וגיית הפסטור והשפעתה על ההיבטים המיקרוביולוגיים נתיים של חלב

ללי

נ שיתוף פעולה בין וועדות IDF - International Dairy Federation - הוועדה ה מיקרוביולוגית (SCMH), הוועדה לתזונה ובריאות (SCNH) והוועדה למדע יה של מוצרי חלב (SCDST), נועד מסמך זה להוות בסיס להכרת נושא הפסטור, ייחסות להיבטים הטכנולוגיים, המיקרוביולוגיים והתזונתיים של פסטור חלב.

מתמקד בחלב בקר מפוסטר לצריכה ישירה; הוא אינו מתייחס לחלב מבעלי חיים לחלב המיועד לעיבוד נוסף. העלון גם אינו מתייחס להמגון (homogenisation), אף ות רבות הוא נחשב לחלק בלתי נפרד מתהליך הפסטור.

ה חשוב לתעשיית החלב ולקהל הרחב, שכן הוא מספק סקירה כללית על תהליך של חלב, היתרונות של פסטור חלב מבחינת בריאות הציבור, והבסיס המדעי ש כי פסטור חלב אינו פוגע בסגולות התזונתיות של החלב.

הוא טיפול בחום בחלב שמטרותיו: (i) ניטרול מיקרואורגניזמים פתוגניים הקשורים תוך מניעת סיכונים לבריאות הציבור כתוצאה מצריכת מיקרואורגניזמים אלה, חיי המדף של חלב באמצעות ניטרול מיקרואורגניזמים מקלקלים. פסטור הוא הגורם למעט מאוד שינויים כימיים, פיזיולוגיים ואורגנולפטיים (טעם, ריח) במוצר (FAO/WHO,). התהליך כרוך בחימום החלב לטמפרטורות המספיקות לניטרול ם הפתוגניים הוגטטיביים העמידים ביותר לחום והעשויים להיות נוכחים בחלב (כלומר, חיידקי *מיקובקטריום טוברקולוזיס* הגורמים לשחפת – וחיידקי *ה בורנטי* הגורמים לקדחת Q), עד לרמה מקובלת (הפחתה ב-5 לוג), וכך להפוך את לבטוח לצריכת בני אדם (Kelly et al., 2005). בנוסף, הפסטור מפחית את פלורה הטבעית הלא פתוגנית (למשל חיידקי חומצת חלב [LAB]) עד לרמה מקובלת, אנזימים טבעיים/ממקור פנימי הקשורים לקלקול חלב מסיבות שאינן מיקרוביולוגיות.

הפסטור התגלה במקור על ידי לואי פסטר בשנות ה-60 וה-70 של המאה ה-19 למניעת קלקול יין ובירה. בשנות ה-90 של המאה ה-19 שימש הפסטור לראשונה קלקול חלב, ולאחר מכן שימש כאמצעי להגנה על בריאות הציבור. בתחילה ו בתהליך של פסטור מנתי (Batch pasteurization), פסטור בבקבוקים, ואף שהוא שימוש במספר מקומות, כיום נעשה שימוש רחב במתקנים לפסטור בזרם רציף (flow paste). יחד עם טיפול במים שפירים ובשפכים, פסטור הוא אחת מההתפתחויות ת ביותר למניעת מחלות זיהומיות המועברות ממזון, כגון שחפת. נושאים כמו בריאות ה של הפרות, הסביבה בה הן משוכנות ונחלבות, תהליכים לניקוי וחיטוי ציוד והציוד לאחסון החלב, הטמפרטורה ומשך האחסון מהווים גורמים מרכזיים ה על איכות החלב הגולמי, המשליך על איכות החלב המפוסטר.

ם טכנולוגיים

ימום ושיטות חימום

שני סוגים של תהליכי פסטור: פסטור מנתי (*batch*), המכונה לפעמים שהייה או ורה נמוכה למשך זמן ארוך (LTLT), ופסטור רציף *(continuous)*, המכונה לעתים טמפרטורה גבוהה למשך זמן קצר (HTST). פסטור בשיטת HTST הוא הנפוץ תעשיית החלב, ופסטור מנתי משמש עדיין בפעולות בקנה מידה קטן. התנאים ולליים לתהליכי פסטור אלה הם **63 מ"צ למשך 30 דקות (LTLT) ו-72 מ"צ למשך ות (HTST)**, אם כי במספר מדינות המינימום שנקבע הוא זמן שהייה של 16 שניות "צ. ניתן להשתמש בשילובי טמפרטורה-זמן אחרים, הנמצאים לאורך הקו בתרשים פקודת החלב המפוסטר מסוג א' של מנהל המזון והתרופות האמריקאי (FDA) ניקוןמ-2015) (https://www.fda.gov/downloads/food/guidanceregulation/guidancedocu regulatoryinformation/milk/ucm5135 כוללת גם שילובי זמן-טמפרטורה טורות הגבוהות מ-72 מ"צ, כלומר 89 מ"צ למשך שנייה 1, 90 מ"צ למשך 0.5 שנייה, למשך 0.1 שנייה, 96 מ"צ למשך 0.05 שנייה ו-100 מ"צ למשך 0.01 שנייה. צורה סטור מסווגת כפסטור בטמפרטורה גבוהה יותר ולמשך זמן קצר יותר (HHST) (Meunier-Goddik and Sandra,. כאשר מוסיפים סוכרים או חומרים מומסים אזי לפעילות המים הנמוכה יותר (a_w) יש השפעה מגנה, וניתן לשנות בהתאם את של טמפרטורה-זמן בטיפולי פסטור מסוג LTLT או HTST.

