



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och  
jordbruksvetenskap  
Institutionen för livsmedelsvetenskap

# Mejeriprocessernas påverkan på mjölkens komponenter

The impact of dairy processes on milk components

*Agatha Sapieja*

Institutionen för livsmedelsvetenskap

Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap- kandidatarbete, 15 hp, G2E

Agronomprogrammet - livsmedel

Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap, nr 417

Uppsala, 2015

## **Mejeriprocessernas påverkan på mjölkens komponenter**

The impact of dairy processes on milk components

*Agatha Sapieja*

**Handledare:** Åse Lundh, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för livsmedelsvetenskap

**Examinator:** Lena Dimberg, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för livsmedelsvetenskap

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap- kandidatarbete

**Kurskod:** EX0669

**Program/utbildning:** Agronom - Livsmedel

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2015

**Serietitel:** Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap  
nr: 417

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** homogenisering, pastörisering, mjölkens beståndsdelar/komponenter, MFGM, laktos, kasein, vassle, UHT

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Institutionen för livsmedelsvetenskap



## Sammanfattning

Mjölk och mejeriprocesser är ett omdiskuterat ämne. Det dyker regelbundet upp nya studier inom området och meningarna är delade om mejeriprocesser och deras påverkan på mjölkens beståndsdelar. Syftet med detta arbete var att undersöka hur de vanligaste mejeriprocesserna, homogenisering och pastörisering påverkar mjölken och dess komponenter. Mjölkens komponenter laktos, protein, fett och vitaminer undersöktes med avseende på stabilitet, biotillgänglighet och sensoriska egenskaper hos produkt. Detta arbete är en litteraturstudie som grundar sig främst på vetenskapliga artiklar, men även böcker och hemsidor. Det framkom att lågpastörisering inte påverkar mjölken i någon större utsträckning. Mjölkens vitaminer kan brytas ner till en viss grad, likaså sker viss proteindenaturering. Ultra high temperature (UHT)-behandlad mjölk kan däremot påverka mjölkproteinets i större utsträckning. Detta kan i sin tur bidra till sensoriska förändringar hos mjölk, såsom kokt smak, som inte är önskvärda hos konsumenterna. Homogeniseringen påverkar mjölkens fettkulemembran (MFGM) samt proteiner bundna till dessa. Upptag av protein och fett gynnas av homogenisering. Smak och färg påverkas positivt då färgen blir ljusare och smaken bättre. Man har i studier sett att individer med laktosintolerans inte uppvisar skillnader i symptom vid intag av homogeniserad samt ohomogeniserad mjölk. Vid mjölkallergi resulterade konsumtion av homogeniserad mjölk i vissa fall i mer symptom hos barn. Homogenisering och påverkan på laktosintolerans och andra sjukdomstillstånd är dock ett ämne som fortfarande kräver fler studier. Studier genomförs även på hur värmebehandling i kombination med homogenisering påverkar mjölk och om ordningen på behandlingarna spelar roll. Sammanfattningsvis har mejeriprocesserna överlag liten påverkan på mjölkens beståndsdelar. Vid mycket höga temperaturer sker Maillard reaktionen mellan aminosyra och reducerande socker (laktos), denaturering av proteiner och nedbrytning av vissa vitaminer. Lågpastörisering anses vara en mild behandling som inte orsakar betydande förändringar hos mjölk. Homogeniseringen påverkar främst MFGM samt i viss utsträckning protein.

*Nyckelord:* Homogenisering, pastörisering, mjölkens beståndsdelar/komponenter, MFGM, laktos, kasein, vassle, UHT

## Abstract

Milk and dairy processes are controversial subjects. Recently published studies have differing views on the dairy processes and their impact on the milk constituents. The aim of this work was to investigate the most common dairy processes, homogenization and pasteurization and their impact on milk and its components. The milk components lactose, protein, fat and vitamins were investigated mainly for stability, bioavailability and sensory properties in the product. This work is a literature study based primarily on scientific articles, but also books and websites. The results showed that high temperature-short time (HTST) pasteurization does not affect the milk to a large extent. Milk vitamins can be decomposed and proteins denatured to a certain degree. However, ultra high temperature (UHT) treatment affects milk to a greater extent, including denaturation of proteins. This can in turn contribute to sensory changes in milk, e.g. cooked flavour that are not desirable among consumers. Homogenization affect milk fat globule membrane (MFGM) and the proteins bound to them. Homogenization contributes to a better absorption of fat and protein. Flavour and colour are influenced positively when the colour becomes brighter and taste better after homogenization. Some studies showed that individuals with lactose intolerance do not show differences in symptoms between ingestion of homogenized and unhomogenized milk. On the contrary, the homogenized milk showed in some cases more symptoms than the unhomogenized milk in children with milk allergy. However the impact of homogenisation on lactose intolerance and other medical conditions is a subject that requires more study. Studies are also carried out regarding heat treatment in combination with homogenisation, and if the order of the two treatments plays a role. In summary, the dairy processes generally have a small impact on milk constituents. At very high temperatures the Maillard reaction takes place between amino acid and reducing sugar (lactose), as well as denaturation of proteins and the degradation of some vitamins. HTST-pasteurization is considered being a mild treatment that does not cause significant changes in milk. Homogenization mainly affects MFGM and to a less extent also proteins.

