

# Råvarenes teknologiske egenskaper. Enkel praktisk og teoretisk innføring i matteknologi

Oddlaug Ledsaak og Bjørn Eben

CC-BY-SA Høgskolen i Oslo og Akershus

HiOA Småskrift 2013 nr 2

Opplag trykkes etter behov, aldri utsolgt

HiOA,  
Læringscenter og bibliotek,  
Skriftserien  
St. Olavs plass 4,  
0130 Oslo,  
Telefon (47) 64 84 90 00

Postadresse:  
Postboks 4, St. Olavs plass  
0130 Oslo

Adresse hjemmeside: <http://www.hioa.no/Om-HiOA/Nettbokhandel>  
For elektronisk bestilling klikk Bestille bøker

Trykket hos Allkopi  
Trykket på Multilaser 80 g hvit

**Ny utgave samme innhold:**  
**Denne publikasjonen er tidligere utgitt som Småskrift nr 5/2010, Høgskolen i Akershus**

# **Råvarenes teknologiske egenskaper. Enkel praktisk og teoretisk innføring i matteknologi**

Oddlaug Ledsaak og Bjørn Eben

Avd. for Yrkesfaglærerutdanning  
Høgskolen i Akershus 2010

# Forord

”Råvarenes teknologiske egenskaper. Enkel praktisk og teoretisk innføring i matteknologi” er en revidert og oppdatert utgave av kompendiet ”Eksperimentell matlaging” utgitt av Marit Hveem og Oddlaug Ledsaak.

Kap 8, 9, 10 og 11 som er nye, omhandler temaene korn, mel og gjærbakst samt kjøtt, fisk og hjelpe- og tilsetningsstoffer. For skriving av kap 8 er mye bakgrunnsinformasjon hentet fra kompendiet ”Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød. Verdi i kosten” utgitt av Ragnhild Ulen.

Det sentrale temaet i denne boken er de ulike komponenter i maten og hvordan disse oppfører seg i forhold til hverandre i matlagingsprosesser.

Boken er laget spesielt for yrkesfaglærerutdanning i restaurant og matfag, Hovedmålet er derfor at lærerstudenter innen matfag skal tilegne seg grunnleggende kunnskaper om hva som skjer kjemisk og fysisk under matlagingsprosessen. Mye av stoffet vil også være aktuelt for alle som er interessert i hva som skjer kjemisk og fysisk når vi lager mat..

Kunnskapen som omhandles er viktig for studentenes forståelse for valg og vurdering av hensiktsmessige matlagingsmetoder og ikke minst er dette viktig kunnskap ved utvikling av nye produkter og retter.

# Innholdsfortegnelse:

<b>1.INNLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1 Kort historisk tilbakeblikk om matlaging som vitenskap	6
1.2 Hvorfor er det spennende å vite mer om hva som skjer når vi lager mat?	8
<b>2 SENTRALE, GENERELLE EMNER INNEN MATLAGING</b>	<b>10</b>
2.1 Vann	10
2.2 pH	13
2.3 Dispersjoner / blandinger	15
2.4 Bruningsreaksjoner	18
<b>3. KARBOHYDRATER</b>	<b>22</b>
3.1 Litt generelt om karbohydrater i maten vår	22
3.2 Stivelse som tykningsmiddel	22
3.3 Pektin	34
3.4 Gums	37
3.5 Oppsummering av tykningsmidler	39
<b>4. PROTEIN</b>	<b>41</b>
4.1 Generelt om protein	42
4.2 Gelatin	45
4.3 Egg	46
4.4 Melk	55
4.5 Krem	60
4.6 Iskrem	61
<b>5. FETT/LIPIDER</b>	<b>64</b>
5.1 Lipidenes/fettets oppbygning og egenskaper	64
5.2 Teknologiske forhold	69
5.3 Majones	76
<b>6. RØRER, DEIGER OG SAUSER</b>	<b>79</b>

6.1 Rører og deiger	79
6.2 Kjemiske hevemidler	81
6.3 Sauser	84
<b>7 FRUKT, BÆR OG GRØNNSAKER</b>	<b>88</b>
7.1 Næringsinnhold	88
7.2 Oppbygning	88
7.3 Farge	91
7.4 Flavor - syn, lukt, smak	94
7.5 Tekstur	95
7.6 Oppsummering	99
<b>8.KORN, MEL OG GJÆRBAKST</b>	<b>101</b>
8.1 Mel og kornvarer i kostholdet	101
8.2 Utmalingsgrad	103
8.3 Melkvalitet av hvete	103
8. 4 Glutenkomplekset	104
8. 5 Gjærdeig av hvete	105
8.6 Elting av gjærdeig	109
8.7 Heving av gjærdeig	110
8.8 Steking av gjærbakst	111
8.9 Industriell framstilling av brød	113
8.10 Merking av brød	113
<b>9. MATTEKNOLOGISKE REAKSJONER I KJØTT</b>	<b>116</b>
9.1 Anatomisk og kjemisk oppbygging av kjøtt	116
9.2 Energiproduksjon i en levende kjøttmuskel.	120
9. 3 Mørt eller seigt kjøtt?	121
9.4 Utvikling av smak i kjøtt	127
9.5 Oppvarming – steking – koking av kjøtt	128
9.6 Stekemutagener.	131