לעיבוד חלב צריך להיות בנוי בצורה השומרת על תנאים היגייניים והמבטיחה כי כל
ים המצויים במגע עם המוצר יהיו חלקים, אטומים, לא-סופחים, לא-נקבוביים,
בפני קורוזיה, לא-רעילים, לא-מגיבים, בני-קיימא וניתנים לניקוי (European
Hygienic Engineering Design Group). בדרך כלל נדרש שפלדת אל-חלד תהיה
למשטחי מגע בציוד לפסטור בשל עמידותה בפני קורוזיה ובפני תהליכים העושים
בחלב. עם זאת, קיימות פלדות אל-חלד באיכויות שונות. באופן כללי, התכונות
ת של סגסוגת פלדת אל-חלד מושפעות מההרכב היחסי של הכרום והניקל בה.
ה בפני קורוזיה תלויה בתכולת הכרום, והחוזק המבני משתנה לפי תכולת הניקל.
ל-חלד **מסוג SAE International מס. 316** משמשת לייצר משטחים הבאים במגע
בזמן תהליכי עיבוד, שכן היא עמידה יחסית מפני קורוזיה שמקורה בכלוריד. סוג זה
ה מכיל 16-18% כרום, 10-14% ניקל ו-2-3% מוליבדן. כל חומר אחר הבא במגע
מזון צריך לעמוד בתקנים סניטריים ונהלים מקובלים
(http://www.3-a.org/knowledge-center/resource-papers/a-primer-f
.standards-pra

מנתי בטמפרטורה נמוכה למשך זמן ארוך (LTLT)

מנתי או פסטור בטמפרטורה נמוכה למשך זמן ארוך (LTLT) של חלב מתבצע
ם מסוג double-jacketed, insulated vats (המכונים גם מכלים, תנורים,
ם או דוודים) המצוידים במערבל. המכלים בנויים בדרך כלל מפלדת אל-חלד והחלב
בעקיפין על ידי מים חמים או קיטור, בין שבתוך הכיסוי (jacket) או באמצעות סלילי
מחוברים אל הדופן הפנימית של כלי הקיבול. החלב מחומם לאט תוך כדי ערבוב, עד
רטורה מגיעה לטמפרטורת הנטרול הרצויה, והוא מושהה בטמפרטורה זו למשך
מן הנדרש (למשל 63 מ"צ למשך 30 דקות) טרם קירורו ל-4 מעלות צלסיוס, לכל

השיקולים המרכזיים בבחינת מערכות חימום לפסטור מנתי:

חימום אחיד של החומר שעובר תהליך פסטור;
נפח לעומת שטח פנים של כלי הקיבול והשלכות במקרה של זמני חימום איטיים יותר
של מנות פסטור גדולות יותר;
קצב הסיבוב של המערבל כדי להבטיח ערבוב מהיר ואחיד של כל החומר;
בחירת אמצעי החימום והשלכות לגבי בעירה ועכירות של המוצר בעת שימוש באדים
בלחץ נמוך;

מיקום המדחומים, בדרך כלל על דופן כלי הקיבול, העשוי לגרום להערכה מוגזמת של טמפרטורת המוצר בהשוואה למרכז כלי הקיבול, וכתוצאה מכך להערכה בחסר של הזמן להשגת טמפרטורת פסטור מינימאלית;

קירור מהיר חיוני לשם מניעת חימום יתר. ערך פרוקסידאז חיובי המעיד על עיבוד מינימאלי (ר' בהמשך) יושג רק באמצעות קירור מהיר תוך שימוש במי קרח או באמצעי קירור אחר.

לפסטור LTLT נעוץ בבדיקה כי כל החומר המצוי במכל מגיע לשילוב טמפרטורה-מאלי המבטיח ייצור חומר בטוח מבחינה מיקרוביולוגית. ראוי לציין כי פסטור LTLT ר בקרב יצרני חלב קטנים.

רציף בטמפרטורה גבוהה למשך זמן קצר (HTST)

פסטור HTST משתמש בהעברת זרם רציף דרך מחליפי חום (מחליפי חום לוחות או . מחליפי חום לוחות הם הנפוצים ביותר לשימוש בחלב ובשמנת (תרשים מס. 2). לל, המרחק בין הלוחות הוא 2.5-5 מ"מ. מחליפי חום צינורות מתאימים יותר ו צמיגיים ולמוצרים המועדים ללכלוך ו/או מכילים חומר חלקיקי. צינורות יכולים לעמוד יאיבה גבוה יותר מאשר מחליפי חום לוחות, המוגבלים לכ-2 MPa. ללא קשר לאופן החום מאמצעי החימום למוצר (באמצעות מחליפי חום לוחות או צינורות), הערובה ת לשילוב טמפרטורה-זמן מינימאלי מושגת באופן כמעט אוניברסלי באזור השהיה ופלדת אל-חלד (העשוי להיות מבודד), המשלב יכולות ניטור טמפרטורה יחד עם זכוונת זרימה. מלבד השימוש במחליפי חום, טכנולוגיות חדשות, כגון חימום מתמשך ולקטרומגנטיים, עשויות להיות חלק מהתכנון העתידי של מתקני פסטור כדי למזער

ו בפסטור HTST של חלב:

חלב קר, שייתכן שחומם בעבר בטמפרטורות הנמוכות מטמפרטורות פסטור, מוזן ממכל אחסון או סילו בנפח גדול לתוך מכל ההשוואה/הזנה (balance/feed tank) של המפסטר.

שאיבת החלב במפסטר מושגת בדרך כלל על ידי מערכות שאיבה חיובית (positive displacement (rotor-stator or rotary lobe) pumping systems).

חימום החלב מתבצע בדרך כלל בשני שלבים; השלב הראשון מכונה לעתים קרובות כמכשיר לחימום מקדים (pre-heater) והוא אזור רגנרטיבי במתקן הפסטור, משום שהוא משחזר אנרגיה ממתקני הקירור של המוצר (ראו להלן) המחממים את זרם החלב הקר הנכנס. בתלות בתצורת המתקן ובעיצובו, אזור זה משחזר את רוב החום מהחלב המפוסטר ומשפר את היעילות הכלכלית של התהליך. אפשר להגיע ליעילות התחדשות של מעל 95% החזרת חום.

לאחר מכן, בשלב השני, החלב שחומם חימום מקדים מחומם לטמפרטורת הפסטור הסופית הנדרשת (לפחות 72 מ"צ) באמצעות מים חמים (או אדים בלחץ נמוך) באזור השני של מחליף החום.

המוצר היוצא מאזור החימום הסופי נכנס לאזור השהיה צינורי המורכב מצינור בעל אורך מוגדר, מבודד או לא מבודד. ייתכן שבנקודת היציאה באזור השהייה יימצאו שסתום בלחץ אחורי ומדחום אחד או שניים. המדחומים בנקודת היציאה של צינור ההשהיה שולטים על הטמפרטורה של מכשיר החימום הסופי, כאשר המוצר יוצא בדרך כלל ממכשיר החימום הסופי בטמפרטורה הגבוהה בכמה מעלות מטמפרטורת הפסטור כדי לפצות על אובדן חום כלשהו ברחבי אזור ההשהיה. אזור ההשהיה מוודא כי הושג שילוב טמפרטורה-זמן מינימאלי המבטיח פסטור לפי החוק. החלב נשמר בטמפרטורת הפסטור בעודו זורם דרך צינור, שנפחו מבטיח כי זמן שרידות החלב הוא 15 שניות לכל הפחות (פסטור HTST). עיצובו של הצינור מבטיח כי כל החלב מוחזק למשך זמן ההשהיה הנדרש המינימאלי, לכל הפחות. לכן, יש לעצב את נפח הצינור כך שיעמוד בזמן ההשהיה הנדרש של נפח החלב הנע המהיר ביותר, בהתבסס על התכונות הזרימה (הראולוגיות) של הנוזל, המבנה ההנדסי של הצינור ותנאי הזרימה. ניתן לחשב את זמן השרידות הממוצע (t) בצינור כך:

t (בשניות) = אורך צינור ההשהיה (במטרים) / מהירות מרבית (V_{max}) של הנוזל (במ'/ש')

המהירות המרבית תלויה בתנאי הזרימה.