*Keywords:* Homogenization, pasteurization, milks components, lactose, MFGM, lactose, casein, whey, UHT

# Innehållsförteckning

<b>Förkortningar</b>	<b>5</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte och frågeställning	8
1.3 Avgränsning	8
<b>2 Metod</b>	<b>9</b>
<b>3 Mjök och mejeriprocesser</b>	<b>10</b>
3.1 Mjölakens sammansättning	10
3.1.1 Protein	10
3.1.2 Laktos	11
3.1.3 Fett	11
3.1.4 Vitaminer	12
3.2 Mejeriprocesser	13
3.2.1 Homogenisering	13
3.2.2 Pastörisering	13
<b>4 Mejeriprocessernas påverkan på mjölakens komponenter</b>	<b>15</b>
4.1 Homogenisering	15
4.1.1 Stabilitet	15
4.1.2 Sensoriska egenskaper	16
4.1.3 Homogenisering i kombination med värmebehandling	16
4.1.4 Biotillgänglighet & hälsoeffekter	16
4.2 Pastörisering	18
4.2.1 Stabilitet	18
4.2.2 Sensoriska egenskaper	19
4.2.3 Biotillgänglighet & hälsoeffekter	20
<b>5 Sammanfattning och slutsats</b>	<b>21</b>
<b>Referenser</b>	<b>23</b>



## Förkortningar

ESL:	Extended shelf-life
HTH:	High pressure homogenization
HTST:	High temperature short time
LTH:	Low temperature holding
MFGM:	Milk fat globule membrane
UHPH:	Ultra high pressure homogenization
UHT:	Ultra high temperature





# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Idag är allmänheten mer hälsomedvetna än tidigare och intresset för hur livsmedel produceras och förädlas är växande. Konsumtionsmjölk är en basvara i många hem och en god källa till bland annat protein och kalcium (Siddique et al. 2010). Mjolkprodukter bidrar med ungefär 30 % av totala proteinintaget och 65 % av proteinintaget från animaliska produkter i europeiska länder samt Nordamerika (Fox & McSweeney, 2003). Mellan åren 2007 och 2012 har dock konsumtionen av mjölk i Sverige minskat med 11 liter per person och år (Jordbruksverket 2014). Minskningen kan bero på ett större utbud av andra drycker, bland annat nya vegetabiliska alternativ som havremjolk. Andra bidragande faktorer kan vara förändrade matvanor samt nya studier som pekar på att konsumtion av mjölk kan ha negativa konsekvenser. Enligt Arla konsumerar svenskar idag cirka 2,5 dl mjölk per dag (Arla, 2015b)

Mejeriprocesserna och deras effekt på mjölkens sammansättning och egenskaper är något som har diskuterats mycket och som diskuteras ännu idag. Många förespråkar naturlig mjölk samtidigt som många studier tyder på att mjölkens positiva egenskaper inte påverkas negativt utan att de olika mejeriprocesserna bidrar till en säker och hållbar produkt. De som förespråkar obehandlad mjölk anser att den är näringsrikare än den behandlade mjölken samt att den bidrar med positiva hälsoeffekter genom att motverka sjukdomar och åkommor som allergier, cancer samt laktosintolerans (MacDonald et al. 2011). Samtidigt kan den opastöriserade mjölken vara olämplig att dricka på grund av förekomst av bakterier som kan tillväxa och orsaka allvarliga konsekvenser. Enligt svensk lagstiftning ska all mjölk som säljs i Sverige idag vara pastöriserad, med undantag för små mängder som säljs direkt från gården (Livsmedelsverket, 2015b).

Homogeniseringen är inte lagstadgad och vissa produkter så som helmjölk säljs ohomogeniserade. I detta arbete kommer klargöras vad de vanligaste mejeriprocesserna innebär och hur de kan påverka mjölken.

## 1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med detta arbete är att studera de olika mejeriprocessernas påverkan på mjölken; dess komponenter och egenskaper. De vanligaste mejeriprocesserna idag, dvs. homogenisering och pastörisering, kommer att belysas. Komponenterna som ska undersökas i relation till dessa processer är protein, fett, laktos och vitaminer. Fokus kommer att ligga på egenskaperna biotillgänglighet, stabilitet samt sensoriska egenskaper.

## 1.3 Avgränsning

Mejeriprocessernas effekt på mjölken är ett omdebatterat ämne och det utvecklas med tiden nya processer som dock ännu inte tillämpas i någon större utsträckning i dagens mejeriindustri. Denna rapport avgränsas därför till processerna pastörisering och homogenisering, som är de vanligaste mejeriprocesserna samt till mjölkens beståndsdelar protein, fett, laktos och vitaminer.

## 2 Metod

Arbetet är en litteraturstudie med fokus på mejeriprocesser och deras påverkan på mjölk. Uppsatsen är uppdelad i en teoridel som belyser mjölkens komponenter och mejeriprocesserna homogenisering och pastörisering samt en resultatdel där information huruvida mejeriprocesserna påverkar mjölken har samlats. Rapporten grundar sig på böckerna "Improving the safety and quality of milk" och "Essentials of Food Science", samt vetenskapliga texter hämtade från sökmotorerna PubMed, Primo och Web of Science. De flesta studierna är publicerade inom de fem senaste åren. Webbhemsidor som livsmedelsverket.se har också använts.

## 3 Mjök och mejeriprocesser

### 3.1 Mjölakens sammansättning

Mjölakens sammansättning beror på flera faktorer såsom djurets ras, ålder, laktationsstadium och fysisk aktivitet. Mjök är en emulsion och består till största del av vatten, laktos, protein, fett samt vitaminer och mineraler (Vaclavik & Christian 2008). Nedan presenteras komponenter som kommer att behandlas vidare i rapporten.

#### 3.1.1 Protein

Mjök är en bra proteinkälla och innehåller högvärdigt protein. Mjölakens främsta protein utgörs av kasein och vassleproteiner, dessa utgör 3-4 % av mjölaken varav kasein utgör 80 % av det totala proteininnehållet. Kasein delas upp i olika grupper;  $\alpha$ ,  $\beta$  och  $\kappa$ -kasein (Vaclavik & Christian 2008). Aminosyrasammansättningen varierar hos de olika formerna av kasein. Kaseinet är ett fosforhaltigt protein bestående av 150-200 aminosyror och förekommer som kaseinmiceller i mjök (Michalski & Januel 2006). Det har spekulerats mycket om kaseinmicellernas utseende, vilket ännu inte är helt säkerställt. En teori är att varje micell består av ett flertal submiceller som är sammanbundna med kalciumfosfatbryggor, en teori som ifrågasätts idag. Micellerna har en hydrofobisk kärna med  $\alpha$  och  $\beta$ -kaseiner. På ytan finns hydrofila  $\kappa$ -kaseiner med en hårliknande struktur som stabiliserar micellen under normala förhållanden. Till micellerna binder också fosfat, kalcium och citrat. Mängden är cirka  $10^{15}$  miceller per liter mjök. Micellerna koagulerar vid tillsats av syra eller löpe vilket är önskvärt i osttillverkning (Vaclavik & Christian 2008; Coultate 2014). Vassle är den lösliga fraktionen av mjök och innehåller 20 % av mjölakens proteiner. Vassleproteiner är globulära och utförs till största del av  $\beta$ -laktoglobulin och  $\alpha$ -laktalbumin. Utöver dessa förekommer till exempel serumalbumin, laktoperoxidas (enzym), immunglobuliner och laktoferrin. Vid höga