<b>10 MATTEKNOLOGISKE REAKSJONER I FISK FRA FANGST TIL BORD.</b>	<b>134</b>
10.1 Autolyse – naturlig nedbryting av fiskemuskel	134
10.2 Fangstmetoder og førstegangsbehandling av fisk	139
10.3 Vannbinding i fisk	139
10.4 Praktisk eksempel tilberedning av fiskefarse	141
10.5 Transport	142
10.6 Koking/steking av fisk	142
<b>11 HJELPE OG TILSETNINGSSTOFFER</b>	<b>144</b>
11.1 Merking av hjelpe- og tilsetningsstoffer	144
11.2 Vurdering av grenser og humane overfølsomhetsreaksjoner	145
11.3 Konserveringsmidler og antioksidanter	148
11.4 Fargestoffer	150
11.5 Søtningsstoffer	151
11.6 Diverse tilsetningsstoffer	152
11.7 Oppsummering	155

## 1. Innledning

Denne boken handler om matteknologiske forhold og hvorfor dette er sentral kunnskap i opplæring i matlaging. For å sette dette i perspektiv gis det et kort historisk tilbakeblikk på utviklingen av matlaging som vitenskap.

### **1.1 Kort historisk tilbakeblikk om matlaging som vitenskap**

McGee gir i sin bok "On Food and Cooking" et tilbakeblikk på matlaging som vitenskap. Han stiller spørsmålet om matlaging er fag, kunst eller vitenskap. Dette har vært gjenstand for diskusjoner i mange hundre år. I virkeligheten er matlaging en kombinasjon av disse. De følgende historiske beskrivelser er hentet fra overnevnte bok.

Menon, en fransk forfatter fra midten av det 18. århundre, refererte til kokingen som kunst, men innså også nødvendigheten av både praktiske eksperimenter i kjøkkenet, (the skill element) og kjennskap til teorier.

Callingwood og Woollams, kokebokforfattere i det 18. århundre (The Universal Code 1792), tar utgangspunkt i at matlaging er blitt en vitenskaplig disiplin.

Andre som tidlig har sett på matlaging som vitenskaplig disiplin, er Fredrik Aecinn's "Culinaey Chemistry" (1821) og Mrs.Kelloggs "Science in Kitchen" fra 1892. I denne perioden (slutten av forrige århundre) var det for eksempel interesse for koking av kjøtt etter "Scientific Principles" og hva som hendte med stivelse når det ble varmet opp. Bøker som omhandlet disse emner ble solgt i stort antall, men de var som oftest ganske kompliserte.

Tverrfagligheten utviklet seg videre med økende kunnskaper i fysikk og kjemi. Men selv om matlagingens vitenskaplige sider ble behandlet i disse fagene og kokebøkene kunne ha snev av vitenskaplige aspekter, ble det satt et foreløpig punktum for "Science in Kitchen Books". Emnet ble sett på for å være for vanskelig for vanlig folk og de som arbeidet med disse spørsmål, ble oppslukt i laboratorier hos de store matvareprodusenter.



At bøker som omhandler matlaging som vitenskap var sjeldne, har også sammenheng med økende spesialisering og fagoppdelinger. Likevel finnes det kokebøker også fra første del av det 20. århundre som streifer det vitenskaplige aspektet ved matlaging. Det samme var tilfelle i Edourd de Romaine`s radiotaler i Frankrike i 1930 årene og Nicholas Kurti`s berømte forelesning ved the Royal Institution i 1969.

McGee var et viktig navn fra 1980-åra når det gjelder fokusering på matlaging som vitenskap. Han utgav en bok i 1984 med tittelen: On Food and Cooking. The Science and Lore <sup>1</sup>of the Kitchen. Denne boken kom i flere opplag. I 1990 utgav samme forfatter en ny, men mer spesialisert bok innen samme sjanger: The Curious Book. More Kitchen, Science and Lore. I 1985 ble det holdt et seminar på St.Anthony`s college i Oxford med temaet Scientific Aspects of Cookery.. Dit ble McGee invitert som foredragsholder med emnet Cookery, Science, Lore and Books der han mellom annet sa følgende:

*”Matlaging gjør du uten å tenke på det, bare fordi du har sett andre gjøre det, men den skriver seg fra de høyeste vitenskaplige prinsipper. En slik forestilling bidrar til blant annet en heving av kokkens arbeid til å bli en manifestasjon på det fundamentale, det vakre og de grunnleggende prinsipper, en følelse av integrering med resten av verden, eller utvidelse av horisonten ved det syn at en betrakter matlaging som en disiplin med base i det vitenskaplige.”*

Vi avslutter dette korte historisk tilbakeblikket på matlaging som vitenskap med et sitat fra forordet til boka Experimental Food Science, 1990 ”Den våkne student vil se at mer viten / ny informasjon ofte gir nye spørsmål vi ønsker svar på, og muligheter for dette er økende med teknologiske fremskritt.” Det håper vi denne boken kan inspirere til.

