

# Punkt zamarzania mleka wymieniowego krów objętych oceną użytkowości mlecznej

PIOTR BRZOWSKI, KRZYSZTOF ZDZIARSKI

Zakład Hodowli Bydła Wydziału Nauk o Zwierzętach SGGW, ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa

Brzowski P., Zdziarski K.

## Freezing point of udder-milk in milk-producing cows

### Summary

The aim of the study was to estimate the variability of freezing points of udder-milk samples collected from cows which were being tested for the utility of the milk itself as well as the relation of the season, chemical composition, somatic cells count and herd size to its value. Freezing point and the fat, protein, lactose, dry matter and somatic cell content were determined by CombiFoss 5000 apparatus in 196,891 samples of milk collected in 1,034 herds. In 98.75% of the milk samples the freezing point matched the requirements of the Polish regulations for bulk milk ( $\leq -0.512$ ). Freezing point value increased together with an increase in herd size and was higher in the autumn-winter period and lower in the pasture season. Milk freezing point decreased significantly when there was an increase of lactose, protein, fat and dry matter values. Lower freezing temperatures were related to lower somatic cell content in the milk.

**Keywords:** freezing point, cow milk

Badanie punktu zamarzania losowo pobranych próbek mleka surowego jest obowiązkiem zakładów mleczarskich, które w ten sposób stwierdzają, czy do mleka została dodana woda. Tylko mleko, do którego nie dodano wody, może być użyte do produkcji mleka spożywczego (9). Dopuszczalny punkt zamarzania mleka zbiorczego oznaczony krioskopem nie może być wyższy niż  $-0,512^{\circ}\text{C}$  (8). Rozwodnienie oceniane jest również w próbkach mleka wymieniowego pobranego w ramach oceny użytkowości mlecznej krów aparatami CombiFoss.

W celu określenia rozwodnienia mleka konieczna jest znajomość wartości naturalnego punktu zamarzania mleka bez dodatku wody. Określenie takiego punktu w dużej populacji krów jest dość trudne. Oprócz stosowanej aparatury i metody, wyniki badania punktu zamarzania mleka zależą bowiem również od sposobu pobrania próbki do badań. Nawet w czasie nadzorowanego procesu doju z nie do końca wysuszonych urządzeń do doju może się dostać do mleka pewna ilość wody używanej do mycia instalacji. Pewność braku „technologicznej” wody daje dopiero przepłukanie mlekiem instalacji do doju przed pobraniem próbki mleka (3, 11, 12). Wartość punktu zamarzania zależy też w niewielkim zakresie od tego, czy próbkę mleka pobrano z mleka pochodzącego z udoju rannego czy wieczornego (6) oraz od szeregu innych czynników, takich jak rasa krów, żywienie, pora roku czy stadium laktacji (3).

Dość dobrym wskaźnikiem naturalnej zmienności punktu zamarzania, mogą być wartości uzyskane z badania próbek pobieranych w ramach oceny użytkowości

mlecznej od poszczególnych krów, gdyż w tym przypadku raczej wykluczone jest celowe rozwadnianie mleka, możliwy jest natomiast nieumyślny dodatek wody pochodzącej z instalacji do doju.

Celem badań było określenie zmienności punktu zamarzania próbek mleka wymieniowego pobranych w ramach oceny użytkowości mlecznej w zależności od składu chemicznego mleka, zawartości w nim komórek somatycznych oraz pory roku i wielkości stada.

### Material i metody

W badaniach wykorzystano wyniki oznaczeń zawartości tłuszczu, białka, laktozy, suchej masy oraz komórek somatycznych i punktu zamarzania w 196 891 próbkach mleka wykonanych przez Centralne Laboratorium Oceny Mleka w Parzniewie w okresie od stycznia 1998 r. do sierpnia 1999 r. Wszystkie oznaczenia wykonano aparatem CombiFoss 5000. Próbkę mleka pobrano w 1034 stadach objętych oceną użytkowości mlecznej na terenie Polski centralnej.