V_{max} הוא $1.2 X V_{average}$ עבור זרימה טורבולנטית, ו-

V_{max} הוא $2 X V_{average}$ עבור זרימה למינרית

החלב המפוסטר מקורר לאחר מכן על ידי שאיבתו בחזרה דרך אזור ההתחדשות של המכשיר לחימום מקדים, ולאחר מכן דרך אחד או יותר מאזורי הקירור הסופיים של המפסטר, תוך שימוש במגדל קירור (אחד או יותר) או במים צוננים, כדי להשיג מוצר מוגמר בטמפרטורה שאינה גבוהה מ-4 מ"צ.

החלב המפוסטר הקר נארז לאחר מכן באריזות המיועדות למכירה קמעונאית מסוגים שונים: קרטון, זכוכית, בקבוקי פלסטיק או שקיות פלסטיק.

רישום טמפרטורות וניהול רישומי אצווה יכולים להתבצע באופן ידני או אלקטרוני – בתלות בהוראות החקיקה המקומית.

יש לציין כי הצד של המוצר המפוסטר במחליף החום (לוחות או צינורות) חייב לפעול תמיד בלחץ גבוה יותר מזה של הצד של אמצעי החימום והקירור של החלב הלא-מפוסטר הנכנס. תנאי זה מבטיח כי במקרה של דליפה, אמצעי החימום והקירור וחלב לא-מפוסטר לא יזהמו את המוצר. הפרש לחצים זה נשמר לעתים קרובות באמצעות משאבת מתח צנטריפוגלית.

כעומס החום מוגבל במדינות מסוימות כדי להבטיח עיבוד מינימאלי. במדינות אלה האנזים לקטופרוקסידאז יישאר פעיל/חיובי.

הטמפרטורה-זמן הנ"ל מהווים תנאים מינימאליים לחלב בתקן בודד. עם זאת, מעבדי ים משתמשים בטמפרטורות גבוהות יותר או במשך זמן ארוך יותר או בשניהם כדי שתנאי החימום המינימאליים יושגו תמיד, או כדי לעמוד בתנאי ההנחה הלא-ו כי טמפרטורה גבוהה יותר ו/או זמן השהיה ארוך יותר יתרמו לניטרול זנים מסוימים ידק בת-שחפת.

זמן-טמפרטורה אחרים

אחרים של זמן-טמפרטורה שניתן להשתמש בהם לצורך פסטור מוצגים בתרשים מפסטר HTST המיועד לחלב ניגר עשוי להתאים או שלא להתאים למוצרים עם יומן גדולים יותר או למוצרים מוצקים יותר, כיוון שבדרך כלל צמיגותם גבוהה יותר ראה מקדמי העברת החום שלהם יהיו נמוכים יותר, ולפיכך פני השטח צריכים להיות ותר כדי להשיג את אותו עומס חום.

: הצמיגות יכולה להיות השפעה קריטית, שכן הכרחי שזרימה טורבולנטית תישמר ההשהיה כדי לעמוד בזמן ההשהיה המינימאלי המבוקש בערך הממוצע הקטן ביותר י. תחת תנאי זרימה טורבולנטית, זמן ההשהיה המינימאלי יכול להגיע ל-83% ע, והוא צונח ל-50% כאשר הזרימה היא למינרית.

ריכוז החומרים המומסים תקטין את ה-a_w ובהתאם את ההתנגדות המיקרוביאלית
בחום (Patel and Wilbey, 1994). טבלה מס. 1 מפרטת את תנאי הפסטור
וליים החלים על חלב בריכוזי חומרים מומסים שונים (ANZDAC, 2007). על פי
החלב המפוסטר מדרגה "א" (Grade “A” Pasteurised Milk Ordinance) של ה-
אמריקאי, עבור מוצרים עם יותר מ-10% שומן או מוצרים עם תוספת ממתיקים, יש
ש בטמפרטורה הגדולה ב-3 מ"צ מהטמפרטורה המוצגת בטבלה
(Meunier-Goddik and Sandra,).

מחקרים הראו, שהגברת הטמפרטורה לפסטור חלב מעל המינימום התקני של 72
בלי לצמצם את זמן ההשהיה, לא האריכה את חיי המדף של חלב מפוסטר יותר
מפוסטר ב-72 מ"צ. למעשה, במקרים מסוימים חיי המדף אף התקצרו (למשל,
Brown et al., 1980; Schröder and Bland, 1984; Schmidt et al., 1989; Ba
al.). הסיבות לכך יכולות להיות הפיכת הנבגים לתאים פעילים, וכתוצאה מכך יוצרי-
(בעיקר *בצילוס*) נבטו ושגשגו, ניטרול האנזים האנטיבקטריאלי לקטופרוקסידאז,
מופחתת מצד החיידקים המזהמים הרגילים.

העמידה בתנאי הפסטור :

ס על ניטור נקודות הבקרה הקריטיות, מערכות פסטור HTST משתמשות במספר
ם אוטומטיים להכוונת זרימה כדי למזער את הסיכון לכשל במערכת הפסטור, והם
ם שחומר שאינו מפוסטר כראוי לעולם לא ייכנס לשרשרת המזון. להלן הפרמטרים
ור:

טמפרטורה - על ידי מדחום אחד או שניים בנקודת היציאה מאזור ההשהיה כדי
להבטיח שמושגת הטמפרטורה המינימאלית שנקבעה. במקרה של חריגה
בטמפרטורה מתחת לדרישה החוקית לחלב, המערכת תכוון את המוצר חזרה באופן
אוטומטי למכל השוואה או למכל השהיה. בנוסף לכך, פער הגדול מההפרש שהוגדר
מראש בין הטמפרטורות שמראים שני מדי החום בנקודת היציאה יגרום גם הוא
להחזרת החלב.