---

<sup>1</sup> Lore :Kunnskapsbasert tradisjon

## **1.2 Hvorfor er det spennende å vite mer om hva som skjer når vi lager mat?**

Når vi lager mat, omdanner vi råvarer til ulike retter. Da skjer det en rekke forandringer som vi kan se. Disse endringene er et resultat av både kjemiske<sup>2</sup> og fysiske<sup>3</sup> forhold. Vi velger å her å kalle dette matteknologi.

Matens kjemiske sammensetning (vann, proteiner, fett, karbohydrater osv.) danner utgangspunktet for teknologiske egenskaper. Dette sammen med behandlingsmåter (prinsipper<sup>4</sup>, teknikker og metoder<sup>5</sup>) bestemmer sluttresultatet.

Under matlagingsprosessen er det mulig å følge utviklingen skritt for skritt. For å understreke betydningen av dette kan vi sitere Allan Davidson fra forordet til boka *On Food and Cooking*, 1987 der han sier ”at jo mer vi forstår av det vi gjør i kjøkkenet jo bedre matlagere blir vi”. Hvis dette er riktig er matteknologi en svært viktig opplæringsfaktor for alle yrker og situasjoner der matlaging inngår.

Forståelse for dette bør være et sentralt tema i opplæring i matlaging. Ut fra planer i kunnskapsløftet ser vi at dette er tilfelle både for opplæring i mat og helse i grunnskolen og i restaurant og matfag (RM) i videregående skole..

I Mat og helse er matteknologi å finne i følgende kompetansemål under hovedmålet mat og livsstil etter 10.klasse: Eleven skal kunne skape og prøve ut nye retter ut fra ulike råvarer, matlagingsmetodar og matkulturar

I RM-planene er det flere eksempler på at matteknologi er med i ulike RM-planer: I faget råvarer og produksjon i Vg1 står det at elevene skal utvikle evner til å velge og vurdere råvarer, produkter og produksjonsmetoder og kunne vurdere kvaliteten på råvarer og produkter og bruke denne kunnskapen i det praktiske arbeidet.

---

<sup>2</sup> Kjemi: Læren som grunnstoffer og deres forbindelser med hverandre

<sup>3</sup> Fysikk: Læren om energi i ulike former

<sup>4</sup> Prinsipp: Grunnregel som bygger på erfaring og vitenskaplige undersøkelser

<sup>5</sup> Metode: Planmessig framgangsmåte

I Vg2 matfag står det at elevene skal kunne gjøre rede for de endringene som skjer med råvarer under lagring og i produksjonsprosessene.

I Vg 3 bakerfaget står det at elevene skal kunne utnytte råvarenes egenskaper i framstilling av ulike produkter og gjøre rede for hvordan råvarene påvirker hverandre (Utdanningsdirektoratet, lest 10.02.2010).

**Litteratur:**

McGee, H. (1987) On Food and Cooking. The Science and Lore of the Kitchen. London: Unwin Hyman

Skolenettet: Mat og helse. Lest 10.02.10

[http://skolenettet.no/lkt/TM\\_Laereplan.aspx?id=36376&laereplanid=5798&visning=5&epslanguage=NO](http://skolenettet.no/lkt/TM_Laereplan.aspx?id=36376&laereplanid=5798&visning=5&epslanguage=NO)

Utdanningsdirektoratet.: Fag og læreplaner i kunnskapsløftet. Lest 10.02.10

<http://www.utdanningsdirektoratet.no/grep/Kunnskapsloftet-fag-og-lareplaner/>

## 2. Sentrale, generelle emner innen matlaging

Skal vi virkelig forstå hva som skjer under matlaging, er det nødvendig med grunnleggende kunnskaper i kjemi og fysikk.

I det følgende vil derfor sentrale, generelle emner omhandles: vann, kokepunkt, pH, dispersjoner/blandinger og bruningsreaksjoner

### 2.1 Vann

Vann er en universell kjemisk substans som er meget viktig for matens egenskaper. Vann er ikke bare en komponent i all mat, men bidrar vesentlig til fysikalske forskjeller og er en viktig kjemisk reaktant som har stor innvirkning på de resultater vi får. Dette gjelder både i kjemiske reaksjoner som ikke involverer vann direkte og der hvor vann spiller en rolle i reaksjoner som oppstår.

Vann løser andre stoffer og fremmer mobiliteten som kreves for å føre reaktantene sammen. Det er også stoffer/komponenter som ikke reagerer uten først å bli ionisert i vann. På den annen side kan vannet virke fortynnende slik at reaksjoner ikke finner sted.

I vann er hydrogen og oksygen bundet sammen med polare, kovalente bindinger. Oksygen har større affinitet<sup>6</sup> for elektroner enn hydrogen. Dette gjør at vannmolekylet er organisert i en vinkel på ca.  $105^\circ$ . Den elektriske ubalansen mellom oksygen og hydrogen i vannmolekylet, gjør at vann lett danner hydrogenbindinger til andre stoffer.

