

## SNIŽOVÁNÍ OBSAHU SOLI V LISOVANÝCH BÍLÝCH SÝRECH

Irena Němečková<sup>1</sup>, Šárka Trešlová<sup>1</sup>, Jan Forejt<sup>1</sup>,  
Zdeněk Švandrlík<sup>1</sup>, Vojtěch Kružík<sup>2</sup>, Štěpán Marhons<sup>2</sup>,  
Jiří Štětina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o.

<sup>2</sup> Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

### Reducing of salt content in pressed white cheeses

#### Souhrn

Snižování obsahu soli v bílých sýrech je z nutričního hlediska žádoucí, avšak sůl je pro dosažení typických vlastností těchto sýrů nezbytná. Tato práce zkoumá vliv obsahu soli na parametry lisovaných bílých sýrů balených v polymerní fólii. Ve spolupráci s mlékárnou byly v reálné solné lázni vyrobené sýry soleny po dobu 0; 0,5; 2; 5 nebo 7 h a dosaženo bylo koncentrací soli v sýru od 0,2 do 3,2 g/100 g. Sýry solené 2 h (2,2 g/100 g soli) představovaly určitý předěl mezi vzorky rozdílných senzorických a texturních vlastností. Během skladování se kyselost méně slaných sýrů postupně zvyšovala a tyto sýry vykazovaly senzorické a texturní vady. Více slané sýry vykazovaly vlastnosti typické pro bílé sýry, nicméně navzájem se svými senzorickými a texturními vlastnostmi lišily. Sýry s obsahem soli cca 2,0 až 2,5 g/100 g mohou představovat zajímavé výrobní inovace na pomezí mezi čerstvými netermizovanými a bílými sýry.

**Klíčová slova:** reformulace sýrů; solení sýrů v solné lázni; senzorické vady; trvanlivost; texturní profilová analýza; mikrobiologické parametry sýrů

#### Summary

The reducing of salt content in white cheeses is nutritionally desirable but salt is necessary to reach the typical characteristics of these cheeses. This study is focused on the influence of salt content on the parameters of pressed white cheeses packaged in plastic foils. In a cooperation

with dairy-plant, produced cheeses were brined in a real brining bath for 0; 0.5; 2; 5 or 7 hours. Salt content in the cheeses reached values from 0.2 to 3.2 g/100 g. The cheeses brined for 2 hours (salt 2.2 g/100 g) somehow represented a borderline between samples with different sensory and textural characteristics. During storage, the acidity of less salted cheeses gradually increased and these cheeses showed sensory and textural defects. More salted cheeses showed characteristics typical for white cheeses. Nevertheless, they respectively differed in their sensory and textural characteristics. Cheeses containing from about 2.0 to 2.5 g/100 g of salt could be interesting product innovations in a boundary between fresh cheeses without heat-treatment and white cheeses.

**Keywords:** cheese reformulation; cheese brining; sensory defects; shelf-life; texture profile analysis; microbiological parameters of cheeses

#### Úvod

Tato práce volně navazuje na článek, který publikovali Němečková a kol. (2020) o snižování obsahu soli v čerstvých netermizovaných sýrech. V daném článku uvedené zdůvodnění významu i úskalí reformulace obsahu soli platí pro sýry obecně, a tedy i pro sýry bílé. Cílem této práce je posoudit vliv snižování obsahu soli v lisovaných bílých sýrech na jejich mikrobiologické, senzorické a texturní parametry.

Bílé sýry sice v ČR patří mezi méně často konzumované sýry, ale na druhou stranu mají relativně vysoký obsah soli, a to přibližně mezi 2,5 a 5,0 g/100 g. Dlužno poznamenat, že i tyto sýry dostupné v tržní síti už jsou svým způsobem reformulované.

Původní varianty těchto sýrů totiž mají obsah soli přibližně dvojnásobně vyšší. Tyto varianty se balí po více kusech sýrů se solným nálevem společně a z ČR se majoritně exportují do třetích zemí – typicky do arabských zemí s horkým a suchým podnebím. Sůl má v těchto koncentracích významný konzervační účinek nutný pro zajištění trvanlivosti a bezpečnosti, a to i v náročných podmínkách skladování. Sýry se před použitím odsolují a následně používají jako jedna ze základních surovin tradiční kuchyně.

Bílé sýry dostupné v ČR v tržní síti jsou určeny k přímé spotřebě a o odsolování se obvykle neuvažuje. Proto mají obsah soli oproti původním variantám snížený. Typicky se tyto sýry konzumují společně s dalšími potravinami, např. ve formě salátů, jednohubek, apod., čímž se celková slanost pokrmu určitým způsobem snižuje. Způsob použití těchto sýrů se odráží také v řadě variant ochucených různými druhy koření či v inovacích balení. Kromě klasických balení jednotlivých kusů sýrů s nálevem nebo bez nálevu jsou rozšířené také ready-to-use nakrájené kousky. Obsah soli v těchto sýrech je výrobcí volen zejména s ohledem na senzorické, aplikační a texturní vlastnosti.

## Materiál a metody

### Výroba sýrů

V provozních podmínkách sýrárny byly vyrobeny lisované bílé sýry podle standardně používaného výrobního postupu, jedinou modifikací bylo zkrácení doby solení v solné lázni. Doba solení byla volena s ohledem na organizaci práce výrobních směn a stanovena na 0; 0,5; 2; 5 a 7 hodin. Jednalo se o sýry o hmotnosti 125 g, přičemž každý kus sýra byl zabalen samostatně bez nálevu do polymerní fólie.