temperaturer kan vassleproteiner denaturera och bilda komplex med varandra eller andra proteiner. Detta kan leda till gelbildning som bland annat förekommer i UHT-mjölk under lagring samt vid sterilisering (Griffiths 2010). Vassle innehåller även laktos och andra vattenlösliga näringsämnen. Vassle separeras från kasein vid osttillverkning och ansågs länge som en restprodukt. Senare har man insett dess nutritionella och funktionella egenskaper och idag används den i många produkter, bland annat som proteinpulver för de som utför fysisk träning. Vassleprotein tas snabbare upp i blodet än kasein vilket utnyttjas av tränande personer som vill få i sig protein snabbt efter träning (Fox & McSweeney 2003). Många andra biologiskt aktiva proteiner och peptider har identifierats i mjölk i små mängder, vissa anses ha antimikrobiella egenskaper. Man har även sett att proteinsammansättningen i mjölk varierar beroende på laktationsstadium (Murgiano et al. 2009). Mjölprotein anses ha andra betydande egenskaper vad gäller påverkan på hälsa, bland annat anses de vara anti-cancerogena, motverka karies samt förbättra biotillgänglighet av järn. De är även en viktig allergen i livsmedel och anses av vissa forskare vara involverade i vissa fall av diabetes (Michalski & Januel 2006).

### 3.1.2 Laktos

Främsta kolhydraten i mjölk är laktos även kallad mjölksocker. Laktos syntetiseras i juvrets epitelceller och är en disackarid bestående av monosackariderna glukos och galaktos. Laktos är en viktig osmotiskt aktiv komponent i mjölken. Mängden är förhållandevis konstant och utgör 4,5- 5,0 % i komjölk. Laktos bidrar till mjölkens fermenterbarhet vilket är viktigt i tillverkningen av mejeriprodukter som yoghurt och fil, men även ost. Mjölksyrabakterier metaboliserar laktos till mjölksyra, detta resulterar i sänkt pH och mjölkens koagulering. En annan viktig egenskap hos laktos är att det är ett reducerande socker, vilket gör att laktos deltar i Maillard reaktionen där många aromatiska ämnen bildas (Griffiths 2010). Laktos har ett lågt GI-värde, vilket är till fördel för diabetiker (Siddique et al. 2010). 4-10 % av vuxna i Sverige har laktosintolerans och utbudet av låglaktosprodukter har ökat på senare år. I dessa produkter har laktoshalten reducerats genom olika processer, ofta baserade på enzymatisk nedbrytning av laktosen. Laktosintoleranta individer tål dock fermenterade mjölkprodukter bättre eftersom mjölksyrabakterierna bryter ner laktosen under processen (Livsmedelsverket 2015a).

### 3.1.3 Fett

Mjölkfettet förekommer som mycket små fettkulor suspenderade i vattenfasen. Mängden fett i komjölk varierar i regel mellan 3-5 %. Mjölkfett består till största del av triglycerider (>95 %). Fettsyrasammansättningen varierar och mjölkfettet innehåller fettsyror av olika längder och mättnadsgrader (Griffiths 2010). I jämförelse med vegetabiliska fetter innehåller mjölkfettet en högre andel mättade fettsyror, motsvarande ca 30-35 % av fettsyrorna i mjölk (Michalski & Januel 2006). En

del av mjölkfettet består av mono och di-glycerider samt en mindre del av kolesterol, fosfolipider samt sphingolipider.

Fettet i mjölk förekommer i form av fettkulor med en diameter mellan 0,1 till 10 mikrometer (Griffiths 2010). Fettkulorna omges av ett tunt membran, det så kallade "milk fat globule membrane" (MFGM). MFGM innehåller fosfolipider på ytan där även olika proteiner ingår, bland annat proteinet butyrophillin och enzymet xantinoxidas. Proteininnehållet i MFGM är till stor del ännu okänt (Murgiano et al. 2009). Fettkulornas inre är opolärt och består av triglycerider. Fosfolipiderna på ytan har en lägre mättnadsgrad än triglyceriderna i kärnan. Membranet stabiliserar emulsionen och skyddar även triglycerider mot enzymatisk nedbrytning, lipolys (Griffiths 2010). Proteinerna bundna till MFGM anses bidra med positiva hälsoeffekter. De anses ha en vitaminbindande förmåga, kunna sänka risken för cancercellväxt, vara kolesterolsänkande och ha en dämpande effekt på multipel skleros. Många av membranproteinerna är glykoliserade vilket anses kunna förebygga infektioner och angrepp på tarmslemhinnan hos nyfödda (Murgiano et al. 2009).

Mjölkfettet har ett stort ekonomiskt värde och utgör en av de parametrar som mjölkproducenten får betalt för. Fettet innehåller de fettlösliga vitaminerna samt pigmenten karoten och xantofyll (Vaclavik & Christian 2008). Huruvida mjölkfett bidrar till god hälsa finns det delade meningar om. De negativa aspekterna riktar sig mot kolesterol och mättade fettsyror då dessa som känt är korrelerade till hjärt- och kärlsjukdomar. Konjugerad linolsyra, smörsyra samt sfingomyelin bidrar däremot med positiva hälsoeffekter då de bland annat anses vara anti-cancerogena (Michalski & Januel 2006).