זמני השהיה מינימאליים בטמפרטורת פסטור מסוימת – קיומם מובטח על ידי
שמירה על טמפרטורה מינימאלית בקצב זרימה מרבי. במקרה של חריגה מקצב
הזרימה המרבי, אזי עבור תצורת צינור השהיה נתונה, זמן ההשהיה יופחת, והשילוב

הקריטי של טמפרטורה-זמן לא יתקיים. קצב זרימה זה מנוטר על ידי מערכת מדידת זרימה/מסה בתוך מתקן החימום, הגורמת להכוונת זרימה במקרה של חריגת זרימה מעבר לנקודה המוגדרת המרבית.

יעילות הפסטור

הפסטור מוגדר על ידי שני גורמים: ערכי D ו-Z. ערך D מתייחס לזמן הפחתה עשרוני הזמן הנדרש בטמפרטורה מסוימת כדי להרוג 90% (או לוג אחד) של אורגניזמים הצפויים. בתיאור ערך D, הטמפרטורה מצוינת בדרך כלל והערך ניתן זמן (בדרך כלל דקות או שניות). כך לדוגמה, המשמעות של D_{60C} = 1 דקה היא רטורה של 60 מ"צ למשך דקה 1 מופחתת אוכלוסיית החיידקים בלוג אחד. ערך Z, לעתים ערך הניטרול התרמי, קשור לערך D במונחים של סיום פעולה תרמית. ערך ' מיקרואורגניזם במדיום מסוים הוא שינוי הטמפרטורה הנדרש כדי שערך ה-D בפקטור של עשר (או לוג אחד). לדוגמה, אם Z = 8 מ"צ ו-D_{72C} = 15 שניות, ערך ה-ושב עם היסט תרמי של +8 מ"צ (80°C) יפחית את הזמן בלוג אחד ויהיה 1.5 פרמטרים אלה, הקשורים למיקרואורגניזם הפתוגניים העמידים ביותר לחום, ם כדי להגדיר את פרוטוקול הפסטור. הואיל ו*קוקסיאלה בורנטי* (C. burnettii) הוא שאינו מייצר נבגים העמיד ביותר לחום שסביר שיימצא בחלב, פסטור נועד להשיג של לפחות 5 לוג של *קוקסיאלה בורנטי* בחלב מלא (4% שומן חלב) (CAC/RCP 5').

ל טיפול נאות בחום

יל את האנזים **אלקליין פוספטאז (ALP)** המנוטרל בערך באותם שילובי זמן-ורה כמו *קוקסיאלה בורנטי*, ולכן משמש לצורך בקרת פסטור וקביעת יעילות. בדיקת פוספטאז שימשה ברחבי העולם כדי להבטיח, שחלב לא-מפוסטר או חלב מפוסטר, במגע עם חלב גולמי והעשוי להכיל חיידקים פתוגניים, אינו משוחרר לצריכה על ידי . **בדיקת אלקליין פוספטאז חלה הן על פסטור מנתי והן על פסטור רציף**.

אלקליין פוספטאז פותחה על ידי Kay ו-Graham (1935) ומבצעים אותה על חלב חר פסטור. היא מבוססת על המרת disodium phenyl phosphate לפנול, הנמדד ת קולורימטר לאחר תגובה עם Folin and Ciocalteau phenol reagent. ת שיטה זו, Kay ו-Graham (1935) הצליחו לזהות 0.25% של חלב גולמי בחלב ' כראוי. אכן, דווח גם כי באמצעות גרסה משופרת של שיטה זו, Scharer Rapid

Phosphatase test (Nelson-Jar, ניתן לזהות כ-0.1% של חלב גולמי
ִיטת קורנל, 2007). השיטה המשופרת אומצה כנקודת התייחסות של ה-IDF בתקן
197, המוכר כיום בשם ISO 3356|IDF 63:2009.

ּכן, הוכנסו לשימוש שיטות רגישות יותר, כגון Fluorophos® ALP Test System
Advanced Instru), המבוססת על איתור פלואורימטרי ושיטת Charm®
ALP/PasLite (Charm Sciences, המבוססת על נהורנות כימית
chemilumines) (טבלה מס. 2). השיטה הפלואורימטרית אומצה על ידי ה-IDF
1ַ מ-1992, הקיים כיום בשני חלקים: ISO 11816-1|IDF 155-1: חלב ומוצרי חלב
ּ פעילות אלקליין פוספטאז - חלק 1: שיטה פלואורימטרית לחלב ולמשקאות מבוססי
ן ISO 11816-2|IDF 155-2:2016 - חלב ומוצרי חלב - הגדרת פעילות פוספטזה
- חלק 2: שיטה פלואורימטרית לגבינות. ה-IDF עובד כיום על פיתוח תקן להגדרת
אלקליין פוספטאז בחלב ובמוצרי חלב באמצעות איתור פלואורימטרי על בסיס שיטה
ללא הגבלה.

של פעילות ALP המעידות על כך שהחלב פוסטר כראוי הם פחות מ- 1 µg
phe לבדיקת rapid Scharer, פחות מ-350 mU/L לשיטה הפלואורימטרית
הנהורנות הכימית (או פחות מ-500 mU/L למוצרים אחרים)
Shakeel-ur-Rehman et al.,). עם זאת, השיטה הפלואורימטרית ושיטת הנהורנות
יכולות לזהות רמות נמוכות בהרבה של ALP, אפילו כמות קטנה של 10 mU/L
ה על הימצאות של כ-0.003% חלב גולמי. פעילות ALP שיורית בחלב פרה שפוסטר
יא 20-50 mU/L. עם זאת, הרמות הנפוצות בחלב מפוסטר נמוכות לעיתים קרובות
r 20 בשל טמפרטורות הפסטור הגבוהות יותר מהנדרש שהשימוש בהן נפוץ; לפיכך,
ּוהות מ-50 mU/L עשויות להיות חריגות ומצריכות בדיקה (NZFSA, 2003).

וקסידאז, אנזים נוסף המצוי בחלב גולמי, מנוטרל באמצעות טיפולים בחום הגבוה מ-
למשך 15 שניות. לפיכך, נוכחות של לקטופרוקסידאז משמשת לזיהוי חלב שלא
ּנר על המידה. במדינות מסוימות, למשל בשוויץ, חובה שהלקטופרוקסידאז יהיה פעיל
פוסטר.