Vyrobené sýry byly uchovávány při teplotě  $5 \pm 1$  °C po dobu až 40 dní. Hodnocení bylo provedeno po 5, 12, 26 a 40 dnech po výrobě.

### Chemické a fyzikálně-chemické parametry

Provedeny byly tyto analýzy:

- stanovení aktivní kyselosti vpichovým pH metrem inoLab pH 720 (WTW, Weilheim, G);
- stanovení titrační kyselosti podle Soxhlet-Henkela;
- stanovení obsahu sušiny gravimetricky sušením při 104 °C do konstantní hmotnosti;
- stanovení obsahu tuku butyrometricky;
- stanovení aktivity vody pomocí přístroje AwSprint (Novasina, CH) při konstantní teplotě 25 °C;
- stanovení nižších organických kyselin izotachoforetickým analyzátozem EA 02 (VILLA Labeco, SK);
- orientační stanovení obsahu chloridů titrační argentometrickou metodou podle Mohra;
- stanovení obsahu sodíku metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS) při 589,0 nm s využitím ČSN EN 1134 (1996).

Metodicky byla využita publikace Černé a Mergela (1971).

### Mikrobiologické parametry

Provedeny byly tyto analýzy:

- stanovení kvasinek a plísní pomocí živné půdy GKCH (MILCOM a.s., CZ) a aerobní kultivace při 25 °C po dobu 3-5 dnů;
- stanovení termorezistentních mezofilních mikroorganismů pomocí živné půdy GTK-AB s přelivem 1,2 % vodním agarem (MILCOM a.s., CZ) a aerobní kultivace

při 30 °C po dobu 3 dnů, přičemž vzorky byly před samotným stanovením inaktivovány ve vodní lázni záhřevem při 85 °C po dobu 10 minut;

- stanovení koliformních mikroorganismů a *Escherichia coli* pomocí Chromogenního agaru (MILCOM a.s., CZ) a aerobní kultivace při 37 °C po dobu 24 hodin;
- stanovení fakultativně heterofermentativních laktobacilů pomocí živné půdy FHN (MILCOM a.s., CZ) s přídavkem vancomycinu (0,5 ml/100 ml) a kyseliny nalidixové (0,5 ml/100 ml) a anaerobní kultivace při 37 °C po dobu 6 dnů;
- stanovení mezofilních mléčných koků pomocí živné půdy M17 (Lab M Limited, UK) a aerobní kultivace při 30 °C po dobu 3 dnů;
- stanovení halotolerantních mikroorganismů pomocí Mannitol salt agaru (Lab M Limited, UK) a aerobní kultivace při 30 °C po dobu 3 dnů;
- stanovení bakterií rodu *Enterococcus* pomocí živné půdy KEA (Oxoid, UK) a aerobní kultivace při 42 °C po dobu 2 dnů.

### Senzorické hodnocení

Senzorické hodnocení probíhalo v panelu 6-8 odborných senzorických posuzovatelů, kteří se slovním popisem vzorků soustředili na přiměřenost slané chuti a možný výskyt vad či nestandardnosti ve vzhledu, konzistenci, chuti a vůni sýrů. Hodnotitelé rovněž sestavili pořadí vzorků sýrů od nejhoršího k nejlepšímu.

### Texturní profilová analýza

Ze střední části bločku sýra byl kolmo k základně vykrojen hranol o základně 1,5 x 1,5 cm a výšce cca 3 cm dané rozměrem bločku sýra. Takto byly připraveny vzorky ze tří bločků sýra, každý bloček byl proměřen dvojmo (výsledky jsou tedy průměrem ze šesti stanovení). Pomocí texturometru TA-XT PLUS (Stable Micro Systems, UK) bylo provedeno opakované stlačení vzorku mezi paralelními deskami na deformaci 85 % rychlostí 50 mm/min s prodlevou 5 s po prvním stlačení. Povrch sýra byl detekován při dosažení síly 0,05 N. Ze získané zatěžovací křivky byly vyhodnoceny deskriptory textury vnímané v ústech definovaných normou ČSN ISO 5492 (2009):

- tvrdost – síla při maximální deformaci;
- lomivost – síla na mezi pevnosti (lokální maximum síly při překonání pevnosti struktury sýra);
- přilnavost – práce na překonání lepivosti vzorku na sondu (plocha pod zatěžovací křivkou při návratu sondy na povrch vzorku);
- pružnost – poměr výšky vzorku při druhém a prvním stlačení (poměr časů doby trvání kladné síly při druhém a prvním stlačení);
- soudržnost – poměr práce potřebné na druhé a první stlačení vzorku (poměr ploch pod zatěžovací křivkou při druhém a prvním stlačení);
- houževnatost – poměr mechanické energie, která se ve vzorku při prvním stlačení uchová (poměr ploch pod zatěžovací křivkou při prvním stlačení a uvolnění vzorku).

Dále byly vyjádřeny následující mechanické veličiny podle ISO/TS 17996 (2006):

- zdánlivá mez pevnosti (napětí při překonání pevnosti struktury sýra);
- deformace na mezi pevnosti;
- modul deformovatelnosti.

