займати вода: $75 - 28,7 = 46,3 \text{ л}$ - стільки необхідно взяти води.

Перевіримо, що жирність суміші в цьому випадку буде 1,3%.

Розрахуємо кількість жиру у 28,7 л молока, жирність якого 3,4%:

$$1 \text{ л} - 34 \text{ г}$$

$$28,7 - x \text{ г}; x = \frac{34 \times 28,7}{1} = 976 \text{ г. Ця ж кількість жиру міститься і в 75 л суміші}$$

молока і води. Розрахуємо жирність суміші:

$$976 \text{ г} - 75 \text{ л}$$

$$x \text{ л} - 1 \text{ л}; x = \frac{976 \times 1}{75} = 13 \text{ г, що становить } 1,3\%.$$

Розрахуємо кількість цукру, використавши формулу 11, яку слід додати до 75 л суміші, не враховуючи його вміст в молоці.

$$A_c = \frac{V(6,7 \times Жм - 1,3 \times h_m)}{100 \times Жм}, \quad \text{де:}$$

A_c – кількість цукру, яку слід додати до води, г; V - кількість необхідної суміші, л; h_m – процентний вміст цукру в молоці корів, %; $Жм$ – процентний вміст жиру в молоці корів, %; 6,7 – константа.

$$A_c = \frac{75(6,7 \times 3,4 - 1,3 \times 4,6)}{100 \times 3,4} = \frac{75(22,78 - 5,98)}{340} = \frac{75 \times 16,8}{340} = 3,71 \text{ кг.}$$

Перевіримо, що вміст цукру в 75 л суміші становитиме 6,7%. Спочатку розрахуємо кількість цукру в 28,7 л молока, відсотковий вміст якого складає 4,6%.

$$1 \text{ л} - 46 \text{ г}$$

$$28,7 \text{ л} - x \text{ л}; x = \frac{28,7 \times 46}{1} = 1320 \text{ г} = 1,32 \text{ кг.}$$

$$\text{Разом в суміші буде: } 1,32 + 3,71 = 5,03 \text{ кг.}$$

Обчислимо відсотковий вміст цукру в 75 л суміші.

$$75 \text{ л} - 5,03 \text{ кг}$$

$$1 \text{ л} - x \text{ кг}; x = \frac{5,03 \times 1}{75} = 0,067 \text{ кг, що становить } 6,7\%.$$

Використовуючи формулу 13, обчислимо кількість білка, яку необхідно додати до 75 л суміші, не враховуючи його вміст в молоці.

$$B_c = \frac{V \times (2,1J_m - 1,3b_m)}{100J_m}, \quad (13)$$

де: B_c – кількість білка, яку слід додати до води, а відповідно і до суміші, г; V - кількість необхідної суміші, л; J_m – жирність коров'ячого молока, %; b_m - відсотковий вміст білка в коров'ячому молоці, %.

$$B_c = \frac{75 \times (2,1 \times 3,4 - 1,3 \times 3,2)}{100 \times 3,4} = \frac{75 \times (7,14 - 4,16)}{340} = \frac{75 \times 2,98}{340} = 0,66 \text{ кг.}$$

Перевіримо, що вміст білка в 75 л суміші становитиме 2,1%. Спочатку розрахуємо кількість білка в 28,7 л молока, відсотковий вміст якого складає 3,2%.

$$1 \text{ л} - 32 \text{ г}$$

$$28,7 \text{ л} - x \text{ г}; x = \frac{28,7 \times 32}{1} = 918,4 \text{ г} = 0,92 \text{ кг.}$$

Загальна кількість білка в 75 л суміші складатиме: $0,66 \text{ г} + 0,92 \text{ г} = 1,58 \text{ кг}$.

Розрахуємо відсотковий вміст білка в 75 л суміші.

$$1,58 \text{ кг} - 75 \text{ л}$$

$$x \text{ кг} - 1 \text{ л}; x = \frac{1,58 \times 1}{75} = 0,021 \text{ кг, що становить } 2,1\%.$$

Отже для отримання 75 л суміші, подібної до молока кобил, слід взяти 28,7 л коров'ячого молока, жирністю 3,4%, 46,3 л води та додати 3,71 кг цукру та 0,66 кг білка.

Розрахунки для приготування певного об'єму суміші (V л) молока і води можна робити двома способами. За першим способом необхідно визначити у скільки разів потрібна кількість суміші (V л) більша від двох літрів і всі розраховані складові кількості молока за вмістом жиру (M), кількості цукру (A_c) та кількості білка (B_c) для двох літрів збільшити в певну кількість разів.

За другим способом скористуватися виведеними загальними формулами.

Для розрахунку кількості молока за вмістом жиру:

$$M = \frac{1,3V}{J_m}, \quad \text{де:}$$

M - кількість молока, яку слід взяти для суміші, г; 1,3 – константа; V - кількість необхідної суміші, л; J_m – жирність коров'ячого молока.

Для розрахунку кількості цукру:

$$A_c = \frac{V(6,7 \times Ж_m - 1,3 \times h_m)}{100 \times Ж_m}, \quad \text{де:}$$

A_c – кількість цукру, яку слід додати до води, г; V – кількість необхідної суміші, л; h_m – процентний вміст цукру в молоці корів, %; $Ж_m$ – процентний вміст жиру в молоці корів, %; 6,7 – константа.

Для розрахунку кількості білка:

$$B_c = \frac{V \times (2,1 Ж_m - 1,3 b_m)}{100 Ж_m}, \quad \text{де:}$$

B_c – кількість білка, яку слід додати до води, а відповідно і до суміші, г; V – кількість необхідної суміші, л; $Ж_m$ – жирність коров'ячого молока, %; b_m – відсотковий вміст білка в коров'ячому молоці, %.

Метод квадрату Пірсона дозволяє правильно розрахувати об'єм запланованої суміші на основі молока корів, а також співвідношення за основними складовими, наближеними до молока кобил для виробництва кумису.

Виведені для розрахунків формули в загальному вигляді показують їх працездатність і можуть бути запропоновані та рекомендовані для використання у господарствах не тільки з виробництва кумису, а й на підприємствах молочної промисловості.