#### 3.1.4 Vitaminer

I mjölk förekommer alla de fettlösliga vitaminerna A, D, E och K i olika mängder. Mjölk är en god källa till vitaminerna A, D och B. Efter separering av mjölk tas fettet bort och stor del av de fettlösliga vitaminerna försvinner. Efter standardiseringen är fetthalten lägre och med det även vitaminhalten, därför berikas mellan- och lättmjölk ofta med vitamin A och D. D-vitaminberikningen har ökat då man på senare år sett att behovet är högre, speciellt i nordiska länder där soltimmarna är få på vinterhalvåret (Vaclavik & Christian 2008). B-vitaminer är vattenlösliga och förekommer i mjölk i olika halter. Mjölk är en god källa till vitamin B12, riboflavin, pantotensyra och folat. Ungefär halva dagsbehovet av vitamin B12 täcks in med ett glas konsumtionsmjölk (Arla 2015a). Mjölk innehåller även aminosyran tryptofan vilken är en prekursor till vitaminet niacin. Många av de vattenlösliga vitaminerna, speciellt riboflavin är ljuskänsliga och bryts därmed ner vid exponering för solljus (Vaclavik & Christian 2008).

## 3.2 Mejeriprocesser

### 3.2.1 Homogenisering

Vid homogeniseringen påverkas mjölkens fysiska struktur då fettkulorna slås sönder med högt tryck (15-40 MPa) (Qi et al. 2015). Syftet är att reducera storleken på fettdropparna i mjölk och motverka gräddsättning. Till viss grad motverkas även koalescens, vilket innebär att risken för att fettkulorna går samman reduceras, emulsionen blir stabilare och mjölkens hållbarhet ökar (Michalski & Januel 2006). Andra effekter av behandlingen är att mjölken får en vitare färg på grund av finare fördelning av fettkulorna vilket ökar ljusabsorptionen och reflektionen. Mjölken får även en bättre smak beroende på finfördelningen av fett. Fettkulornas storlek reduceras med cirka en tiondel av den ursprungliga storleken. För att åstadkomma detta tvingas mjölken med hjälp av högt tryck genom en smal spalt i en homogeniseringsanordning. Homogenisering bidrar till en permanent emulsion då fettkulorna slås sönder och får nya ytor där även kasein och vassleproteiner deltar tillsammans med rester av MFGM. Proteinerna motverkar att de nya fettkulorna binder till varandra. Homogeniseringen kan både genomföras innan och efter pastörisering (Vaclavik & Christian 2008). High pressure homogenization (HPH) resulterar i ännu mindre fettkulor än vanlig homogenisering (Michalski & Januel 2006) på grund av det högre trycket, 100-1000 MPa (Griffiths 2010). Ultra high pressure homogenization (UHPH) är en metod som har utvecklats under senare år med syfte att minska temperaturen på kompletterande värmebehandling och samtidigt få en hållbar produkt med mindre förändringar hos mjölken. Resultatet blir då en produkt med liknande hållbarhet som UHT-behandlad mjölk men med minskade sensoriska förändringar. Metoden liknar vanlig homogenisering däremot behandlas mjölken under ett högre tryck (Amador-Espejo et al. 2014).

### 3.2.2 Pastörisering

Pastörisering är en metod som används sen lång tid tillbaka med syfte att inaktivera patogena mikroorganismer och med detta förbättra säkerheten hos produkten. Dessutom avdödas även produktförstörande mikroorganismer samt vissa enzymer vilket gör att produktens hållbarhet ökar. Pastörisering är en värmebehandling där mjölkens hettas upp till en högre temperatur under en specifik tid för att därefter kylas ned. Metoden började användas i livsmedelsindustrin på 1890-talet för att förhindra sjukdomsspridning. Med ökade transporter och behov av en längre hållbarhet och säkerhet hos produkten har metoden blivit mycket frekvent använd. Idag är pastörisering av konsumtionsmjölk lagstadgad i Sverige (Adams & Moss 2014). Behandlingen ger ett säkert skydd mot sjukdomar orsakade av mikroorganismer i mjölk. Mikroorganismerna i mjölk som kan orsaka sjukdom är bland annat *Campylobacter*, *Listeria* samt enterohemorragisk *Escherichia coli* (EHEC). Symptomen vid en infektion är ofta magsmärtor som sedan kan utvecklas till allvarli-



gare sjukdomstillstånd beroende på vilken bakterie som orsakat infektionen. De som är extra känsliga för infektion är barn, äldre, gravida samt individer med nedsatt immunförsvar. Därför rekommenderas inte konsumtion av opastöriserad mjölk för dessa grupper (Livsmedelsverket 2015b).

Det finns olika sorters metoder för värmebehandling men de vanligast idag är pastörisering där mjölken upphettas till olika temperaturer samt ”ultra high” temperaturrebehandling (UHT). Lågpastörisering, även kallad high-temperature-short-time (HTST) är den vanligaste behandlingen i Sverige och används för konsumtionsmjölk där mjölken hettas upp till 72 °C i 15 sekunder. Fetare mjölkprodukter som grädde behandlas med högpastörisering eftersom värme överförs långsammare i fett, ett exempel på en sådan behandling för grädde är 80 °C i 5 sekunder. Fil och yoghurt behandlas också med högre temperaturer, mjölken hettas upp till 92 °C i 10 minuter. Orsaken till detta är både avdödning av bakterier men även för att uppnå en bättre textur i produkten. UHT-mjölk hettas upp till 135-140 °C i 1-4 sekunder (Livsmedelsverket 2015b). Syftet med UHT är att avdöda alla mikroorganismer och sporer, främst arter av *Bacillus* som kan orsaka problem i mjölk, samt inaktivering av enzymer. Behandlingen förlänger hållbarheten avsevärt, upp till flera månader samt tillåter förvaring i rumstemperatur (Griffiths 2010). Utmaningen med UHT är att framställa mjölk med bevarade sensoriska och näringsmässiga egenskaper med en utökad hållbarhet. Denna metod används främst i länder med ett varmt klimat, där hållbarheten är viktig. I Sverige är efterfrågan mindre bland annat på grund av sämre smak som upplevs som kokt. Problemet med den kokta smaken kan reduceras genom att använda en annan värmebehandling, så kallad ”extended shelf-life” (ESL). Metoden bidrar till en längre hållbarhet, dock inte lika långvarig som UHT-behandling. ESL är ett mellanting av högpastörisering och UHT, mjölken hettas upp till över 100 °C under en kort period (1-5 sekunder). Man har i studier sett att mjölk som hettas upp till 70-80 °C under en längre period, till exempel 15 s, har sämre sensoriska egenskaper än mjölk upphettad till högre temperaturer såsom 100 °C under kortare period. Mjölken som upphettades till den högre temperaturen uppvisade också en förlängd hållbarhet (Griffiths 2010).