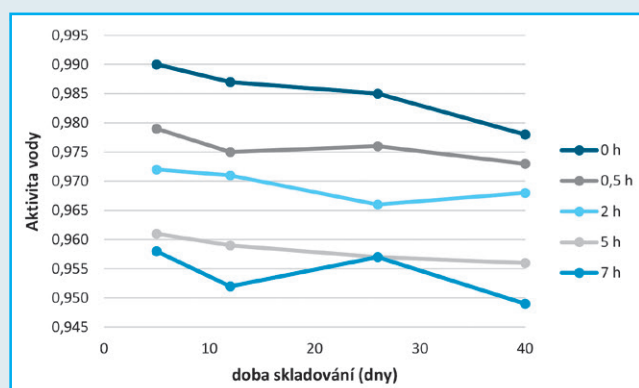
## Výsledky a diskuze

Základní chemické parametry sýrů, které nezávisely na době skladování, jsou uvedeny v tab. 1. Sýry měly sušinu přibližně 44,5 g/100 g a obsah tuku přibližně 21,0 g/100 g. Obsah soli se pohyboval v přibližném rozmezí od 0,2 do 3,2 g/100 g, přičemž oběma metodami stanovení (chloridy titračně, sodík pomocí AAS) bylo dosaženo srovnatelných výsledků. Důvodem je relativně nízký obsah přidaného chloridu vápenatého, který celkový obsah chloridů v tomto druhu sýra významně nenavýšuje.

Doba solení sýrů ovlivnila nejen obsah soli v sýrech, ale také aktivitu vody (obr. 1). Kromě toho byla aktivita vody ovlivněna také biochemickými reakcemi probíhajícími v průběhu skladování sýrů. Nezávisle na obsahu soli v sýrech aktivita vody během 40 dnů skladování klesla přibližně o 0,03. Vzhledem k výsledkům diskutovaným dále se lze domnívat, že je tento pokles způsoben sumou drobných příspěvků jednotlivých probíhajících reakcí a že jej tedy nelze s některou z reakcí jednoznačně spárovat.

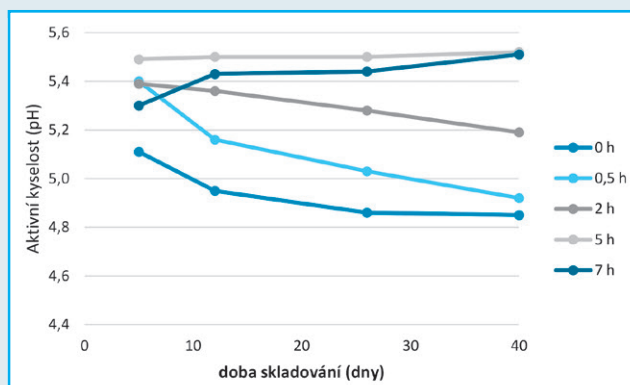
**Tab. 1** Základní chemické parametry sýrů – průměrné hodnoty naměřené během skladování

| Doba solení (h) | Obsah soli stanovený titrací chloridů (g/100 g) | Obsah soli stanovený AAS sodíku (g/100 g) | Tuk (g/100 g) | Sušina (g/100 g) |
|-----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------|------------------|
| 0               | 0,17 ± 0,01                                     | 0,23 ± 0,02                               | 21,0 ± 0,0    | 44,02 ± 0,27     |
| 0,5             | 1,40 ± 0,03                                     | 1,54 ± 0,15                               | 20,5 ± 0,5    | 43,47 ± 1,44     |
| 2               | 2,14 ± 0,11                                     | 2,18 ± 0,04                               | 21,0 ± 0,0    | 43,99 ± 0,92     |
| 5               | 3,06 ± 0,08                                     | 2,99 ± 0,13                               | 21,0 ± 0,0    | 45,13 ± 0,49     |
| 7               | 3,26 ± 0,02                                     | 3,10 ± 0,12                               | 21,5 ± 0,5    | 45,39 ± 0,52     |

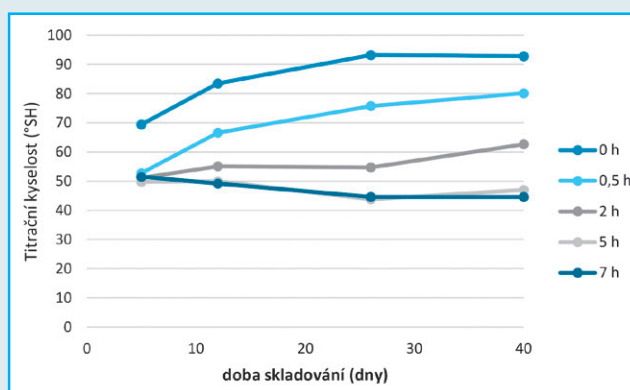


**Obr. 1** Aktivita vody v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu

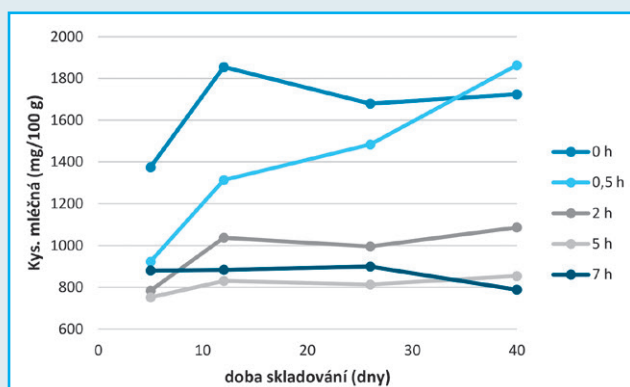
Trojice obr. 2 až 4 ilustruje dokysávání probíhající během skladování sýrů solených po kratší dobu (2 h a méně). Ani obsah soli přibližně 2,2 g/100 g nebyl



**Obr. 2** Aktivní kyselost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



**Obr. 3** Titrační kyselost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



**Obr. 4** Obsah kyseliny mléčné v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu

dostatečně vysoký na to, aby v tomto druhu sýra omezil aktivitu mikroorganismů využívajících laktosu za vzniku kyseliny mléčné. Nárůst obsahu kyseliny mléčné se projevuje poklesem pH a nárůstem titrační kyselosti.