Vannet i matvarene (næringsmidlene) finnes som bundet vann og som fritt vann. Bundet vann har nedsatt molekylær mobilitet. Graden av mobiliteten avhenger av bindingstypen. Er vannet bundet med hydrogenbindinger har det forholdsvis høy mobilitet, men er det bundet til ioner(ionebindinger) er vannet lite mobilt, og vil ha lav aktivitet i forhold til krystallisering, frysing, fordamping og mikrobiell aktivitet. Det finnes vann i matvarene som er så fast bundet at det ikke lar seg bevege.

---

<sup>6</sup> Affinitet: Tiltrekning

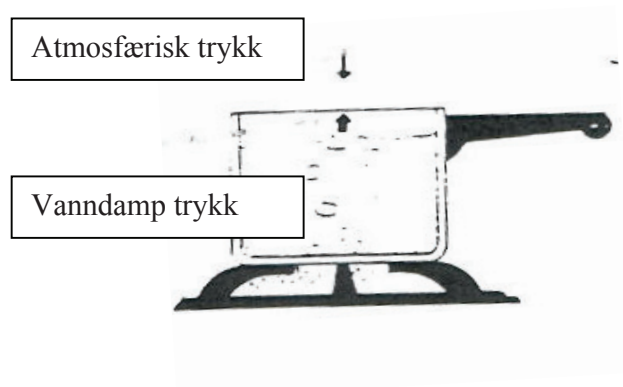
Når det er mye fritt vann i matvarene, betyr det høy vannaktivitet. Vannaktiviteten måles i  $A_W$  og uttrykker forholdet mellom partialtrykket<sup>7</sup> av vann i atomsfæren over en matvareløsning ved en temperatur og partialtrykket av rent vann ved den samme temperaturen. Høg vannaktivitet gir gode muligheter for mikrobiell utvikling i matvarer.

Mange konserveringsmetoder har som mål å nedsette vannaktiviteten: tørking, frysing (forming av iskrystaller av vannet), økende konsentrasjon i løsninger (ved tilsetning av f.eks salt koksalt eller sukker).

**Kokepunkt** for vann er  $100^{\circ}\text{C}$  ved vanlig atmosfærisk trykk. Når vannet nærmer seg denne temperaturen, dannes det vanndamp ved bunnen av kasserollen. Vanndamp er lettere enn vann og derfor vil dampen strømme oppover. Dess nærmere kokepunktet dess høyere opp vil vanndampen gå. Til slutt har vanndampen nok energi til å komme helt til overflaten, vannet koker. Ved kokepunktet er vanndamptrykket like stort som det atmosfæriske trykket, se fig 2.1

Vanndampen stiger opp og energi tapes slik at temperaturen ikke stiger ytterligere over  $100^{\circ}\text{C}$ .

Fig 2.1 Koking av vann



<sup>7</sup> Partialtrykk: Trykket av hver enkel gass i en gassblanding

Dess høyere til fjells en kommer dess lavere er det atmosfæriske trykket. Dermed vil vann her koke ved lavere temperatur enn  $100^{\circ}\text{C}$  og kokeprosessen vil dermed ta lenger tid hvis en f.eks kal kokes egg.

Ekte løsning:

Tilsetter vi f.eks. sukker eller salt til vannet stiger kokepunktet i denne blandingen. På samme måte vil frysepunktet som for rent vann er  $0^{\circ}\text{C}$ , bli lavere ved tilsetning av f. eks sukker eller salt.

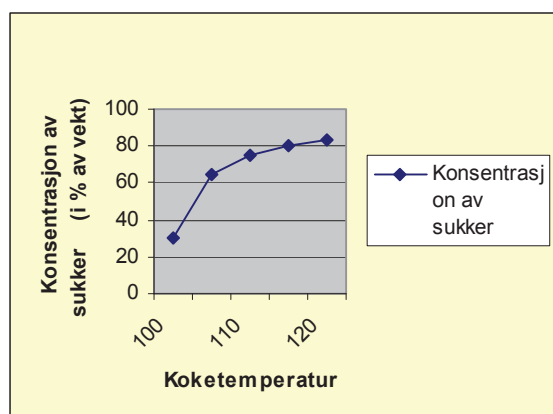
Når vi tilsetter sukker eller salt til vann vil disse produktene løses i vannet (ekte løsning). Både vannmolekylet og suktermolekylet vil dissosiere og danne positive og negative ladninger.

Temperaturen avgjør hvor mye som løses av ulike produkter i en væskemengde.

Kokepunktet i en ekte løsning (se kap 2.3) øker med økende konsentrasjon, men for sukker er denne økningen større enn en kunne forvente Dette kommer trolig av stor tiltrekning mellom sukker og vannmolekyler som hindrer vannet i å fordampe ved  $100^{\circ}\text{C}$ .