Tabell 1. Sammanfattande tabell över värmebehandlingar

Värmebehandling	Temperatur (°C)	Tid (s)
HTSH	72	15
Högpastörisering	80-95	5 (varierar mellan produkter)
UHT	135-140	1-4
ESL	100	1-5

## 4 Mejeriprocessernas påverkan på mjölkens komponenter

### 4.1 Homogenisering

Homogenisering är den behandling som leder till störst påverkan på mjölkens mikrostruktur och processen kan även leda till förändrade hälsoegenskaper (Michalski & Januel 2006). Andra förändringar hos mjölken orsakade av homogenisering är ljusare färg på grund av ljusspridning, högre viskositet samt högre ljuskänslighet. Homogeniseringen anses också förbättra mjölkens textur och smak, till följd av mindre fettkulor (Vaclavik & Christian 2008).

#### 4.1.1 Stabilitet

Påverkan på mjölkens komponenter beror på samma sätt som hos pastöriseringen på behandlingens typ och temperatur. Största förändringen i mjölkens lösliga komponenter är hos kaseinet; micellerna skadas, faller sönder och omorganiseras. Vid fettdropparnas sönderdelning förändras strukturen av MFGM. En del komponenter bundna till MFGM hamnar i vattenfasen och nya proteiner och fosfolipider binder till membranet. Mängden fosfolipider bundna till MFGM är lägre efter homogeniseringen än innan. Protein-protein bindningar påverkas vilket gör att proteiner inte kan binda till varandra eller till det nybildade MFGM. Vid homogenisering minskar fettdropparnas storlek avsevärt vilket gör att kontaktytan med vattenfasen ökar. Man har sett att fettdropparnas storlek tenderar att vara mindre vid värmebehandling kombinerat med homogenisering oberoende på ordning, jämfört med endast homogeniserad mjölk. Fettdropparnas storlek ändras dock inte av endast värmebehandling. Den homogeniserade mjölken resulterar i tre typer av partiklar; små lipid-protein komplex med nya membraner, små fettdroppar vilka inte påverkas av homogeniseringen på grund av storleken samt de vanliga fett-dropparna vilka genomgott sönderdelning vid homogeniseringen. De nya fett-dropparna har nya ytor vilka inte är helt omgivna av MFGM, även andra ämnen (främst

kasein) binder till det nya membranet (Michalski & Januel 2006; Qi et al. 2015). Homogeniseringens påverkan på mjölksockret laktos är ännu relativt okänt. Studier har visat på att laktos inte sönderdelas vid behandling med högt tryck. Huruvida homogenisering påverkar kolhydratens förmåga att medverka i Maillard reaktionen är ännu inte klarlagt (Griffiths 2010).

#### 4.1.2 Sensoriska egenskaper

Homogenisering anses bidra till en förbättrad smak hos mjölk då den upplevs som fylligare beroende på finfördelningen av fettkulorna (Vaclavik & Christian 2008). En annan viktig effekt är ljusare färg på grund av ökad ljusspridning (Mjolk, 2014b). HTH-behandlad mjölk har däremot visat sig i vissa fall kunna resultera i försämrad smak på grund av fettoxidation, till skillnad från värmebehandling där smakförändringar sker på grund av Maillard reaktionen och proteindenaturering. UHPH-behandlad mjölk resulterar i mindre förändringar med avseende på kokt smak än vid UHT-behandling. Detta beror på att mjölken behandlas med lägre temperaturer (Michalski & Januel 2006).

#### 4.1.3 Homogenisering i kombination med värmebehandling

Studier pågår avseende effekter av homogenisering i kombination med värmebehandling som sker före eller efter homogeniseringen. Värmebehandling före eller efter homogenisering påverkar proteinabsorptionen till fettkulornas yta (Qi et al. 2015). I studien av Michalski & Januel (2006) framkom att värmebehandling efter homogeniseringen ökar vassleproteinets förmåga att binda till de nya fettdropparnas membran. Detta kan bero på att vassle denaturerar vid 70 °C och associerar då till fettdropparna eller kan binda till andra proteiner, nya MFGM eller direkt till fettdropparna. Om pastörisering sker innan homogenisering binder de denaturerade vassleproteinerna till MFGM och kaseinmicellerna samt komplex av både kasein och vassleprotein binder till fettdropparnas membran. Vassleprotein utgör då 20 % av membranets nya yta. Vid homogenisering före pastörisering binder kaseinmicellerna eller micellfragment till fettdropparnas yta och denaturerade vassleproteiner binder till MFGM och kaseinerna via disulfidbindning. Den totala proteinmängden som binder till MFGM förändras däremot inte beroende av om homogenisering sker före eller efter värmebehandling. I vilken ordning behandlingarna utförs påverkar inte homogeniseringens syfte med att motverka gräddsättning. Fettdropparnas storlek ändras inte heller av ordningen, däremot har man sett att storleken är mindre än vid endast homogenisering. (Michalski & Januel 2006).

#### 4.1.4 Biotillgänglighet & hälsoeffekter

Man har kunnat påvisa att upptag av mjölkens näringsämnen och biotillgänglighet hos MFGM samt andra hälsofrämjande komponenter kan gynnas av homogenise-

ring (Qi et al. 2015). Under matsmältningen sker en koagulering av kasein och fett droppar i magsäcken. Strukturen i homogeniserad mjölk är mycket mer finfördelad än i ohomogeniserad mjölk vilken gör att protein lättare absorberas i tunnarmen. De små fett dropparna i homogeniserad mjölk kan även vara till hälso fördel speciellt för spädbarn och personer med pankreas problem. Pankreas utsöndrar enzym som hydrolyserar triglycerider för vidare absorption, då fett dropparna redan är små vid intag gynnas lipolysen och upptaget av fett (Michalski & Januel 2006).