V tab. 2 jsou uvedeny výsledky stanovení vybraných organických kyselin. Kromě těchto kyselin byly stanovovány také kyselina propionová (produkt propionového kvašení) a kyselina máselná (produkt máselného kvašení), které byly pod mezí detekce, a kyselina mléčná, které je věnován obr. 4. Nejvýraznější změny byly pozorovány v obsahu kyseliny mléčné, zatímco u ostatních stanovených kyselin nebyly změny tolik patrné. Do souvislosti s metabolickou aktivitou zákysových mikroorganismů *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis*

**Tab. 2** Obsah vybraných organických kyselin v průběhu skladování sýrů

| Doba solení (h) | Doba skladování (dny) | Kys. mravenčí (mg/100 g) | Kys. citronová (mg/100 g) | Kys. jantarová (mg/100 g) | Kys. asparagová (mg/100 g) | Kys. octová (mg/100 g) | Kys. glutamová (mg/100 g) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|
| 0               | 5                     | 13                       | 17                        | 17                        | 17                         | 123                    | 21                        |
|                 | 12                    | 14                       | 9                         | 20                        | 18                         | 109                    | 17                        |
|                 | 26                    | 12                       | 7                         | 20                        | 19                         | 133                    | 27                        |
|                 | 40                    | 12                       | 10                        | 21                        | 16                         | 93                     | 26                        |
| 0,5             | 5                     | 10                       | 49                        | 14                        | 12                         | 117                    | 36                        |
|                 | 12                    | 15                       | 27                        | 14                        | 14                         | 93                     | 15                        |
|                 | 26                    | 13                       | 16                        | 17                        | 16                         | 172                    | 23                        |
|                 | 40                    | 9                        | 13                        | 18                        | 15                         | 112                    | 32                        |
| 2               | 5                     | 10                       | 41                        | 9                         | 11                         | 86                     | 34                        |
|                 | 12                    | 13                       | 29                        | 16                        | 12                         | 109                    | 28                        |
|                 | 26                    | 12                       | 22                        | 16                        | 13                         | 174                    | 21                        |
|                 | 40                    | 10                       | 13                        | 15                        | 12                         | 102                    | 23                        |
| 5               | 5                     | 11                       | 47                        | 15                        | 11                         | 111                    | 23                        |
|                 | 12                    | 13                       | 40                        | 16                        | 11                         | 76                     | 27                        |
|                 | 26                    | 12                       | 31                        | 17                        | 12                         | 122                    | 35                        |
|                 | 40                    | 10                       | 34                        | 16                        | 12                         | 100                    | 43                        |
| 7               | 5                     | 12                       | 40                        | 18                        | 13                         | 98                     | 18                        |
|                 | 12                    | 11                       | 33                        | 16                        | 11                         | 80                     | 17                        |
|                 | 26                    | 10                       | 23                        | 19                        | 11                         | 110                    | 21                        |
|                 | 40                    | 11                       | 20                        | 18                        | 13                         | 88                     | 32                        |

**Tab. 3** Mikrobiologické parametry v průběhu skladování sýrů

| Doba solení (h) | Doba skladování (dny) | Koliformní bakterie (log KTJ/g) | <i>E. coli</i> (log KTJ/g) | Enterokoky (log KTJ/g) | Halotolerantní mikroorganismy (log KTJ/g) | Termorezistentní mikroorganismy (log KTJ/g) | Kvasinky (log KTJ/g) | Plísňe (log KTJ/g) | Mezofilní mléčné koky (log KTJ/g) | Fakultativně heterofermentativní laktobacily (log KTJ/g) |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0               | 5                     | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 2,82                                      | 2,53                                        | < 1                  | < 1                | 8,49                              | 2,72                                                     |
|                 | 12                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 2,52                                      | 2,91                                        | < 1                  | < 1                | 8,11                              | 2,91                                                     |
|                 | 26                    | < 1                             | < 1                        | 1,00                   | 2,41                                      | 2,58                                        | < 1                  | < 1                | 8,11                              | 3,68                                                     |
|                 | 40                    | < 1                             | < 1                        | 1,18                   | 2,62                                      | 2,60                                        | < 1                  | < 1                | 7,76                              | 3,36                                                     |
| 0,5             | 5                     | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,45                                      | 3,20                                        | 1,00                 | < 1                | 8,18                              | 2,38                                                     |
|                 | 12                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 4,18                                      | 2,75                                        | < 1                  | < 1                | 8,36                              | 2,83                                                     |
|                 | 26                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,71                                      | 2,74                                        | 2,51                 | < 1                | 8,18                              | 4,76                                                     |
|                 | 40                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,46                                      | 2,76                                        | 2,23                 | < 1                | 7,98                              | 4,49                                                     |
| 2               | 5                     | 1,00                            | < 1                        | < 1                    | 3,48                                      | 2,51                                        | 1,00                 | < 1                | 8,11                              | 2,65                                                     |
|                 | 12                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,30                                      | 2,93                                        | < 1                  | < 1                | 7,96                              | 2,63                                                     |
|                 | 26                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,95                                      | 2,54                                        | 3,28                 | 1,00               | 7,56                              | 5,11                                                     |
|                 | 40                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,67                                      | 2,46                                        | 1,85                 | < 1                | 7,68                              | 5,68                                                     |
| 5               | 5                     | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,67                                      | 2,26                                        | 1,46                 | < 1                | 8,11                              | 2,58                                                     |
|                 | 12                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 4,23                                      | 2,23                                        | 1,68                 | 1,00               | 7,32                              | 2,60                                                     |
|                 | 26                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 4,11                                      | 2,63                                        | 2,58                 | < 1                | 7,26                              | 2,62                                                     |
|                 | 40                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,76                                      | 2,53                                        | 2,94                 | < 1                | 7,20                              | 2,81                                                     |
| 7               | 5                     | 1,00                            | < 1                        | < 1                    | 3,48                                      | 2,41                                        | 1,57                 | < 1                | 8,26                              | 2,55                                                     |
|                 | 12                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,83                                      | 2,66                                        | 1,90                 | < 1                | 7,85                              | 2,56                                                     |
|                 | 26                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 4,26                                      | 2,76                                        | 3,18                 | < 1                | 7,67                              | 3,48                                                     |
|                 | 40                    | < 1                             | < 1                        | < 1                    | 3,84                                      | 2,46                                        | 3,04                 | < 1                | 7,63                              | 4,15                                                     |