התאורה על טעמי לוואי בחלב :

וואי כתוצאה מחשיפה לאור עלולים להתפתח בחלב מפוסטר במהלך האחסון,
אם הוא ארוז בבקבוקים שקופים. הבעיה מחמירה עוד יותר כשמאחסנים חלב
תחת תאורת פלורסנט. אורך הגל של נורות פלורסנט נע בטווח של 300-750
עם שיא של 440 ננומטר, הקרוב מאוד לאורך הגל המזיק ביותר למולקולת
'אבין, שתוצרי הפירוק שלה משפיעים על טעמו של החלב. פוליאתילן בצפיפות
HDPE) מעביר כ-60% מהאור בין 300 ל-700 ננומטר ופוליאתילן טרפתאלט (PET)
כ-80% מהאור באורכי גל אלה. על פי 3 דיווחים, בחלב בבקבוקים מפלסטיק שקוף
ו תחת תאורת פלורסנט התפתחו טעמי לוואי תוך פחות משעתיים (Dimick, 1973),
שעות (Chapman et al., 2002), ו-24 שעות (Johnson et al. 2015). ניתן
על התפתחות טעמי לוואי כאלה בחלב מפוסטר על ידי שימוש בחוסמי אור אטומים
ניים או בסרטי כיסוי (overwrap), הסופגים או חוסמים אחוז גבוה של אור באורכי גל
נים על טעמו של החלב (Cladman et al., 1998; Webster et al., 2009).
ת קרטון ובקבוקים אטומים מונעים כניסה של 75-92% מהאור. אריזות משופרות
בתהליכי פיתוח. דוגמה לכך היא בקבוק ה-™LIGHT PROOF 100%
(Fonterra, 2013; Pact Group,).

ם מיקרוביולוגיים

א מצע מזין המתאים באופן אידיאלי להתפתחות חיידקים. בחלב שנחלב בדרך נקייה
ם יש מעט מאוד חיידקים המסוגלים להתרבות באמצעות שיטות מסורתיות מבוססות
כנולוגיות מודרניות, כגון מטא-גנומיקה, מצביעות על כך שהמיקרופלורה בחלב
בדרך נקייה מזיהומים עשויה להיות מגוונת יותר ממה שהיה מקובל לחשוב
Rainard,). תהליך החליבה מוביל לזיהום נוסף של חלב גולמי מהפטמה ומציוד
. זיהום כזה גובר במקרה של דלקת העטין; דלקות עטינים תת-קליניות וקליניות
לגרום לזיהום נוסף.

ת וההיגיינה של הפרה, הסביבה בה הפרה שוכנת ונחלבת, הנהלים לניקוי וחיטוי ציוד
והציוד לאחסון החלב, והטמפרטורה ומשך האחסון הם כולם גורמים מרכזיים
נים על רמת הזיהום המיקרוביאלי של חלב גולמי. בחלב, מספר החיידקים גדל ככל
האחסון מתארך, וקצב הגידול תלוי ברמת הזיהום הראשוני ובתנאי הזמן-טמפרטורה

חסון. מספר גבוה של חיידקים עלול לגרום לבעיות בריאותיות לציבור הצרכנים מהיר יותר של החלב.

פלורה הדומיננטית בחלב גולמי כוללת בדרך כלל (i) זנים של חיידקי חומצת חלב זנים שונים של *לקטובצילוס* ו/או *לקטוקוקוס*), (ii) זנים שונים של *פסאודומונס*, (iii) Micrococcaceae (זנים שונים של *מיקרוקוקוס* ו*סטפילוקוקוס*), ו-(iv) שמרים. מיקרוביאליות אחרות הנמצאות בחלב גולמי שייכות לחיידקי חומצת חלב (LAB; ם שונים של *סטרפטוקוקוס*, *לאוקונוסטוק* ו*אנטרקוקוס*), זנים שונים של *ליסטריה*, *קלוסטרידיום* ו*אנטרובקטריאצה*; קיימים גם זנים רבים אחרים של חיידקי גראם- (לרבות, *אצינטובקטר*, *אלקליגנז*, *פלאבובקטריום* ו*אירומונס*), ושל חיידקי גראם- (לרבות, *Arthrobacter*, *קורינבקטריום*, *Brevibacterium* ו*פרופיוניבקטריום*) .(Lafarge et al., 2004; Quigley et al.,

ורה של חלב לא-מפוסטר עשויה להכיל גם חיידקים פתוגניים אחרים. כך למשל, וגניים שונים של *קמפילובקטר*, *אי-קולי*, *סלמונלה אנטריקה* ו*ליסטריה מונוציטוגנס* שה פתוגנים הנמצאים בכל מקום, וניתן למצוא אותם בחיות מניבות חלב ובחלב עולה מנתונים קיימים מבדיקות חלב גולמי (FSAI, 2015; EFSA, ??). נמצא קשר *לה מליטנסיס* ו*מיקובקטריום בוביס* לבין התפרצויות מחלות הקשורות בחלב גולמי, חות שכיחות ומוגבלות יותר מבחינה גיאוגרפית מיתר הפתוגנים, בזכות תוכניות הצליחו בדרך כלל לצמצם את מספר החיות החולות, וכתוצאה מכך פחתו המחלות ם (FAO, 2003; Cousins, 2001; CDC, 2012).

הערה[a1]: Reference to be inserted

, הפלורה המיקרוביאלית של חלב לא-מפוסטר מורכבת מאוד. מחקרים מהעת ה שהשתמשו בשיטות שאינן תלויות בגידול חיידקים בתרבית, כגון ריצוף דנ"א, הראו רה המיקרוביאלית של החלב מורכבת יותר מכפי שסברו בעבר, ומשתמע מהם שרוב המיקרוביאלית של החלב אינה ניתנת לגידול בתרבית .(Quigley et al,

מיקרואורגניזמים והארכת חיי מדף

פסטור בחום מינימאלי נועד לנטרל את החיידק בת-שחפת, אחד מהאורגניזמים ניים העמידים ביותר לחום הקשורים בחלב והאורגניזם שעורר את החשש הגדול בריאות הציבור באותה עת. היתרון בטיפול זה היה שאורגניזמים פתוגניים ומזיקים וטרלו גם הם, תוך שיפור בטיחות החלב והארכת חיי המדף. תהליך הפסטור מנטרל

נים מעוררי חשש מהעת האחרונה, כגון רעלן שיגה המייצר *אי-קולי* (למשל, E. coli O1) ו*ליסטריה מונוציטוגנס*.

כי קיימות כיום טכנולוגיות חלופיות לפסטור על ידי טיפול בחום, המצמצמות מספר גדול יותר של מיקרואורגניזמים פתוגניים, ביניהן ניתן למנות שתי שיטות: מיקרו י למנוע דנטורציה של חלבונים רגישים לחום) ועיבוד בלחץ גבוה (500–600 MPa). יר ליעילות הניטרול שלהן, נכון להיום אף אחת מהטכנולוגיות הללו אינה מאושרת האירופי או בקנדה כשיטה עצמאית לפסטור בחום.