Studier om hur homogeniserad mjölk kan bidra med positiva respektive negativa hälso effekter och påverka sjukdomar har pågått ända sedan 1970-talet, då forskaren Kurt Oster publicerade en studie om de negativa effekterna av homogeniserad mjölk på blodkärlen. Han menade att enzymet xantinoxidas frigörs vid homogeniseringen och absorberas i blodet vilket skulle orsaka hjärtsjukdomar (McCarty 2007). Denna teori förkastades dock sedan eftersom människan själv kan bilda stora mängder av detta enzym, större än vad homogeniserad mjölk innehåller. Idag finns det ingen vetenskaplig grund för att homogenisering skulle ha sådana effekter på hjärt- och kärlsjukdomar (Mjölk, 2014a). Fettkulornas eventuella hälso effekter är ett ämne som även undersöks i dagsläget. Man har hittat samband mellan proteiner bundna till MFGM och olika hälso effekter som bland annat kranskärlsjukdomar, cancer och påverkan på infektioner. Det handlar då ofta om MFGM-proteinet butyrophillin. I sitt nativa tillstånd anses proteinet bland annat kunna minska risken för cancer och multipel skleros samt vara bakteriedödande och vitaminbindande (Murgiano et al. 2009). Vissa studier pekar dock på att MFGM-proteiner kan vara involverade i autoimmuna och neurologiska sjukdomar. Forskarna är dock inte ense om huruvida ovan nämnda effekt påverkas av den omorganisering som sker bland komponenter i MFGM samt att komponenters frigörs till mjölkens vattenfas efter homogeniseringen (Michalski & Januel 2006).

I nya studier framkommer att homogenisering inte påverkar laktosintolerans. I en studie där laktosintoleranta personer fick inta homogeniserad respektive ohomogeniserad mjölk kunde inte några signifikanta skillnader i symptom påvisas. Vid mjölkproteinallergi sker en immunologisk reaktion mot mjölkprotein, främst kasein. Där har homogeniserad mjölk inte heller visat på skillnader i symptom förutom i några fall där barn med mjölkproteinallergi visade på mer symptom vid intag av homogeniserad mjölk. Detta skulle kunna bero på att kontaktytan hos fett ökar efter homogeniseringen där de allergena proteinerna kan binda. En annan anledning kan vara att proteiner frigörs från MFGM och hamnar i vattenfasen, vilket gör proteinerna mer lättillgängliga. I ohomogeniserad mjölk är en större del av de allergena proteiner inkapslade i kaseinmicellerna. Hur värmebehandling och andra

processer påverkar mjölkproteinallergi är ett ämne som fortfarande kräver vidare studier (Michalski & Januel 2006).

## 4.2 Pastörisering

Överlag anses inte pastörisering påverka mjölkens sammansättning och komponenter i någon större utsträckning. De olika näringsämnena i mjölk påverkas väldigt lite eller inte alls. Sensoriska skillnader kan förekomma i UHT-mjölk. Överlag sker en större påverkan av UHT-behandling än av lågpastörisering (Griffiths 2010). Fettsyror i mjölk påverkas inte av pastörisering och inte heller kalcium som är det främsta mineralämnet i mjölk (Livsmedelsverket 2015).

### 4.2.1 Stabilitet

Den värmebehandling som kan orsaka väsentliga förändringar hos mjölk är främst UHT-behandling som enligt Qi et al. (2015) leder till förluster av aminosyran lysin samt aggregering och denaturering av protein, främst vassleprotein. Mjölkteinet kasein är relativt värmetåligt och denatureras inte såvida temperaturen inte blir väldigt hög. Detta kan vara ett problem vid tillverkning av pulvermjölk men anses inte orsaka denaturering vid pastörisering. Vassleproteiner är däremot värmekänsliga och denaturerar vid pastörisering, vilket är den största påverkan värmebehandlingar har på mjölk. Det är främst  $\beta$ -laktoglobulin som denaturerar, i lägre grad  $\alpha$ -laktalbumin, i synnerhet vid UHT-behandling. Denatureringen är orsaken till den kokta smaken som är ett problem med UHT-behandlad mjölk (Vaclavik & Christian 2008). Vid låg pastörisering denaturerar 5-15 % av vassleproteinet, vilket inte anses påverka mjölken i någon större grad (Griffiths 2010). Förändringarna i mjölktein kan påverka tillverkningen av mejeriprodukter som ost. Vid löplagningen påverkas såväl emulgerande som skummande egenskaper (Qi et al. 2015). På grund av de förändringar som sker av vassleproteinerna har man sett att vissa individer med mjölkallergi (allergi mot vassleprotein) kan inta pastöriserad mjölk utan påvisade symptom (Evira 2010).

Överlag sker nedbrytning av värmekänsliga vitaminer i liten utsträckning. (Vaclavik & Christian 2008). Hansson & Metzger (2010) genomförde en studie där mängden vitamin D analyserades efter pastörisering och lagring av mjölk. Resultatet visade inte på någon signifikant skillnad i vitamin D mängd i varken HTST- eller UHT-behandlad mjölk. Inga signifikanta skillnader kunde heller ses i vitamin D mängd efter lagring. Denna studie visade inte heller på några skillnader i sensoriska egenskaper hos mjölken. Tidigare studier har inte heller visat på någon förändring i vitamin D innehåll i mjölk efter värmebehandling. Vitamin C-mängden reduceras med ungefär en fjärdedel vid såväl låg som hög pastörisering. En liten

påverkan sker även på folatmängden i mjölk (Månsson 2013). De vattenlösliga vitaminerna B2 och B12 kan påverkas, då en andel på 1-10 % bryts ner vid pastörisering (Livsmedelsverket 2015b). Enligt meta-analysen av MacDonald et al. (2011) minskar koncentrationen av vitaminerna B12, B2 och E. Vitaminerna C och folat visade även i denna studie på en signifikant minskning men då mjölk inte är en viktig källa för dessa vitaminer anses inte det som ett problem. Enligt studien beror påverkan på mjölkvitaminerna på behandlingens tid och temperatur.