a *Leuconostoc* spp. může být dán úbytek kyseliny citronové, z které je tvořen diacetyl a další sensoricky aktivní látky. Úbytek kyseliny citronové byl tím významnější, čím byly sýry méně slané a více náchylné k dokysávání. Vzhledem k tomu, že se jedná o sýry nezrající a skladované při chladírenských teplotách po relativně krátkou dobu, významná proteolýza spojená s nárůstem obsahu kyselin glutamové a asparagové pozorována nebyla.

Výsledky mikrobiologických analýz jednotlivých vzorků sýrů jsou shrnuty v tab. 3. Ve vzorcích nebyla zachycena žádná *E. coli* a pouze sporadicky byly vykultivovány ojedinělé kolonie koliformních bakterií, enterokoků a plísní, což svědčí o velmi vysoké hygienické úrovni na daném provozu. Denzita termorezistentních aerobních mikroorganismů se pohybovala na úrovni obvyklé pro mléko a mléčné výrobky a obsahem soli ani dobou skladování ovlivněna nebyla. Mezofilní mléčné

koky během skladování sýrů postupně odumíraly. Mezi sýry s různým obsahem soli, které během skladování dokysávaly, anebo nedokysávaly, významný rozdíl ani v míře, ani v rychlosti odumírání mezofilních mléčných kóků zjištěn nebyl.

Sýry vůbec nesolené a sýry solené se lišily v míře kontaminace halotolerantními mikroorganismy, kvasinkami a fakultativně heterofermentativními laktobacily, jakožto typickými mikroorganismy vyskytujícími se v solných lázních. Denzita halotolerantních mikroorganismů se během skladování významně neměnila a na době solení sýrů nezávisela, protože tyto mikroorganismy dosažené koncentrace soli bez problémů přežívají, avšak při chladírenských teplotách se významně nepomnožují. Naproti tomu kvasinky i fakultativně heterofermentativní laktobacily se během skladování sýrů pomnožovaly. Výsledky rozborů jednotlivých vzorků navíc byly ovlivněny individualitou jednotlivých kusů sýrů i konkrétních kmenů kvasinek a laktobacilů.

Senzorické vlastnosti sýrů korelovaly s dobou solení, resp. s obsahem soli. Sýry solené 7 a 5 h měly typickou chuť a vůni, sýr solený 2 h vykazoval netypicky málo slanou chuť. To však samo o sobě nepředstavovalo problém – hodnotitelům nejvíce chutnaly méně slané sýry solené 2 nebo 5 h. Sýry solené 0,5 h nebo nesolené kromě příliš málo slané chuti vykazovaly i další senzorické vady, jako jsou nespecifická nebo nahořklá pachutí či moučnatý nebo perlivý pocit v ústech.

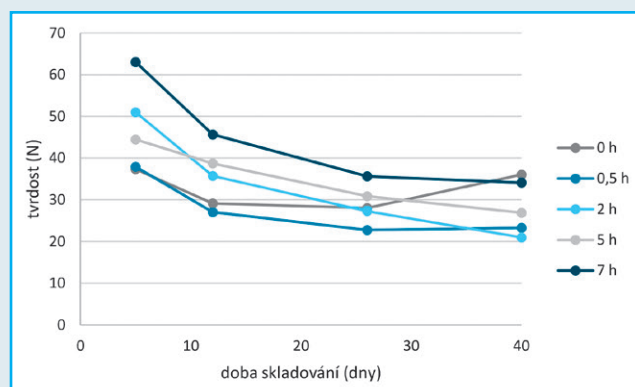
Všechny sýry už po výrobě uvolňovaly syrovátku, a to tím více, čím méně soli obsahovaly. Nicméně množství uvolněné syrovátky bylo relativně malé a významný vliv na sušinu sýrů nemělo. Nižší obsah soli vedl také k netypické konzistenci sýrů. Zatímco sýry solené 7 a 5 h se konzistencí blížily standardně vyráběné variantě, sýr solený 2 h měl měkký střed a tužší okraj a sýry solené 0,5 h nebo nesolené byly hodnoceny jako měkké, mazlavé, blátivé až rosolovité.

Rozdíly v konzistenci sýrů popisované senzoricky byly rovněž kvantifikovány texturní profilovou analýzou (obr. 5 až 13). Čím méně soli sýry obsahovaly, tím byly méně tvrdé, méně lomivé, více přilnavé, méně pružné a méně houževnaté. Souvislost mezi dobou solení a soudržností nebo mechanickými veličinami (zdánlivá mez pevnosti, deformace na mezi pevnosti a modul deformovatelnosti) byla více komplexní, jak je vidět z obr. 9 a 11 až 13.