Wyniki oznaczeń punktu zamarzania poddano analizie wariancji stosując model liniowy uwzględniający wpływ klasy wielkości stada (do 9, od 10 do 15, od 16 do 25, od 26 do 50, od 51 do 150 i powyżej 150 krów), miesiąca obserwacji (od stycznia do grudnia) oraz klasy zawartości laktozy w mleku (do 4,49%, od 4,50% do 5,00% i powyżej 5,00%).

Analizie wariancji poddano również dane dotyczące składu chemicznego mleka i zawartości w nim komórek somatycznych. Zastosowano model uwzględniający klasę wielkości stada, miesiąc obserwacji oraz klasę punktu zamarzania (do  $-0,515$ , od  $-0,515$  do  $-0,550$ , poniżej  $-0,550$ ). Obliczono również współczynniki korelacji pomiędzy punktem zamarzania a pozostałymi cechami mleka.

## Wyniki i omówienie

Średnia wartość punktu zamrażania w badanym materiale wynosiła  $-0,5331^{\circ}\text{C}$  (tab. 1) i była niższa niż obserwowana w badaniach prowadzonych w innych krajach, które w próbkach mleka zbiorczego pobranych po doju nadzorowanym wahały się od  $-0,529$  do  $-0,520^{\circ}\text{C}$  (po 11), w próbkach pobieranych rutynowo od  $-0,5310$  do  $-0,5234^{\circ}\text{C}$ , a w próbkach mleka pobieranych od poszczególnych krów od  $-0,531$  do  $-0,524$  (5). Uzyskana średnia była natomiast zbliżona do średniej z oznaczeń próbek mleka zbiorczego rutynowo pobranych w gospodarstwach rolników indywidualnych na północy Polski ( $-0,534^{\circ}\text{C}$ ) i oznaczonych na krioskopie (7) oraz uzyskanych w badaniach prowadzonych pod koniec lat 70. w Holandii (12). Tylko w 1,87% próbek stwierdzono punkt zamrażania wyższy niż  $-0,515^{\circ}\text{C}$ , czyli wyższy niż przyjęty w wielu krajach za wartość graniczną, powyżej której mleko uznawane jest za rozwodnione. Punkt zamrażania wyższy od  $-0,512$  (wartość określona w Polskiej Normie (8) jako najwyższa dopuszczalna) stwierdzono w 98,72% próbek, a niższy niż  $-0,580^{\circ}\text{C}$  (wartość uznawana za najniższą dopuszczalną przez niektóre zakłady mleczarskie) w 0,19% próbek.

Na wartość punktu zamrażania istotnie wpływała wielkość stada krów przy rysującej się tendencji do podwyższania się punktu zamrażania w stadach większych. Może to mieć związek z różnymi sposobami doju (przy doju ręcznym mniejsza jest możliwość przeniknięcia wody ze sprzętu udojowego), czy stosowanymi sposobami żywienia. U większej liczby krów w dużych stadach obserwowano okres ujemnego bilansu energetycznego w szczycie laktacji (6), co ma związek z ich przeważnie wyższą niż w mniejszych stadach wydajnością mleczną i trudniejszym zorganizowaniem żywienia uwzględniającego indywidualne potrzeby poszczególnych zwierząt. Znamienne, że mleko ze stad liczniejszych charakteryzowało się wyższym punktem zamrażania (tab. 1) pomimo niższej w nim zawartości białka i laktozy (tab. 2). Prawdopodobną przyczyną tych różnic może być też różny genotyp krów utrzymywanych w stadach o różnej wielkości. Stwierdzono bowiem, że zwiększanie skali chowu związane jest z równoczesnym wzrostem udziału genów bydła holsztyńskiego w genotypach krów (2).

Wyraźny i statystycznie istotny był również wpływ miesiąca pobrania próbki na wartość punktu zamrażania (tab. 1). Punkt zamrażania mleka był wyższy w okresie jesienno-zimowym, szczególnie w marcu, listopadzie i październiku, a wyraźnie niższy w okresie pastwiskowym od maja do września. Wahań wartości punktu zamrażania nie można wytłumaczyć wyłącznie wahaniami zawartości laktozy; dotyczy to zwłaszcza maja i czerwca. Zawartość laktozy jako wydzielony czynnik wpływa na punkt zamrażania w sposób jednoznaczny, obniżając jego wartość przy wyższych zawartościach. Zależność ta jest jednak w sposób oczywisty modyfikowana przez inne czynniki, o czym świadczy również stosunkowo niska wartość współczynnika korelacji pomiędzy wartością punktu zamrażania a zawartością laktozy wynosząca  $-0,213$  (tab. 3). Odwrotne zależności, tzn. podwyższenie punktu zamrażania mleka zbiorczego w lecie i obniżenie w zimie, stwierdzono w Bawarii (3), co związane