ה הובע חשש כי זנים מסוימים של חיידק בת-שחפת (MAP) יכולים לשרוד תהליך ידוע כבר כי MAP מחולל את מחלת בת-שחפת (Johne’s disease) בבקר, ועלה ילא אושר, להיותו גורם נוסף למחלת הקרוהן בבני אדם. ישנן שלוש סוגיות מרכזיות חות MAP בחלב (Robertson et al., 2017):

קשר למחלת קרוהן: לא הוכח קשר סיבתי מובהק בין MAP לבין קרוהן. קיים חשד שלא אושר, ש-MAP הוא גורם נוסף למחלת קרוהן בבני אדם, יחד עם *קמפילובקטר*, וירוס חצבת, *ירסיניה*, *Escherichia coli* O157:H7, שמרים ואחרים.

נוכחות של MAP במוצרי חלב מפוסטר: מספר דיווחים (Chiodini and Hermon-Taylor, 1993, Grant and al, 1996, Gao et al, 2002) הראו שרידות של MAP בטמפרטורות פסטור בתנאים סטטיים בניסויי מעבדה. עם זאת, כל הניסויים שבוצעו במערכות זרימה טורבולנטית ברמה ניסיונית (Pearce et al., 2001; Lynch et al., 2007; McDonald, 2005; Rademaker, 2007; Stabel & Lambertz, 2004) הראו ניטרול של האורגניזם במהלך פסטור בתנאים מסחריים. לפיכך, ההסתברות להימצאות MAP חיים בחלב מפוסטר נמוכה בהתחשב בריכוז הראשוני בחלב הגולמי (שדווח כ-1.2-2.8 cfu/ml [Serraino et al., 2014] ו-0.54-7.03 cfu/ml [Okura et al. 2013]) והשפעתו של פסטור בתנאים מסחריים המראה הפחתה של 4 לוג לכל הפחות. שיטות אנליטיות שלא אומתו או שלא התקבלו פה אחד על ידי הקהילה המדעית עלולות להציג תוצאות חיוביות כוזבות או מטעות. ואכן, מספר טיעונים הועלו כנגד אמיתות התוצאות שפורסמו לגבי הנוכחות של MAP בחלב מפוסטר, כולל האפשרות של פסטור לקוי או זיהום לאחר פסטור (Cerf et al., 2007).

המתודולוגיה להצגת נוכחותם של תאי MAP זיהומיים במזון מחייבת תיקוף וקביעת תקן. ברור ששיטות תקפות צריכות לקחת בחשבון מספר גורמים כגון: (i) דיוק בטווח הפעולה הרלוונטי (ריכוז צפוי של MAP), (ii) התאמת השיטה למטריצה המדגמית, (iii) היכולת להבדיל בין אורגניזמים חיים לבין אורגניזמים מנוטרלים, (iv) הבנת המגבלות של הרגישות והספציפיות האנליטיות והדיאגנוסטיות, (v) הישנות התוצאות עם עריכת בדיקה חוזרת על אותה דגימה, וכן (vi) היכולת לשחזר את התוצאות כאשר הבדיקה מתבצעת על ידי מעבדות שונות.

ו העמידים לחום

השורדים את תהליך הפסטור, הנקראים thermoduric bacteria, הם אורגניזמים ;ניים, למעט מספר חיידקים יוצרי-נבגים. הם מסווגים לשלוש קטגוריות בתלות ו, ובמיוחד בתלות בעמידותם בפני חום:

חיידקים העמידים לחום בינוני, כגון *מיקרוקוקוס*, *סטרפטוקוקוס*, *אנטרקוקוס*, *לקטובצילוס*;

חיידקים העמידים לחום גבוה, עמידים לטיפול ב-75 מ"צ למשך 12 דקות, כגון חיידקים השייכים לקבוצת ה*מיקרובקטוריום* (M. liquefaciens);

נבגים של חיידקים יוצרי-נבגים העמידים לחום גבוה מאוד עמידים לטמפרטורה הגבוהה מ-80 מ"צ למשך 10 דקות, כגון חיידקים השייכים לקבוצות החיידקים *קלוסטרידיום* (למשל *C. butyricum*, *C. tyrobutyricum*) ולמשפחת *בצילוס* (למשל, *B. subtilis*, B. cereus, B. licheniformis).

ו של נבגים מקבוצת *בצילוס צראוס* או זנים של *פניבצילוס* מגבילים את חיי המדף של לב מפוסטר (te Giffel et al., 1997; Ranieri et al., 2011), והם גורם פוטנציאלי ו מזון. *B. cereus* נמצא בדרך כלל בקרקע, וניתן למצוא אותו לעיתים קרובות בחלב עונת המרעה, כאשר הסיכון לזיהום פטמות מהקרקע הוא הגבוה ביותר (Slaghuis et al., 1997; Christiansson et al., 1999; Saleh-Lakha et al.).

על היגיינה בעת החליבה היא הדרך הטובה ביותר לשלוט באורגניזמים אלה (http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/MPGuide/mpguide1.htm http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444301649.ch1/summary).

פלורה של חלב מפוסטר

פלורה של חלב מפוסטר מורכבת מחיידקים עמידים לחום ששרדו פסטור וזיהום
יסטור, שמקורם עשוי להיות בצינורות ובציוד אחסון, או באנשי צוות או באריזות.
על היגיינה במהלך החליבה ושמירה על שרשרת קירור טרום-פסטור מפחיתה את
החיידקים בחלב טרם פסטורו, וכתוצאה מכך נמצא מספר נמוך יותר של חיידקים
פוסטר.

'הרעלת מזון כתוצאה מחיידקים פתוגניים בחלב מפוסטר הוא נמוך יחסית, אם כי היו
על מספר מקרים בודדים כאלה (Anon 2008, 2011a, 2011b). הואיל ופסטור
פתוגנים, זיהום כאמור נובע מתהליך פסטור לקוי או מזיהום לאחר פסטור.

ף של חלב מפוסטר

כל שטמפרטורת האחסון נמוכה יותר, כך חיי המדף של חלב מפוסטר ארוכים יותר.
ת, חיידקים *פסיכרוטרופיים*, כגון זנים שונים של *פסאודומונס*, יכולים לשגשג
טורה נמוכה מ-4 מ"צ ולייצר אנזימים חוץ-תאיים הגורמים להיווצרות טעמי לוואי.
ם במיוחד במקרה זה הם חיידקים *פסיכרוטרופיים* עמידים לחום (למשל, זנים שונים
וס) שכן הם יכולים לשרוד פסטור ולצמוח ב-4 מ"צ.