Etter hvert som en sukkerløsning koker, tapes vanndamp og konsentrasjonen i sukkerløsningen øker og dermed øker kokepunktet ytterligere, se fig 2.2

Figur 2.2 Kokepunkt for sukkerløsninger ved ulike sukker konsentrasjoner.



I kolloidale løsninger (se kap.2.3) som sauser derimot, blir kokepunktet lavere dess tykkere sausen er og dermed øker koketiden fordi kokepunktet blir lavere enn 100°C. Prøver du for eksempel å koke gulrøtter rett i den hvite sausen når vi lager gulrotstuing, øker koketiden mye og gulrotstuingen blir knapt nok ferdig i det hele. Gulrøttene må altså kokes for seg selv før de has i den ferdigkokt tykke sausen pga lav koketemperatur i denne.

**Osmotisk trykk.** Osmose er passasje av vann gjennom semipermeable<sup>8</sup> membraner. Dersom en membran skiller to løsninger med ulik konsentrasjon, vil vann gå fra løsningen som har lav konsentrasjon til løsningen med høg konsentrasjon for å danne lik konsentrasjon på begge sider av membranen (likevekt). Osmotisk trykk er kraften som beveger vannet.

## 2.2 pH

pH brukes som mål for surhet der p står for power (styrke) og H for hydrogenionekonsentrasjonen. Vann dissosierer etter følgende likning:  $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Dersom hydrogenionekonsentrasjonen uttrykkes som mol hydrogen pr. liter, tilsvarer det 0.0000001 mol pr liter destillert vann eller  $10^{-7}$ , pH for destillert vann er derfor 7 (tilsvarer den omvendte logaritmen til hydrogenionekonsentrasjonen). pH ved ulike hydrogenionekonsentrasjoner er gjengitt i tabell 2.1

---

<sup>8</sup> Semipermeable: Halvgjennomtrengelige

Tabell 2.1 konsentrasjon av oksoniumioner ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) og hydroksyl- $(\text{OH}^-)$  ioner i løsninger ved ulike pH

Reaksjon	pH	Oksoniumsione- konsentrasjonen ( $\text{H}_3\text{O}^+$ )	Hydroksylione- Konsentrasjonen ( $\text{OH}^-$ )
Syre	0	$10^0$	$10^{-14}$
	1	$10^{-1}$	$10^{-13}$
	2	$10^{-2}$	$10^{-12}$
	3	$10^{-3}$	$10^{-11}$
	4	$10^{-4}$	$10^{-10}$
	5	$10^{-5}$	$10^{-9}$
	6	$10^{-6}$	$10^{-8}$
nøytral	7	$10^{-7}$	$10^{-7}$
Basisk	8	$10^{-8}$	$10^{-6}$
	9	$10^{-9}$	$10^{-5}$
	10	$10^{-10}$	$10^{-4}$
	11	$10^{-11}$	$10^{-3}$
	12	$10^{-12}$	$10^{-2}$
	13	$10^{-13}$	$10^{-1}$
	14	$10^{-14}$	$10^0$

**Isoelektrisk punkt. (pI)** Noen stoffer er amforøse, det vi si at de kan være både sure og basiske. Protein er eksempel på et slikt stoff pga at protein/aminosyrer inneholder både karboksylgrupper ( $-\text{COOH}$ ) og aminogrupeer ( $-\text{NH}_2$ ). I sur oppløsning har proteinene en positiv elektrisk ladning ( $-\text{NH}_3^+$ ), i alkalisk oppløsning en negativ ladning ( $-\text{COO}^-$ ). Så lenge alle proteinmolekylene har samme slags ladning, vil de frastøte hverandre, og holde seg lett i oppløsning. Hvis vi gradvis reduserer de elektriske ladningene ved å nøytralisere syren eller basen, kommer vi til et punkt hvor proteinmolekylene har like mange positive som negative ladninger. Disse holder hverandre i likevekt, og hele molekylet forholder seg elektrisk nøytralt. Den pH oppløsningen har når dette inntreffer, kalles det isoelektriske punktet for dette proteinet. Denne pH- verdien er karakteristisk for hvert protein, men den er forskjellig fra protein til protein.



De elektriske ladningene i molekylene hjelper som nevnt å holde proteinene oppløst i vann. Ved isoelektrisk punkt bortfaller ladningen og da forsvinner de kreftene som støtter molekylene fra hverandre. De vil lett utfelles / aggregere.

### **2.3 Dispersjoner<sup>9</sup> / blandinger**

De ulike stoffer og forbindelser kan forekomme i ulike aggregattilstander<sup>10</sup> som gass (vanndamp), væske (vann) og fast stoff (is). Tilstanden avhenger av stoffets egenart, temperatur og trykk. Noen ganger bruker en uttrykket fase i stedet for tilstand og snakker om fast fase, flytende fase og gassfase.

Ofte består blandinger av ulike faser. Dette kommer vi tilbake til under punkt 2.3. om kolloidale dispersjoner.