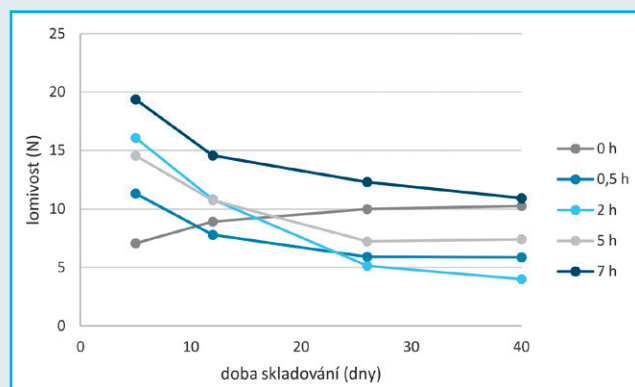
Během skladování solených sýrů tvrdost, lomivost, pružnost, houževnatost, napětí na mezi pevnosti a modul deformovatelnosti postupně klesaly. Tento pokles byl nejvýraznější během prvních dvou týdnů skladování. Naopak přilnavost a zdánlivá mez pevnosti rostly a soudržnost nevykazovala jednoznačný trend. Pro nesolené sýry měly sledované texturní parametry a mechanické veličiny průběh odlišný od solených sýrů.

Změny texturních parametrů během skladování bílých sýrů závisejí nejen na obsahu soli, ale také na teplotě a době skladování, jak popsali např. Lazárková a kol. (2021) pro konzervy balkánských sýrů v nálevu.

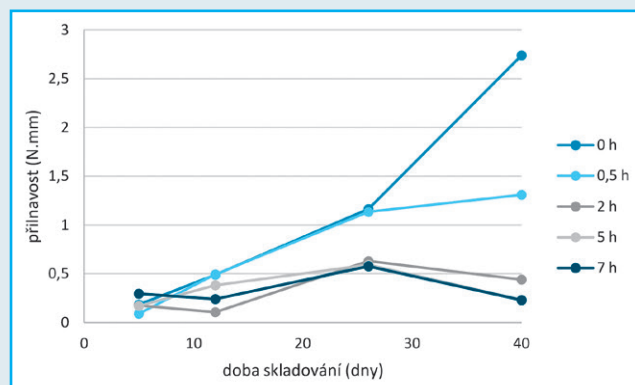
Z uvedeného vyplývá, že reformulace lisovaných bílých sýrů snižováním obsahu soli je limitována především změnami texturních a senzorických vlastností. Ayyash a kol. (2012) zkoušeli reformulovat sýr Akawi s využitím částečné (1:3 nebo 3:1) nebo úplné náhrady NaCl prostřednictvím KCl v 10% nálevu. Jak se ukázalo, kvalita sýrů byla ovlivněna konkrétním složením nálevů. Týkalo se to především tvrdosti a gumovitosti sýrů, které byly na počátku skladování nejvyšší u sýrů v nálevěch obsahujících pouze NaCl nebo pouze KCl. Avšak po měsíci skladování při 4 °C byly sýry tím méně tvrdé a méně gumovité, čím vyšší podíl KCl nálevy obsahovaly. Kromě toho byly sýry v nálevěch s převahou KCl během skladování náchylné k rozvoji nahořklé a octové pachuti.



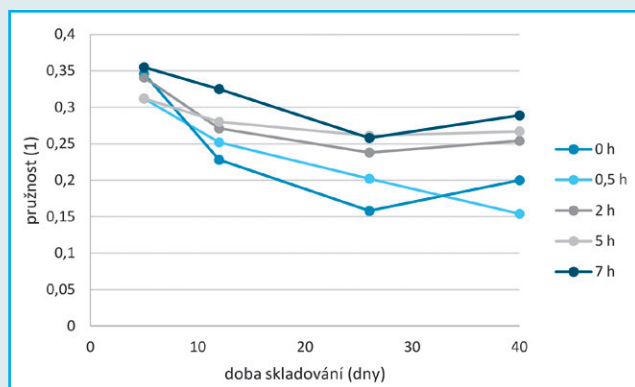
Obr. 5 Tvrdost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



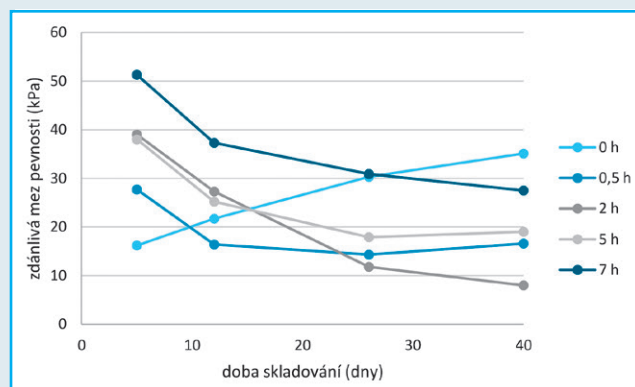
Obr. 6 Lomivost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



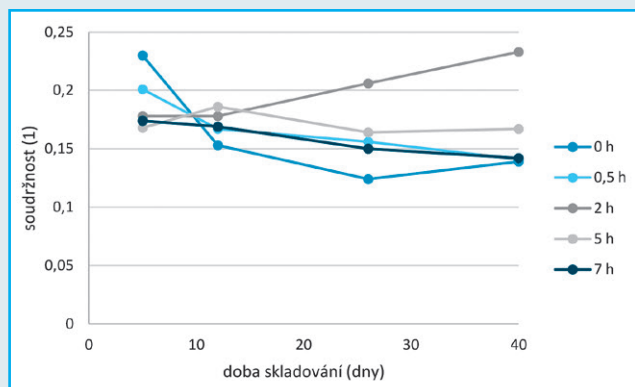
Obr. 7 Přilnavost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