Tab. 1. Wpływ wielkości stada, miesiąca obserwacji i zawartości laktozy na wartość punktu zamrażania mleka (LSM  $\pm$  SE)

| Czynnik                      | Liczba obserwacji | Punkt zamrażania, $^{\circ}\text{C}$ |                |
|------------------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------|
| <b>Wielkość stada (szt.)</b> |                   |                                      |                |
| do 9                         | 45 017            | -0,5349                              | 0,00006        |
| 10-15                        | 70 862            | -0,5342                              | 0,00005        |
| 16-25                        | 35 023            | -0,5338                              | 0,00007        |
| 26-50                        | 12 792            | -0,5331                              | 0,00010        |
| 51-150                       | 17 904            | -0,5322                              | 0,00009        |
| powyżej 150                  | 15 293            | -0,5306                              | 0,00009        |
| Istotność różnic             |                   | $p \leq 0,01$                        |                |
| <b>Miesiąc obserwacji</b>    |                   |                                      |                |
| I                            | 15 490            | -0,5313                              | 0,00009        |
| II                           | 25 283            | -0,5327                              | 0,00008        |
| III                          | 27 683            | -0,5309                              | 0,00007        |
| IV                           | 8839              | -0,5274                              | 0,00012        |
| V                            | 10 558            | -0,5345                              | 0,00009        |
| VI                           | 12 969            | -0,5362                              | 0,00008        |
| VII                          | 38 038            | -0,5352                              | 0,00007        |
| VIII                         | 8678              | -0,5367                              | 0,00012        |
| IX                           | 21 587            | -0,5374                              | 0,00011        |
| X                            | 9623              | -0,5314                              | 0,00010        |
| XI                           | 10 273            | -0,5310                              | 0,00006        |
| XII                          | 7870              | -0,5331                              | 0,00012        |
| Istotność różnic             |                   | $p \leq 0,01$                        |                |
| <b>Zawartość laktozy</b>     |                   |                                      |                |
| do 4,49%                     | 31 333            | -0,5297                              | 0,00007        |
| 4,50-5,00%                   | 133 169           | -0,5329                              | 0,00004        |
| powyżej 5,00%                | 32 389            | -0,5368                              | 0,00007        |
| Istotność różnic             |                   | $p \leq 0,01$                        |                |
| <b>Razem</b>                 | <b>196 891</b>    | <b>-0,5331</b>                       | <b>0,00004</b> |

było z niższą zawartością białka w mleku w okresie letnim i ujemną korelacją pomiędzy tą cechą a punktem zamrażania, oraz w Ontario (10). W tab. 2 zestawiono średnie najmniejszych kwadratów dla cech składu mleka. Ewidentną prawidłowością jest towarzyszący obniżaniu się wartości punktu zamrażania mleka wzrost zawartości w nim tłuszczu, białka i laktozy oraz wyraźne zmniejszanie się liczby komórek somatycznych. Zależności te znalazły odbicie również w wartościach współczynników korelacji pomiędzy punktem zamrażania a składem mleka (tab. 3). Najsilniej związana z punktem zamrażania była zawartość laktozy. Mniejszy był wpływ zawartości białka w mleku, a jeszcze mniejszy zawartości tłuszczu. Podobne zależności obserwowano w innych badaniach (5, 10). Niewielki lecz statystycznie istotny był współczynnik korelacji pomiędzy punktem zamrażania mleka a zawartością w nim komórek somatycznych. Przy wzroście liczby komórek somatycznych zmniejsza