Partikkelstørrelsen har stor betydning for hvilke reaksjoner som vil skje i ulike sammenhenger og danner også utgangspunkt for klassifisering - ekte løsninger, kolloidale løsninger og suspensjoner. Se tabell 2.2

En dispersjon kan være en ekte løsning, en kolloidal løsning eller en suspensjon (grovoppslemming).

Ekte løsning: Det løste stoffets partikler er usynlige molekyler fordelt mellom løsningsstoffets molekyler.

Kolloidal løsning: Protein eller andre molekyler eller partikler i størrelse mellom 1  $\mu\text{m}$  og 0.1  $\mu\text{m}$  dispergert / finfordelt i en kontinuerlig fase.

Suspensjon: Faste partikler dispergert i en væske hvor stoffene ikke er forbundet med hverandre.

---

<sup>9</sup>Dispersjon: Blanding av to eller flere faser hvorav en fase er kontinuerlig (eksternal) og de øvrige finfordelt i denne (internal fase). Den kontinuerlige fase er som regel vann. Grenseflate mellom stoffene blir meget stor.

<sup>10</sup> Aggregat - løs forbindelse av forskjellige bestanddeler

Tabell 2.2 Dispersjoner

<b>Ekte løsning</b>	<b>Kolloidale dispersjoner</b>	<b>Suspensjoner</b>
Løsninger av molekyl eller ioner	Partikler i koloidal løsning	For store partikler til å holde seg løst i systemet
Partikler er mindre enn 1 m	Partikler fra 1 m $\mu$ til 0.1 $\mu$	Partikler større enn 0.1 $\mu\mu$
Partikler er ikke synlige i ultramikroskop	Partikler er synlige i ultramikroskop	Partikler er synlig i vanlig mikroskop
Danner ikke gel	Danner gel	Danner ikke gel
Partikler går gjennom membraner	Partikler går gjennom høyt gradert filterpapir	Partikler går ikke gjennom høyt gradert filterpapir
Intense kinetiske <sup>11</sup> bevegelser	Partikler går gjennom membraner	Lite bevegelser
System med høyt osmotisk trykk	System med lavt osmotisk trykk	Ikke målbart osmotisk trykk

Eksempler på ekte løsninger: sukkerlake, saltlake

Eksempler på kolloidale løsninger : Stivelse løst i varmt vann og gelatin løst i varmt vann  
Eggehvite

Eksempler på suspensjoner: Hvetemel ristet i kaldt vann, potetmel løst i kaldt vann, leire løst vann

### **Kolloidale dispersjoner**

En virkelig forståelse av hva som skjer i gryta når vi lager mat, får vi gjennom utviklingen av kolloidal kjemi sent i det 19. århundre.

Ordet kolloid kommer av det greske ordet "Kolle" som betyr lim og ble lansert av Thomas Graham i 1862. Han lot gelatin bli prototypen på et slikt system. Kolloidkjemi kalles også overflatekjemi pga. at mange av kolloidenes eiendommeligheter skyldes deres enorme

<sup>11</sup> Kinetikk: læren om de krefter som fremkaller en bevegelse

overflate i forhold til vekt. De kan ikke bunnfelle, og den store overflaten holder andre substanser/partikler ved hjelp av adsorpsjon<sup>12</sup>.

Kolloide partikler er partikler i størrelsesorden 1-100 m $\mu$ . Disse partiklene er så små at de er usynlige ved bruk av vanlig mikroskop, men kan ses når en bruker ultramikroskop, se tabell 2.2

Kolloider er altså ikke en bestemt stoffgruppe, men betegner den tilstand stoffet befinner seg i. Stivelse er eksempel på et stoff som kan være både i suspensjon (stivelse i kaldt vann), kolloidal dispersjon (oppvarmet stivelse- begynnende forklistring/gelatinering) og ekte løsning (spalting av forklistret stivelse til dekstriner og enkeltsukker).

Kolloidene tilhører disperse systemer og både gasser, faste stoffer og flytende stoffer kan inngå i slike systemer og danne ulike blandinger. Se tabell 2.3

Tab.2.3 Typer av kolloidale systemer

Løsningsfase	Kontinuerlig fase	Navn	Eksempler
Fast stoff	Væske	Sol	Stivels og protein i vann
Væske	Væske	Emulsjon	Melk, majnoes
Gass	Væske	Skum	Vispet krem, visket eggehvite,
Gas	Fast stoff	Fast skum	Iskrem, brød
Væske	Fast stoff	Gel	Gele, syltetøy, pasta
		Fast emulsjon	Smør, margarin

Lean, M.E.J., Fox, B. & Cameron A.G (2006).|*Food Science, Nutrition and Health*.

**SOL** er en seigtflytende løsning og dannes av et fast stoff i væske i kolloidal form i væskefase.

<sup>12</sup> Adsorpsjon: Det at et fast legeme i sin overflate opptar og binder stoffer fra omgivende gass eller væske

**HYDROSOL** er en sol der vann utgjør væskefasen eller den kontinuerlige fasen. Eksempel på dette er eggehvite eller gelatinløsning.