#### 4.2.2 Sensoriska egenskaper

Lågpastörisering anses inte påverka mjölkens sensoriska egenskaper i någon större grad (Griffiths 2010). Den dåliga smaken orsakad av proteindenaturering kan dock vara det största problemet med UHT-mjölk, det är en anledning till att nya metoder börjat användas i industrierna. UHPH-behandlingen har visat sig ha liknande resultat på reduktion av mikroorganismerna hos mjölk som pastörisering. Resultatet blir då en hållbar och säker produkt där smaken bevaras och kemikaliska förändringar reduceras eftersom temperaturen är längre än vid pastörisering (Amador-Espejo et al. 2014).

Maillard reaktionen sker vid höga temperaturer mellan den reducerande änden hos laktos och aminosyror i mjölkprotein. Reaktionen börjar under upphettningen och fortsätter sedan under lagring. Reaktionshastigheten stiger vid temperaturer över 100 °C. Mjölk påverkas då många smak- samt luktämnen bildas, främst hydroxylmetylfurfural (HMF). Färgförändringar uppstår då de bruna färgämnen pyraziner och melanoidiner bildas, detta sker dock i liten grad och brukar inte vara märkbart (Griffiths 2010). Effekten av UHT-behandlingen märks först under lagring, främst vid högre temperaturer. I studien observerades en signifikant skillnad vid lagring i 25 °C respektive 40 °C, då Maillard reaktionen påskyndades under den högre temperaturen vilket bidrog till en högre mängd av HMF i mjölk. Andra effekter av Maillardreaktionen är att laktosmängden i produkten sjunker. Mängden laktos beror även på mjölkens kvalitet, då mjölk med sämre kvalitet visades ha en lägre laktoshalt i den slutgiltiga produkten (Siddique et al. 2010). Även aminosyramängden i mjölk reduceras i samband med Maillardreaktionen, då främst aminosyrorna lysin och arginin. Lysinmängden kan reduceras med 2 % vid pastörisering och UHT, en betydligt större andel bryts ner vid ännu högre temperaturbehandlingar som sterilisering (Coultate 2014). Lågpastörisering anses inte påverka laktosmängden i mjölk (Livsmedelverket 2015b).

#### 4.2.3 Biotillgänglighet & hälsoeffekter

Enligt Svenska livsmedelsverket har inte pastörisering någon påverkan på mjölkens näringsvärde då näringsämnen, främst vitaminerna bryts ner i väldigt liten grad. De anser att pastöriserad mjölk är bättre för hälsan då risken för infektion är betydligt mindre. Pastörisering har ingen effekt på laktosintolerans. En del studier har visat att barn som bor på bondgård och intar opastöriserad mjölk har längre risk att utveckla allergier, man vet dock inte om detta beror på själva mjölken eller på andra faktorer som finns på gården. Det finns inga vetenskapliga belägg på att opastöriserad mjölk skulle kunna bota allergier. Biotillgängligheten påverkas inte heller av pastörisering (Livsmedelsverket 2015b). Som ovan nämnt har enligt Evira (2010) intag av pastöriserad mjölk visat på mindre symptom vid mjölkallergi hos vissa individer, detta på grund av de förändringar som sker av vassleprotein.

## 5 Sammanfattning och slutsats

Mjölkkonsumtionen har på senaste tiden minskat på grund av ett större urval av alternativa drycker såväl som på grund av nya studier som dyker upp och påstår att mjölk kan ha negativa hälsoeffekter. Mejeriprocesser ifrågasätts då flertal studier tyder på dess negativa påverkan. Samtidigt intresserar sig konsumenter i större utsträckning för hur livsmedel framställs och efterfrågar allt mer så naturliga produkter som möjligt.

Pastörisering är en värmebehandling där mjölken hettas upp till hög temperatur under kort tid i syfte att avdöda oönskade mikroorganismer. Lågpastörisering är vanligast och används på all konsumtionsmjölk i Sverige. Mjölkfett, mineraler, laktos och kasein påverkas inte i någon större grad av lågpastörisering. Vassleproteiner påverkas i liten grad där endast en liten andel förändras. Sammanfattningsvis har lågpastörisering ingen eller väldigt liten påverkan på de flesta komponenterna i mjölken, vitaminer kan dock brytas ner i olika grader. Den värmebehandling som kan ge väsentliga förändringar hos mjölk är UHT. Vid UHT-behandling denaturerar en större andel vassleprotein än vid lågpastörisering, detta leder till kokt smak hos mjölk som är en icke önskvärd effekt som bidrar till att konsumenter i Sverige väljer bort dessa produkter. Inga studier kunde hittas på huruvida pastörisering påverkar biotillgänglighet av mjölkens näringsämnen.

Homogenisering är en metod som används med syfte att förhindra gräddsättning hos mjölk, mjölkens pressas med högt tryck genom en mycket smal spalt vilket resulterar i att fettkulornas storlek reduceras. Homogenisering leder till förändringar hos mjölkens fett och protein. MFGM slås sönder och fettkulorna får nya komponenter bundna till ytan, främst kaseiner som binder in och kompletterar där MFGM inte räcker till då kontaktytan hos fettkulorna ökar. Behandlingen påverkar inte mjölkens komponenter i någon större grad och bidrar inte till några oönskade sensoriska förändringar. Homogenisering anses påverka upptag av fett och protein positivt till följd av finfördelning av näringsämnena. Behandlingen anses inte på-



verka laktosintolerans och mjölkproteinallergi, förutom i några fall där barn med mjölkproteinallergi visade på mer symptom vid intag av homogeniserad mjölk. Effekter på sjukdomar och allergitillstånd är ett ämne där vidare studier bör genomföras för att man ska kunna fastställa dess påverkan.