Tab. 2. Wpływ wielkości stada i miesiąca obserwacji na liczbę komórek somatycznych (tys.) oraz zawartość (%) tłuszczu, białka, laktozy i suchej masy (LSM ± SE)

| Czynnik                      | Liczba obserwacji | Liczba komórek somatycznych |        | Tłuszcz  |       | Białko   |       | Laktoza  |       | Sucha masa |       |
|------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|------------|-------|
| <b>Wielkość stada (szt.)</b> |                   |                             |        |          |       |          |       |          |       |            |       |
| do 9                         | 45 017            | 511,400                     | 5,468  | 4,168    | 0,004 | 3,385    | 0,002 | 4,747    | 0,001 | 12,963     | 0,005 |
| 10-15                        | 70 862            | 445,601                     | 4,435  | 4,172    | 0,003 | 3,376    | 0,002 | 4,752    | 0,001 | 12,969     | 0,004 |
| 16-25                        | 35 023            | 411,693                     | 6,207  | 4,221    | 0,004 | 3,381    | 0,002 | 4,754    | 0,002 | 13,029     | 0,006 |
| 26-50                        | 12 792            | 488,503                     | 10,065 | 4,274    | 0,007 | 3,431    | 0,004 | 4,749    | 0,003 | 13,132     | 0,010 |
| 51-150                       | 17 904            | 643,241                     | 8,596  | 4,242    | 0,006 | 3,390    | 0,003 | 4,730    | 0,002 | 13,037     | 0,008 |
| powyżej 150                  | 15 293            | 590,305                     | 9,226  | 4,212    | 0,007 | 3,421    | 0,004 | 4,737    | 0,002 | 13,030     | 0,009 |
| Istotność różnic             |                   | p ≤ 0,01                    |        | p ≤ 0,01 |       | p ≤ 0,01 |       | p ≤ 0,01 |       | p ≤ 0,01   |       |
| <b>Miesiąc obserwacji</b>    |                   |                             |        |          |       |          |       |          |       |            |       |
| I                            | 15 490            | 544,691                     | 9,234  | 4,384    | 0,007 | 3,512    | 0,004 | 4,699    | 0,002 | 13,386     | 0,009 |
| II                           | 25 283            | 474,035                     | 7,251  | 4,346    | 0,005 | 3,460    | 0,003 | 4,768    | 0,002 | 13,266     | 0,007 |
| III                          | 27 683            | 492,871                     | 6,983  | 4,268    | 0,005 | 3,425    | 0,003 | 4,753    | 0,002 | 13,170     | 0,007 |
| IV                           | 8839              | 500,316                     | 12,106 | 4,216    | 0,009 | 3,314    | 0,005 | 4,809    | 0,003 | 12,955     | 0,012 |
| V                            | 10 558            | 540,339                     | 11,067 | 4,119    | 0,008 | 3,307    | 0,004 | 4,857    | 0,003 | 12,844     | 0,011 |
| VI                           | 12 969            | 522,233                     | 9,992  | 3,934    | 0,007 | 3,210    | 0,004 | 4,832    | 0,003 | 12,583     | 0,010 |
| VII                          | 38 038            | 555,543                     | 6,063  | 3,909    | 0,004 | 3,177    | 0,002 | 4,722    | 0,002 | 12,544     | 0,006 |
| VIII                         | 8678              | 562,534                     | 12,230 | 3,963    | 0,009 | 3,234    | 0,005 | 4,705    | 0,003 | 12,655     | 0,012 |
| IX                           | 21 587            | 554,733                     | 7,865  | 4,090    | 0,006 | 3,394    | 0,003 | 4,712    | 0,002 | 12,924     | 0,008 |
| X                            | 9623              | 469,784                     | 11,599 | 4,335    | 0,008 | 3,541    | 0,005 | 4,719    | 0,003 | 13,065     | 0,011 |
| XI                           | 10 273            | 488,596                     | 11,225 | 4,509    | 0,008 | 3,598    | 0,004 | 4,723    | 0,003 | 13,381     | 0,011 |
| XII                          | 7870              | 475,812                     | 12,920 | 4,507    | 0,009 | 3,597    | 0,005 | 4,637    | 0,003 | 13,546     | 0,013 |
| Istotność różnic             |                   | p ≤ 0,01                    |        | p ≤ 0,01 |       | p ≤ 0,01 |       | p ≤ 0,01 |       | p ≤ 0,01   |       |
| Razem                        | 196 891           | 515,124                     | 3,348  | 4,215    | 0,002 | 3,397    | 0,001 | 4,745    | 0,001 | 13,027     | 0,003 |