**GEL** er en væske dispergert i fast materiale (en stivnet sol). Det faste materialet utgjør her den kontinuerlige fase med væskefase i et tredimensjonalt nettverk. Eksempel på dette er gele.

**SKUM** kan være en gass i væske dispersjon. Eksempler kan være krem og pisket eggehvite.. Skum kan også dannes ved at gass fordeles i fast stoff. Eksempel kan være iskrem.

**EMULSJON** er kolloidal dispersjon av to ublandbare væsker hvor den ene væsketype er finfordelt i den andre væsketype. Eksempler er melk og majones der olje/fett er finfordelt i vann eller margarin der vann er finfordelt i olje/fett. Som regel vil det være en emulgator til stede.

## **2.4 Bruningsreaksjoner**

Bruningsreaksjoner kan være ønskelig i enkelte situasjoner og uønsket i andre. Vi prøver å behandle maten vår slik at bare ønskete bruningsreaksjoner skal skje.

### **Enzymatisk / oksydativ bruning**

Når vi deler ulike frukter som epler, bananer osv. i to, blir snittflaten lett brun. Det skjer en enzymatisk bruning. Enzymatisk bruning kommer av at ulike frukter inneholder både polyfenolprodukter og polyfenoloksydaser (enzymmer). Ved tilførsel av oksygen vil polyfenoler oksyderes til quinoner, katalysert av polyfenol oksydase. Quinoner blir lett polymiserte til mørkfargede forbindelser. Disse bruningsreaksjonene kan lett hindres ved oppvarming, bruk av syre eller ved å hindre oksygentilgang.

## **Ikke enzymatisk brunning**

### **Sukkerbruning / Karamellisering**

Alle typer sukker kan karamelliseres også det ikke-reducerende sukkeret, sukrose. Dette krever svært høye temperaturer. Sukrose smelter først ved 186°C. Når sukrose har nådd temperaturer over smeltepunktet vil først bindingene mellom glukose og fruktose bli ødelagte og det blir dannet invert sukker.<sup>13</sup> Deretter skjer en rekke dehydreringsreaksjoner og det dannes furfural derivater. Disse derivatene reagerer videre via en serie reaksjoner og ender med polymerisering til brune produkter.

### **Maillard reaksjonen (Karbonyl- amin brunning)**

Maillard reaksjonen har fått sitt navn etter den franske kjemikeren og forskeren, Louis-Camille Maillard som levde fra 1878 til 1936. ( Dahlgren Õ, 1994) Han studerte hvordan aminogrupeer reagerer med reducerende forbindelser.

Maillard reaksjonen er et reaksjonsforløp som svært ofte skjer under matlaging ved steking/baking av proteinrike og sukkerholdige retter (Ulen, R, 1991). Maillard reaksjonen kan medføre ønskede resultater ved at den gir farge, smak og aroma og har en viss antioksyderende virkning i produkter som kan harskne, f.eks. i kjeks. Den brukes derfor mye i matvareindustrien. Proteinkvaliteten forringes imidlertid som følge av Maillard- reaksjonen fordi aminosyrer inngår i reaksjonen og blir ødelagt lenge før brunfargen framkommer. Spesielt utsatt er den essensielle aminosyren lysin og andre basiske aminosyrer pga. deres sidekjedede aminogrupeer.

Reaksjoner som går for langt, medfører en rekke negative endringer. Se figur 2.4

Reaksjonsforløpene i Maillard reaksjonen er ikke helt klarlagt, men man vet at reaksjonene foregår i tre steg og at bare reducerende sukkerarter inngår i reaksjonen.

1. steg: Kobling mellom karbonyl-grupper fra sukker og frie aminogrupeer. Foreløpig er produktet fargeløst.

2. steg: Avspalting av CO<sub>2</sub> og vann.

3. steg: Flere reaksjonsveier er nå mulig, men alle medfører dannelse av fargede produkter som med et felles navn kalles melanoider. Fargen som dannes er fra gul til brun.

---

<sup>13</sup> Invert sukker: Den hydrolytiske spaltingen av de glukosidiske bindinger i rørsukker kalles en invertering. Blandingen av like mengder glukose og fruktose kalles invertsukker

En mild maillardreaksjon kan gi ønsket smak, farge og stabilisere produktet.

En sterk reaksjon er uheldig og kan medføre til missfarging, brent smak og i verste fall skadelige stoffer (kreftfremkallende stoffer). Dette er påfallende ved steking av kjøtt ved for høye temperaturer (over 180°C ved kontaktsteking). Vi bør derfor ikke overdrive grilling og pannesteking av kjøttstykker, men steke mest mulig i større stykker (steke i ovn). Dannelse av det giftige stoffet akrylamid kan bli resultatet ved fritering av poteter eller steking av bakervarer over 180 °C.

