

## **Wpływ dodatku błonnika i różnych szczepów probiotycznych na przeżywalność bakterii, biodostępność makroelementów oraz jakość lodów z mleka owczego**

### **Streszczenie:**

Produkty na bazie mleka owczego, ze względu na swoje właściwości odżywcze i antyalergiczne, stanowią czołową pozycję w żywności funkcjonalnej i mogą być dobrym nośnikiem bakterii probiotycznych i prebiotyków. W produkcji żywności najczęściej wykorzystywane są bakterie probiotyczne z rodzaju *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Dodatek prebiotyków do produktów mlecznych, takich jak lody z mleka owczego, jest doskonałą alternatywą dla suplementacji błonnika w zalecanych dawkach, zwiększając ich wartość odżywczą, a także poprawiając parametry jakościowe produktu.

Celem pracy było określenie możliwości zastosowania 5 różnych szczepów probiotycznych (*Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12, *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactocaseibacillus paracasei* L-26, *Lactocaseibacillus casei* 431, *Lactobacillus acidophilus* LA-5) w produkcji lodów z mleka owczego z dodatkiem inuliny i błonnika jabłkowego. Określono również właściwości fizykochemiczne mieszanek lodowych bezpośrednio po kondycjonowaniu oraz lodów po 7 i 21 dniach przechowywania zamrażalniczego. Postanowiono także określić biodostępność makroelementów (wapń, magnez, potas, fosfor) oraz przeżywalność szczepów probiotycznych w warunkach symulowanego trawienia *in vitro*.

Zastąpienie części dodatku inuliny dodatkiem 1,5% błonnika jabłkowego obniżyło wartość pH mieszanek lodowych jeszcze przed fermentacją, w porównaniu z próbami z 4% dodatkiem inuliny. Również po fermentacji mieszanki lodowe z błonnikiem jabłkowym charakteryzowały się istotnie niższą wartością pH, pociemnieniem barwy, zwiększonym udziałem barwy czerwonej niż mieszanki sporządzone wyłącznie z inuliną. Przeprowadzone badania wskazują, że istotnym problemem jest dobór bakterii probiotycznych do fermentacji mieszanek z mleka owczego, gdyż częściowe zastąpienie inuliny błonnikiem jabłkowym zmienia warunki fermentacji. W mieszance z dodatkiem 1,5% błonnika jabłkowego stwierdzono niższą liczbę komórek *L. casei* po fermentacji. Z kolei dodatek ten przyczynił się do istotnego wzrostu liczby komórek *L. acidophilus* w mieszance po fermentacji. Natomiast dodatek 1,5% błonnika jabłkowego nie wpłynął istotnie na wzrost *B. animalis*, *L. paracasei* i *L. rhamnosus*. Proces zamrażania zmniejszył populację żywych komórek bakterii probiotycznych we wszystkich grupach lodów, tylko w lodach z *L. rhamnosus* nie stwierdzono istotnej redukcji populacji bakterii bezpośrednio po zamrożeniu. Szczep probiotyczny użyty do fermentacji kształtował w lodach: wartość pH, zawartość kwasu mlekowego, składowe barwy, puszystość i cechy organoleptyczne lodów. Nie wykazano istotnych różnic w zawartości kwasu mlekowego w lodach z inuliną oraz w lodach z błonnikiem jabłkowym w zależności od czasu przechowywania. Wydłużenie czasu przechowywania z 7 do 21 dni przyczyniło się do zwiększenia jasności barwy L\* we wszystkich grupach lodów. Dodatek błonnika zwiększył napowietrzenie lodów w porównaniu do ich odpowiedników z inuliną. W każdej grupie lodów wydłużenie czasu przechowywania skutkowało istotnym skróceniem czasu