Tab. 3. Współczynniki korelacji pomiędzy wartością punktu zamarzania a zawartością tłuszczu, białka, laktozy, suchej masy i komórek somatycznych

|                  | Tłuszcz | Białko  | Laktoza | Sucha masa | Komórki somatyczne |
|------------------|---------|---------|---------|------------|--------------------|
| Punkt zamarzania | -0,113* | -0,165* | -0,213* | -0,192*    | +0,035*            |

Objaśnienie: \* p ≤ 0,01

się w mleku zawartość laktozy (1), co powoduje wzrost wartości punktu zamarzania.

### Wnioski

1. Pomimo wysoko istotnego statystycznie wpływu uwzględnionych w badaniach czynników na wartość punktu zamarzania, 98,75% próbek spełniało wymagania Polskiej Normy dla mleka zbiorczego. Świadczy to o dobrym dostosowaniu regulacji prawnych w tym zakresie do warunków krajowych.

2. Zagadnienie punktu zamarzania mleka wymaga dalszych badań, a w szczególności określenia wpływu na jego wartość takich czynników, jak rasa, stadium laktacji czy żywienie.

### Piśmiennictwo

- Brzozowski P., Ludwiczuk K., Zdziarski K.: Liczba komórek somatycznych w mleku krów objętych oceną użyteczności mlecznej w Polsce Centralnej. Zesz. Nauk. Przegł. Hod. 1999, 44, 83-90.
- Brzozowski P., Sawa A., Zdziarski K.: Porównanie struktury genetycznej aktywnej populacji krów czarno-białych z regionu kujawsko-pomorskiego i Polski centralnej. Roczn. Nauk. Zoot. 2002, t. 2, 5-12.
- Buchberger J.: Zum Einfluss sogenannter Umweltfaktoren auf den Gefrierpunkt. Lebensmittelindust. Milchwirtsch. 2000, 121, 1054-1059.
- Coveney L.: The freezing point depression of authenticated and bulk vat milk: results of surveys 1989-1991. J. Soc. Dairy Technol. 1993, 46, 43-46.
- Elschner M., Jacobi U., Buchberger J., Gruen E.: Untersuchungen zum Gefrierpunkt von Kuhmilch am Beispiel eines grossen Milcherzeugerbetriebes. Teil 1. Lebensmittelind. Milchwirtsch. 1997, 118, 162-169.
- Elschner M., Jacobi U., Buchberger J., Gruen E.: Untersuchungen zum Gefrierpunkt von Kuhmilch am Beispiel eines grossen Milcherzeugerbetriebes. Teil 2. Lebensmittelind. Milchwirtsch. 1997, 118, 188-192.
- Grodzki H., Grabowski R., Karaszewska A., Zdziarski K.: Wpływ sezonu i kolejnych lat oceny mikrobiologicznej mleka na jego jakość. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 1998, Konferencje XVII, 331, 71-76.
- PN-A-86002 Mleko surowe do skupu. Wymagania i badania. Polski Komitet Normalizacyjny, luty 1999.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 lipca 2002 r. w sprawie szczegółowych warunków weterynaryjnych wymaganych przy pozyskiwaniu, przetworzeniu, składowaniu i transporcie mleka oraz przetworów mlecznych. Dz. U. Nr 117, poz. 1011.
- Schukken Y. H., Fulton C. D., Leslie K. E.: Freezing point of bulk milk in Ontario – an observational study. J. Food Prot. 1992, 55, 995-998.
- Slaghuis B. A.: The freezing point of authentic and original farm bulk tank milk in the Netherlands. Internat. Dairy J. 2001, t. 11, 121-126.
- Zee B., Drogjt J., Giesen Th. J. J.: The freezing point of authentic farm tank milk in the Netherlands. Neth. Milk Dairy J. 1982, 36, 291-303.

Adres autora: prof. dr hab. Piotr Brzozowski, ul. Komorowska 5a, 05-806 Komorów