ף של חלב מפוסטר נעים בטווח של 5-20 ימים, בתלות באיכות החלב הראשוני,
הזיהום לאחר הפסטור ובפרופיל שילוב טמפרטורה-זמן במהלך אחסון החלב
ור. מלבד החיידקים ההופכים לקטוז לחומצת חלב, החיידקים המזהמים מייצרים
' אנזימים: אנזימים אלה, הפועלים על מרכיבי החלב, יוצרים את טעמי הלוואי ומשנים
בנה הפיזי של החלב. האנזימים הידועים ביותר הם פרוטאזות המייצרות פפטידים,
מרירים וליפאזות המייצרות חומצות שומן חופשיות. יחד עם אנזימים ראשוניים אלה
רך של אנזימים אנדוגניים אחרים, הגורמים לפגמים הנצפים בחלב מקולקל.

: הפסטור על הערך התזונתי של החלב

סעיף זה היא לבחון את השפעת הפסטור על הערך התזונתי של החלב. המגון, אם כי
מד במרכזו של דף מידע זה, משנה את המבנה של כדוריות השומן ואת
אקציה שלהן עם חלבונים בחלב ופפטידים במהלך העיכול. נדרשים מחקרים נוספים,

וקרים קליניים, כדי להבין טוב יותר את השפעת התהליך המשולב של המגון ופסטור
' חלב.
לב

אינה משנה באופן משמעותי את האיכות והכמות של חומצות שומן בחלב
.(De Souza et al., 2003; Claeys et al. 2014; Pestana et al

P ואח' (2015) דיווחו כי לשלושת סוגי חלב הבקר: גולמי, מפוסטר וחלב שחומם
ורות גבוהות מאוד (תהליך UHT), יש פרופיל דומה מאוד של חומצות שומן, והביעו
י לטיפולי פסטור ולתהליכי UHT של חלב יש השפעה מועטה על פרופיל חומצת
הם מצאו כי חומצות השומן הדומיננטיות הן חומצה פלמיטית (16:0), חומצה אולאית
1), חומצה סטארית (18:0) וחומצה מיריסטית (14:0). תוצאות דומות התקבלו גם
De Souza ואח' (2003) במחלבות קטנות, ועל ידי Nunes ו-Torres (2010)
חלב ברזילאיים, כולל חלב מלא.

ם שנערכו על ידי Herzallah ואח' (2005) ו-Costa ואח' (2011) לא נמצא הבדל
: מפוסטר לחלב גולמי בכל הנוגע לפרופיל חומצות השומן קצרות-השרשרת של
בוטירית (4:0), חומצה קפרואית (6:0) וחומצה קפרילית (8:0). עם זאת, Pestana
(201 דיווחו על ירידה של 18%, 11% ו-9% בחומצות בוטיריות, קפרואיות
ת, בהתאמה, בחלב מפוסטר. חומצות השומן הרב בלתי-רוויות (PUFA), n-3
ו-n-6 PUFA, לא הראו הבדלים לאחר פסטור, ולא נצפה כל הבדל בין הטיפולים
גע ליחסי PUFA/SFA וכן n-6/n-3 (Pestana et al, 2015).

א כל הבדל בחומצות השומן עם מספר לא-זוגי של פחמנים (13:0, 15:0 ו-17:0),
ת 2% מכלל חומצות השומן בחלב, או בחומצה לאורית (12:0) לאחר פסטור ותהליך
(Pestana 2015). לחומצה לאורית עשויים להיות תפקידים אנטי-ויראליים
טריאליים, והיא עשויה לסייע במניעת עששת ובמניעת הצטברות רובד חיידקים על
(פלאק) (Claeys et al., 2014).

He ואח' (2005) הדגימו גם, כי לפסטור חלב אין השפעה משמעותית על כמות
הלינולאית המצומדת (CLA), ושאין הבדל משמעותי בתוכן של איזומר הטרנס.

ן להניח כי לחימום יש השפעה שולית על הערך התזונתי של שומן החלב
(Pestana et al.,. יתר על כן, שינויים שנצפו בתכולת חומצת השומן של חלב לאחר

ראו פחות רלוונטיים מהעובדה הידועה היטב, כי הרכב השומנים בחלב ממעלי גירה
מגנטיקה (למשל, הגזע של בע"ח) ומגורמים סביבתיים (בין היתר, תזונה וטיפול)
.(Caroli et al., 2009; Pestana et al.,

פסטור אינה משנה באופן משמעותי את ההרכב הקרוב ביותר (proximate
comp) ופרופיל חומצת השומן של חלב בקר גולמי, בכל הנוגע לתכונותיו התזונתיות
אליות וליתרונותיהן לבריאות האדם.

חלב

אינו גורם לשינוי משמעותי באיכות החלבון, אם כי קיימים דיווחים לגבי רמות זעירות
ורציה של חלבוני מי גבינה בעקבות פסטור (Lucey, 2015). הערך התזונתי הישיר
בוני חלב תלוי במידת הנעכלות שלהם ובתרומתם לצריכת חומצות אמינו חיוניות
(Claeys et al., חומצת האמינו החיונית הרלוונטית ביותר בחלב היא ליזין. רק
טן (1-4%) של הכמות הזמינה של ליזין נצפה לאחר פסטור חלב, ונראה שהשפעת
על חומצות האמינו האחרות היא זניחה
(Claeys et al., 2013; Anderton and Oste 1995; Schaafsma,. מספר
ו הראו, כי תהליכי פסטור בטמפרטורה גבוהה למשך זמן קצר (HTST) (77 מ"צ
15 שניות) משנים בעיקר את התכונות הפונקציונליות של חלבוני החלב (למשל,
התחלבות וקשירת מים, מסיסות), אך יש להם השפעה מועטה על מידת הנעכלות
נים התזונתיים של חלבוני החלב
(Claeys et al., 2013; Douglas et al., 1981; Lacroix et al.,. מחקר משנת
(Inglingstad et al., 2010 הראה, כי דפוסי עיכול החלבון של חלב מבקר, מצאן,
ומבני אדם, הן חלב גולמי והן חלב שחומם בטמפרטורה גבוהה (95 מ"צ למשך דקה
שונים בין הזנים, אך נראה היה שטיפול בחום (95 מ"צ למשך דקה 1) של החלב לא
על דפוס העיכול של החלבון, למעט הפחתה מוגברת של אלפא-לטקאלבומין בכל
אותה קבוצת מחקר דיווחה לפני כן, שחלבונים בחלב עזים ובחלב בקר מחוממים
יותר להידרוליזה בהשוואה לחלב הגולמי
(Almaas et al. 2006; Tunick et al.. Qi ואח' (2015) הראו גם כי טיפולים
טורה גבוהה למשך זמן קצר (HTST) לא גרמו לשינויים כימיים ניכרים, ולא להפחתה
משנית יוצאת דופן בחלבונים העיקריים בחלב מפוסטר.