spłynięcia pierwszej kropli. Również całkowity czas topnienia skracał się wraz z wydłużeniem czasu przechowywania. Po 7 dniach przechowywania zamrażalniczego w temperaturze  $-22^{\circ}\text{C}$  liczba żywych komórek bakterii probiotycznych we wszystkich grupach lodów obniżyła się w porównaniu z liczbą komórek po zamrożeniu. Dalsze wydłużenie czasu przechowywania lodów z 7 do 21 dni nie wpłynęło istotnie na liczbę komórek probiotyku we wszystkich grupach lodów. Najkorzystniejszą przeżywalnością w czasie przechowywania charakteryzował się szczep *Lacticaseibacillus paracasei*, co predysponuje je do wykorzystania w produkcji probiotycznych lodów z mleka owczego. Dodatek błonnika jabłkowego wpłynął na wygląd lodów z mleka owczego. Lody z mleka owczego z błonnikiem były ciemniejsze, bardziej czerwone i cechowały się mniejszą gładkością i większą piaszczystością niż lody zawierające wyłącznie inulinę. Wyniki oceny cech organoleptycznych wskazują brak istotnego wpływu czasu przechowywania na te parametry. W badanych lodach z mleka owczego wykazano bardzo korzystną proporcję zawartości wapnia do fosforu ponieważ wynosiła od 1,28:1 do 1,32:1 (zalecany korzystny stosunek wynosi 1:1 lub 1,5:1) co wskazuje, że lody te mogą być bardzo dobrym źródłem wapnia. Największą biodostępność wapnia, w zależności od rodzaju zastosowanych szczepów bakterii probiotycznych, wykazano dla lodów fermentowanych przez *Lacticaseibacillus paracasei*. A największą biodostępnością fosforu charakteryzowały się lody fermentowane przez *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*. Z kolei biodostępność magnezu najwyższa była w lodach fermentowanych przez *Lacticaseibacillus casei*. Natomiast nie wykazano wpływu szczepu bakterii zastosowanego do produkcji lodów na biodostępność potasu. Biodostępność wapnia i magnezu z lodów z mleka owczego ograniczał dodatek błonnika. Obniżenie biodostępności tych makroelementów zależało od rodzaju błonnika, a najbardziej ograniczał biodostępność dodatek 4% błonnika jabłkowego, o 6–12%. Dodanie 4% inuliny zmniejszyło biodostępność wapnia o około 3–5%, a dodatek 2,5% inuliny z 1,5% błonnika jabłkowego zmniejszył biodostępność wapnia o 4–8%. Natomiast dodatek 4% błonnika jabłkowego nie wpłynął znacząco na biodostępność fosforu w lodach. Z kolei biodostępność potasu była wyższa w lodach bez dodatków niż w lodach z błonnikiem. Przeprowadzone badania dotyczące wpływu zastosowanego szczepu na przeżywalność probiotyków w warunkach trawienia *in vitro* w porównaniu do liczby komórek przed trawieniem wskazują, że w lodach bez dodatku błonnika najwyższy wskaźnik przeżywalności uzyskał *Lactobacillus acidophilus* (>80%). Najmniejszą przeżywalność (<50%) wykazano dla szczepu *Lacticaseibacillus rhamnosus*. Przeżywalność szczepów *Lacticaseibacillus paracasei*, *Lacticaseibacillus casei*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* przekraczała 50%, w porównaniu do liczby komórek bakterii w lodach przed trawieniem. Zastosowanie inuliny i błonnika jabłkowego w produkcji lodów kształtowało przeżywalność szczepów probiotycznych w symulowanym przewodzie pokarmowym. Dodatek 4% inuliny zwiększył przeżywalność *Lacticaseibacillus rhamnosus* o ok. 10%, a szczepu *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* o ok. 22% w porównaniu z przeżywalnością w lodach bez dodatku. Natomiast dodatek samego błonnika jabłkowego poprawił przeżywalność *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* w warunkach trawienia *in vitro* jedynie o około 6%. W przypadku *Lacticaseibacillus casei*, *Lacticaseibacillus paracasei* i *Lactobacillus acidophilus* dodatek 4% błonnika jabłkowego zwiększył przeżywalność w warunkach przejścia przez przewód pokarmowy o 5,7–11,2%.

Wskazanie jednego szczepu, którego zastosowanie w produkcji lodów będzie najkorzystniejsze ze względów zarówno technologicznych jak i biodostępności makroelementów

oraz przeżywalności w układzie pokarmowym jest dużym wyzwaniem. Biorąc pod uwagę proces technologiczny (fermentację, zamrażanie, przechowywanie zamrażalnicze) najbardziej preferowanym byłby szczep *Lactocaseibacillus rhamnosus*. Natomiast przeprowadzone badania symulowanego trawienia wskazują szczep *Lactocaseibacillus acidophilus*, ze względu na bardzo dobrą przeżywalność w układzie pokarmowym zapewniającą efekt terapeutyczny. Otrzymane rezultaty badań mogą być wykorzystane do projektowania nowych funkcjonalnych produktów mlecznych, które łączą korzyści probiotyczne ze zwiększoną zawartością prebiotyków. Badane synbiotyczne lody z mleka owczego mogą stanowić dobre źródło uzupełnienia niedoborów makroelementów w codziennej diecie człowieka.