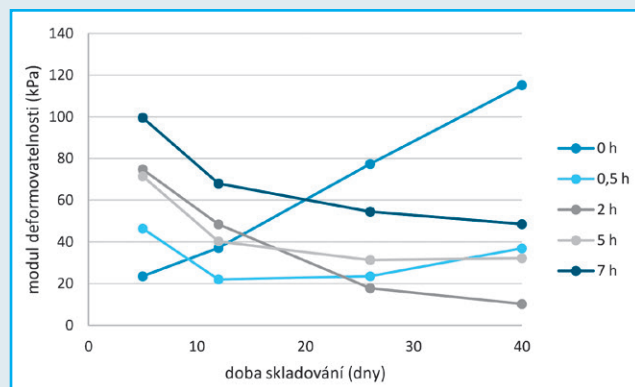
**Obr. 8** Pružnost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



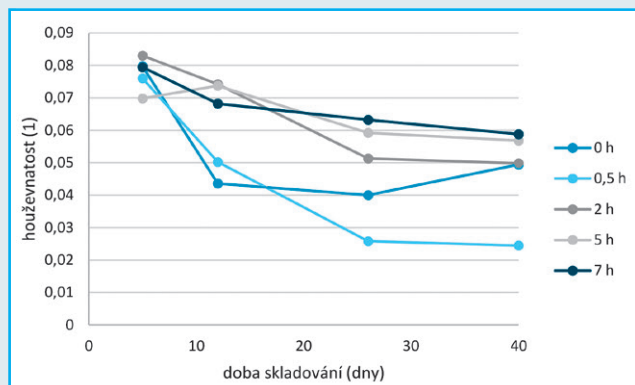
**Obr. 12** Napětí na mezi pevnosti v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



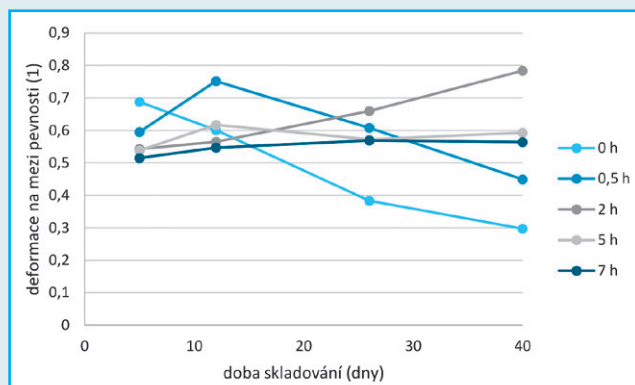
**Obr. 9** Soudržnost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



**Obr. 13** Modul deformovatelnosti v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



**Obr. 10** Houževnatost v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu



**Obr. 11** Deformace na mezi pevnosti v průběhu skladování sýrů solených v lázni po různě dlouhou dobu

## Závěr

Možnosti reformulace bílých sýrů snižováním obsahu soli jsou limitovány především úzkou souvislostí mezi obsahem soli a senzorickými a texturními vlastnostmi sýrů. Určité snížení obsahu soli v sýrech je sice možné, avšak tyto sýry budou odlišné od standardních variant. Reformulované bílé sýry s obsahem soli cca 2,0 až 2,5 g/100 g balené ve fólii bez nálevu jsou svými vlastnostmi na pomezí mezi čerstvými netermizovanými a bílými sýry. Pokud budou vhodně marketingově prezentovány, mohou představovat zajímavé výrobní inovace.

## Poděkování

Tato práce vznikla s finanční podporou Národní agentury pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství České republiky při řešení projektu QK1910100 v programu ZEMĚ a s využitím finanční podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace dle rozhodnutí MZE-RO1421.

## Literatura

AYYASH M.M., SHERAT F., SHAH N.P. (2012): The effect of NaCl substitution with KCl on Akawi cheese: Chemical composition, proteolysis, angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity, probiotic survival, texture profile, and sensory properties. *Journal of Dairy Science*, 95, s. 4747-4759.

- ČERNÁ E., MERGEL M. (1971): Laboratorní kontrolní metody v mlékařství. SNTL. ISBN 04-811-71.
- ČSN EN 1134 (1996): Ovocné a zeleninové šťávy – Stanovení obsahu sodíku, draslíku, vápníku a hořčíku atomovou absorpční spektrometrií (AAS). ČNI.
- ČSN ISO 5492 (2009): Senzorická analýza – Slovník. ÚNMZ.
- ISO/TS 17996 (2006): Cheese – Determination of rheological properties by uniaxial compression at constant displacement rate.
- LAZÁRKOVÁ Z., ŠOPÍK T., TALÁR J., PUREVDORJ K., SALEK R. N., BUŇKOVÁ L., ČERNÍKOVÁ M., NOVOTNÝ M., PACHLOVÁ V., NĚMEČKOVÁ I., BUŇKA F. (2021): Quality evaluation of white brined cheese stored in cans as affected by the storage temperature and time. *International Dairy Journal*, 121, 105105.
- NĚMEČKOVÁ I., HAVLÍKOVÁ Š., FOREJT J., ŠVANDRLÍK Z. (2020): Re-formulace čerstvých netermizovaných sýrů snižováním obsahu soli. *Mlékařské listy – zpravodaj*, 179, s. 18-22.