גורם לדנטורציה מסוימת של חלבוני מי גבינה, אך אין לו כל השפעה על קזאינים. לבוני מי הגבינה, אימונוגלובולינים טבעיים הופחתו בכ-33%, ביתא-לטקאלבומין בכ- לפא-לטקאלבומין בכ-4% (Fredsted et al., 1996).

ומינרלים

א מקור טוב לסידן וזרחן. נראה כי לטיפול בחום אין כל השפעה משמעותית על הביולוגית של סידן. הן כמות הסידן הכוללת והן הזמינות הביולוגית של הסידן בחלב ללא שינוי לאחר פסטור (Claeys et al, 2013; Cifelli et al., 2010).

יוד בחלב משתנה במידה רבה בהתאם למיקום הגיאוגרפי, לשנה, לעונה ולתזונה ה (Troan et al., 2015). הכללת אשלגן יודי (KI) בתזונה של פרות לחלב מגדילה ת היוד בחלב. במספר מקרים, לאחר תהליך פסטור, דווחה ירידה של 20% ביוד (Troan et al.,), אך לא נצפה כל הבדל משמעותי בריכוז היוד בחלב מעוקר (Nazeri et al.,). יש צורך במחקרים נוספים כדי ללמוד על השפעת הפסטור על רמת לב.

א גם מקור לוויטמינים A, D, B1, B2, B6, B12, ניאצין, ביוטין וחומצה פולית. צריכת י יום יכולה לתרום לצריכה המומלצת של ויטמין B12. למעשה, חלב הוא מקור מצוין B12, מפני שמנה אחת של 250 מ"ל מספקת 1 מיקרוגרם של ויטמין B12 השווה מחצית מהקצובה היומית המומלצת (RDA) (Stabler and Allen, 2004; Institute of Medicine,).

ה היא כי התרומה של מוצרי חלב לסך צריכת ויטמין B12 היא כ-30% (Vogiatzoglou et al.,). פסטור יכול לגרום לאובדן של 7-10% של ויטמין B12, אך זאת חלב מהווה מקור טוב לוויטמין B12. ויטמין C (חומצה אסקורבית), שממילא ינו מהווה מקור עשיר שלו (כ-1 מ"ג/100 מ"ל), מופחת בתהליך הפסטור (Burton et al.,), והוא גם רגיש לחמצון על ידי אוויר מומס בחלב. פסטור עלול לגרום מזערי של ויטמינים מסיסים במים, אך הוא אינו משפיע על ריכוז ויטמינים מסיסים כגון ויטמינים A, D, E ו-K (Lucey 2015; Claeys et al., 2013; Cifelli et al., 2010; MacDonald et al.,). דיווחים משתנים לגבי היציבות של ויטמין B2 (ריבופלאבין); על פי Lucy (2015) B יציב מאוד בחום וריכוזו אינו מופחת, אך על פי Macdonald ואח' (2011), ויטמין במקצת (-0.41%) לאחר פסטור. יחד עם זאת, הואיל וריכוז ויטמין B2 בחלב הוא ג/ליטר והמינון היומי מומלץ למבוגרים הוא 1.1 מ"ג/יום, הירידה שנצפתה אינה

נית מאוד. יש להכיר בכך, שחלב ומוצרי חלב אינם נחשבים כמקור עיקרי לוויטמינים
ו K (Cifelli et al., 2010). חלב גולמי מכיל רמה משתנה של ויטמין D בתלות
בחיות המניבות, ובמספר מדינות החלב המפוסטר מועשר בוויטמין D המעודד
סידן וממלא תפקיד חשוב בבריאות העצם (Cifelli et al., 2010).

אנטימיקרוביאליות

מרכיבים בחלב שיש להם תכונות אנטיבקטריאליות פוטנציאליות, כמו לקטופרין,
ולקטופרוקסידאז, אינם מושפעים או מושפעים באופן מזערי מפסטור HTST
(Cifelli et al.,). לקטופרין, הקושר ברזל חופשי ובכך מגביל את זמינותו לפתוגנים
אותו לשם צמיחה, אינו מושפע מפסטור סטנדרטי, אך עיבוד חלב תהליך UHT
את יכולתו לקשור ברזל חופשי
(Cifelli et al., 2010; Paulsoon et al., 1993; Steijns et al.,). ליזוזים, חלבון
טריאלי, אינו מושפע מפסטור (Cefelli et al., 2010; Fox and Kelly 2006). גם
וקסידאז שומר על 70% מפעילותו לאחר הפסטור, בעוד שאוליגוסכרידים, הידועים
הידבקות של חיידקים פתוגניים פוטנציאליים באפיתל המעי, יציבים גם הם
(Cefelli et al., 2010; Marks et al, 200).

חלב יכול להיעשות על ידי חימום חלב, לדוגמה, ב-72 מ"צ למשך 15 שניות או 63
שך 30 דקות. ירידה נאותה ב-ALP פעיל מצביעה על כך שהושג חימום ראוי,
ת של לקטופרוקסידאז מצביעה על כך, כי הטיפול בחום לא היה מוגזם. טיפול בחום
פחית את החיידקים הפתוגניים לרמה בטוחה מקובלת ויפחית אורגניזמים מקלקלים,
ביר את הבטיחות ויאריך את חיי המדף של החלב. האיכות התזונתית של החלב
אך במעט. לפיכך, על פי הידע הקיים כיום, שתיית חלב מפוסטר היא עדיין הדרך
ביותר ליהנות מהיתרונות הבריאותיים של חלב. אחזקת עדר בריא, שיכונו בתנאים
ו, ושמירה על היגיינה במהלך החליבה והאחסון, בנוסף לקירור מהיר ואחסון חלב ב-
לפני פסטור, מגבילים את השגשוג של המיקרופלורה של החלב לפני הפסטור, בעוד
על תנאים היגייניים לאחר הפסטור, הימנעות מזיהום חוזר ושרשרת קירור אמינה
את חיי המדף של חלב מפוסטר.