Utbudet av ohomogeniserad mjölk ökar i Sverige, bland annat från tillverkaren Arla som säljer mjölken under namnet "gammaldags mjölk", detta på grund av en ökad efterfrågan av "naturliga" produkter som många anser vara ett hälsosammare alternativ. Båda metodernas påverkan beror på behandlingens temperatur och tid. Nya metoder testas i industrier med syfte att minimera nedbrytning av näringsämnen och sensoriska förändringar. Sammanfattningsvis bidrar inte dessa två mejeriprocesser till några större förändringar i mjölk om man ser till de studier som finns idag. Fördelarna med dessa processer kan tyckas överväga eventuella negativa förändringar avseende mjölkens egenskaper eftersom de bidrar med en säker och god produkt. Mjölk är en god näringskälla och har ingått i svensk kost sedan lång tid tillbaka utan att ifrågasättas och utan att ha påverkat människors hälsa negativt. Den aktuella frågan är om den under senare årtionden konsumerade mjölken som är mer processad än tidigare har några negativa egenskaper. Än så länge finns inte tillräckligt många studier som pekar på att konsumtion av mjölk skulle vara negativt och för att rekommendationer om ett minskat intag ska kunna ges, oavsett om mjölken är processad eller inte.

## Referenser

- Adams, M., Moss, M. (2014). *Food Microbiology*. 3. Uppl., Great Britain: The Royal Society of Chemistry.
- Arla. (2015a). *B-vitaminer*. <http://www.arla.se/halsa/kost-och-kropp/mjolk-naring/b-vitaminer/> [2015-04-27].
- Arla. (2015b). *Fakta om mjölk*. <http://www.arla.se/recept/fakta-tips-och-ravaror/fakta-om-mjolk/> [2015-05-18]
- Amador-Espejo, G., Suarez-Berencia, A., Juan, B., Barcenas, M & Trujillo A. (2014). Effect of moderate inlet temperatures in ultra-high-pressure homogenisation treatments on physicochemical and sensory characteristics of milk. *Journal of Dairy Science*. 97(2) ss 659-671.
- Coultrate, T. (2014). *FOOD The Chemistry of its Components*. 5. uppl., Great Britain: The Royal Society of Chemistry.
- Evira – Livsmedelssäkerhetsverket. (2010). *Matallergener*. <http://www.evira.fi/portal/se/livsmedel/information+om+livsmedel+/matallergener/de+vanligaste+orsakerna+till+matallergi/mjolk> [2015-05-02].
- Fox, P., McSweeney, P. (2003). *Advanced Dairy Chemistry-1 Proteins*. 3. Uppl., New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Griffiths, Mansel W. (2010). *Improving the safety and quality of milk*. UK: Woodhead Publishing Limited.
- Hanson, A., Metzger, L. (2010). Evaluation of increased vitamin D fortification in high-temperature, short-time-processed 2 % milk, UHT-processed 2 % fat chocolate milk, and low-fat strawberry yoghurt. *Journal of Dairy Science*. 93(2).
- Jordbruksverket. (2014). *Jordbruket i siffror*. <https://jordbruketsiffror.wordpress.com/2014/02/03/var-konsumtion-av-mjolk-har-minskat-med-1-1-liter-per-person-och-ar-mellan-2007-och-2012> [2015-04-29].
- Livsmedelsverket. (2015a). *Mjölk och laktos*. <http://www.livsmedelsverket.se/matvanor-halsa--miljo/sjukdomar-allergier-och-halsa/allergi-och-overkanslighet/mjolk-och-laktos/> [2015-04-27].
- Livsmedelsverket. (2015b). *Opastöriserad mjölk*. <http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/mat-och-dryck/mjolk-och-mejeriprodukter/varfor-pastoriserar-mjolken/> [2015-04-08].
- MacDonald, L., Brett, J., Kelton, F., Majowicz, S., Snedeker, K., Sargeant, J. (2011). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Pasteurization on Milk Vitamins, Evidence for Raw Milk Consumption and Other Health-Related Outcomes. *Journal of Food Protection*. 74(11) ss 1814-1832.
- McCarty, M. (2007). Oster rediscovered. *Medical Hypotheses*. 69 ss 325-332.

- Michalski, M. & Januel, C. (2006). Does homogenization affect the human health properties of cows milk?. *Trends on Food Science & Technology*. 17 ss 423-437.
- Mjölks. (2014a). *Finns det några negativ effekter av homogenisering*. <http://www.mjolk.se/#!/fragor-och-svar/finns-det-nagra-negativa-effekter-av-homogenisering/>. [2015-04-17].
- Mjölks. (2014b) *Vad innebär homogenisering av mjölk*. <http://www.mjolk.se/fragor-och-svar/vad-innebar-homogenisering-av-mjolk/#!/fragor-och-svar/vad-innebar-homogenisering-av-mjolk/>. [2015-05-18].
- Murgiano, L., Timperio, A., Zolla, L., Bongiorno, S., Valentini, A., Pariset, L. (2009). Comparison of Milk Fat Globule Membrane (MFGM) Proteins of Chianina and Holstein Cattle Breed Milk Samples Through Proteomics Methods. *Nutrients* 1 ss 302-315.
- Månsson, H. (2013). *Näringsvärden i konsumtionsmjölk samt gräddprodukter*. LRF Mjölks (En forskningsrapport från Lrf Mjölks, 8001).
- Qi, P., Ren, D., Xiao, Y., Tomasula, P. (2015). Effect of homogenization and pasteurization on the structure and stability of whey protein in milk. *Journal of Dairy science*. 98(5) ss 2014-8920.
- Siddique, F., Anjum, F., Huma, N., Jamil, A. (2010). Effect of Different UHT Processing Temperatures on Ash and Lactose Content of Milk during Storage at Different Temperatures. *International journal of agriculture and biology*. 12(3) ss 1814-9596.
- Vaclavik, V., Christian, E. (2008). *Essentials of Food Science*. 3. Uppl., USA: Springer.