**Korespondující autor:** Ing. Irena Němečková, Ph.D.,  
Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a,  
160 00 Praha 6, e-mail: nemeckova@milcom-as.cz.

Přijato do tisku: 3. 11. 2021

Lektorováno: 15. 11. 2021

## VLIV NEBAKTERIÁLNÍCH PŮVODCŮ MASTITID NA TECHNO- LOGICKÉ VLASTNOSTI MLÉKA – PRODUKCE LYTICKÝCH ENZYMŮ

Marcela Klimešová<sup>1</sup>, Oto Hanuš<sup>1</sup>, Hana Nejeschlebová<sup>1</sup>,  
Monika Morávková<sup>2</sup>, Ivana Kucharovičová<sup>2</sup>,  
Romana Bačová<sup>3</sup>, Petr Roubal<sup>1</sup>, Růžena Seydlová<sup>1</sup>,  
Ludmila Nejeschlebová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výzkumný ústav mlékárenský, s.r.o., Praha

<sup>2</sup> Státní veterinární ústav, Jihlava

<sup>3</sup> Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i., Brno

## INFLUENCE OF NON-BACTERIAL MASTITIS PATHOGENS ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MILK – PRODUCTION OF LYTIC ENZYMES

### Abstrakt

Byla sledována tvorba lytických enzymů u nebakteriálních mikroorganismů *Candida* spp., *Pichia* spp., *Kluyveromyces marxianus*, *Yarrowia lipolytica* a *Prototheca* spp. Testované kmeny byly očkovány na povrch Tributyrin Agar a GTK agaru s přídavkem sušeného mléka a kultivovány při 25 °C po dobu 1 až 5 dnů. Intenzita lytické zóny byla hodnocena pomocí stupňové škály. Všechny testované kmeny vykazovaly tvorbu lipolytických enzymů, vyjma *C. famata* a 50 % kmenů *P. kudriavzevii*. Produkce proteolytických enzymů byla detekována jen u kmenů *Y. lipolytica*, *C. famata*, *C. albicans* a *K. marxianus*.

**Klíčová slova:** kravské mléko; mikrořasy; kvasinky; proteolýza; lipolýza

### Abstract

The formation of lytic enzymes in non-bacterial microorganisms *Candida* spp., *Pichia* spp., *Kluyveromyces marxianus*, *Yarrowia lipolytica* and *Prototheca* spp. was monitored. The tested strains were inoculated on the surface of Tributyrin Agar and GTK agar with the addition of milk powder and cultivated at 25 °C for 1 to 5 days. The intensity of the lytic zone was evaluated using a scale. All tested strains showed production of lipolytic enzymes, except *C. famata* and 50% *P. kudriavzevii* strains. Production of proteolytic enzymes was detected only in strains of *Y. lipolytica*, *C. famata*, *C. albicans* and *K. marxianus*.

**Keywords:** cow milk; microalgae; yeast; proteolysis; lipolysis

### Úvod

Proteolýza a lipolýza v syrovém mléce jsou důležitými faktory senzorické kvality a udržitelnosti mléčných výrobků i bezpečnosti mléčného potravinového řetězce. Syrové kravské mléko přijímá z epitelu mléčné žlázy, krve a somatických buněk menší množství enzymů (nativní enzymy), které mohou negativně ovlivňovat průběh technologických procesů. Vedle těchto enzymů jsou v mléce přítomné i enzymy mikrobiálního původu, které se vyznačují větší odolností vůči vyšším teplotám a mnohem vyšší aktivitou i při nižším pH (Pijanowski a kol., 1977; Driesen 1989; Fox a Stepaniak 1993; Hanuš a kol., 2016). Enzymy můžeme rozdělit do skupin podle typu katalyzované reakce. K nejdůležitějším skupinám enzymů v mléce patří hydrolázy, kam se řadí lipázy, proteázy, fosfatázy, amylázy a další.

V technologické praxi mají nejvýznamnější vliv na kvalitu mléka psychrotrofní mikroorganismy s tvorbou lytických enzymů. Převážnou většinu tvoří rod *Pseudomonas* a *Alcaligenes* (Muir a kol., 1979; Vyletěllová a kol., 1999; Vyletěllová a kol., 2000a; Baur a kol., 2015). Vedle výše zmíněných bakterií byly popsány i další druhy s lytickou aktivitou, jako např. *Bacillus cereus*, *B. licheniformis*, *B. weihenstephanensis*, *B. subtilis*, *Serratia marcescens*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus* (Vyletěllová a kol., 2001; Parkash a kol., 2007). Výchozí koncentrace mikroorganismů s lytickými vlastnostmi a teplota skladovaného mléka má zásadní vliv na stabilitu mléčného tuku. Vyletěllová a kol. (2000b) determinovali pro *Pseudomonas fluorescens* hranici lipolytických změn chuťových vlastností mléka při překročení kritické hodnoty obsahu volných mastných kyselin (VMK) 49 mmol/kg. Výchozí koncentrace *P. fluorescens* v testovaných vzorcích byla  $1,5 \times 10^5$  a  $2,8 \times 10^6$  KTJ/ml a vzorky byly uchovávány při teplotě 6,5 a 14 °C. Vzorky při teplotě 14 °C dosahovaly této hranice po 56 a 64 hodinách (při srovnání nižší a vyšší výchozí koncentrace) a vzorky s nižší skladovací teplotou 6,5 °C až po 90 a 140,5 hodinách (nižší a vyšší koncentrace).