Mange faktorer påvirker Maillardreaksjonen:

- pH - økt pH øker bruningsreaksjonen, spesielt sterk bruningsreaksjon mellom pH 7.8 og 9.2
- Temperatur - økt varme øker bruningsreaksjonen, men reaksjonen kan også skje ved romtemperatur og lavere temperatur
- Vanninnhold - bruningen er høyest ved lav til middels fuktighet og ved vannaktiviteter ( $A_w$ ) mellom 0.6-0.8
- Innhold av tilgjengelige aminosyrer
- Sukkerinnhold - pentoser er mer reaktive enn heksoser. Sukrose som er et ikke reduserende sukker, inngår ikke i reaksjonen. Når sukker er hydrolysert til glukose og fruktose vil det inngå i reaksjonen

Dersom en ønsker å hindre Maillard-reaksjonen kan det gjøres på flere måter: ved å senke pH, tilføre  $SO_2$ , kontrollere temperaturen og fjerne reduserende sukker.

**Koking av melk.** Det brunfargede laget vi lett får i bunnen av kasserollen er en maillardreaksjon mellom melkesukker (laktose) og denaturerte serumsproteiner som utfelles med noe kalsiumfosfat bundet til seg. Det gir også den kokte melken en spesiell smak.

**Steking av kaker.** Sukker bidrar først og fremst med søtsmak, men noe hydrolyseres til glukose og fruktose og reagerer med denaturerte proteiner og gir brun overflate. Ved bruk av honning eller fruktose i stedet for sukker er Maillardreaksjonen..

Ved fremstilling av **kakao** og **sjokolade** gjennomgår kakaobønner en brenning (roasting) og rensesprosess. Dette fremkaller en type Maillardbruning som utvikler den karakteristiske sjokoladearoma (flavor and aroma).

Det samme gjelder for nøtter, kaffe, risting av brød etc.

Ved tørking av egg til eggepulver fjernes glukose for å hindre Maillardreaksjonen som gir en uønsket brun farge på pulveret.

### **Litteratur:**

Eilertsen, S. F.(2002). *Næringsmiddelkjemi for næringsmiddelteknikere*, Oslo: Yrkeslitteratur

Hemmer, E., Askim, M., Karlsen, H., Lynnum, L., Nordeng, A. & Nybraaten, G. ( 2005):  
*Næringsmiddellære. Råstoff, produksjons- og ferdigvarekunnskap*. Oslo: Yrkeslitteratur

Lean, M.E.J., Fox, B. & Cameron A.G (2006).|*Food Science, Nutrition and Health*. London:  
Edward Arnold

Food-info Lest 10.02.10 <http://www.food-info.net/uk/colour/maillard.htm>

## 3. Karbohydrater

### 3.1 Litt generelt om karbohydrater i maten vår

I maten vår finnes ulike typer karbohydrater. De deles vanligvis i mono-, di- og polysakkarider. De kan også inndeles etter fordøyelighet. Les om karbohydrater i f.eks Lean, M.E.J., Cameron A. G. & Fox, B.A.(2006) eller i Pedersen J.I., Hjattåker, A. & Andersen S.A.(2009)

De ulike typer karbohydrater har forskjellig funksjon i matlagingen.

**Sukker** (sukrose) gir maten søt smak i tillegg til at det vil påvirke andre ingredienser under matlagingen og gir konsistensendringer.

**Stivelse** er plantenes opplagsnæring, og er det karbohydratet som har størst betydning som konsistensdanner. Dens store vannbindingsevne utnyttes som hjelpestoff i produksjon av kjøtt- og fiskevarer, til tykning av grøter, sauser og supper og som strukturdanner i bakverk. De mest vanlige stivelsestypene er hvete, potet, mais og ris.

**Pektin** er et vannløselig kostfiber som det finnes mye av i enkelte frukt- og bærslag. Eksempel på pektinrike varer er eple og rips. Tilsetter vi sukker og eventuelt syre vil både eple- og ripsaft kunne danne stiv gele etter koking. Optimal modningsgrad er vesentlig for optimal sol- og geldannelse.

**Gums** er samlenavn for en rekke polysakkarider og deres derivater. De brukes mye som tykningsmidler og stabilisatorer i industrien.

I dette kapittelet vektlegger vi hydrokolloidenes vannbindende evne, deres evne til å dispergere i kaldt eller varmt vann og derved gi viskøse løsninger eller dispersjoner.

### 3.2 Stivelse som tykningsmiddel

Stivelse sammen med pektin og gums er hydrokolloider, en benevnelse som brukes om stoffer som har evne til å ta opp vann, svulle og dermed øke viskositeten i løsningen ved å danne bindinger mellom enkeltmolekyler og eventuelt danne gel. Dette gjelder også gelatin som er av proteinnatur.



De fleste hydrokolloider er komplekse polysakkarider ofte kombinert med metalliske kationer. Molekylene er bygget som lange kjeder av en eller flere grunnenheter og har mange polare grupper. Disse har evnen til å danne et nettverk av hydrogenbindinger med vannmolekyler. Det vil være grunnenheten i molekylet (beskrives under hvert enkelt hydrokolloid), dets lengde, om det er forgrenet osv. som avgjør løselighet og andre egenskaper.

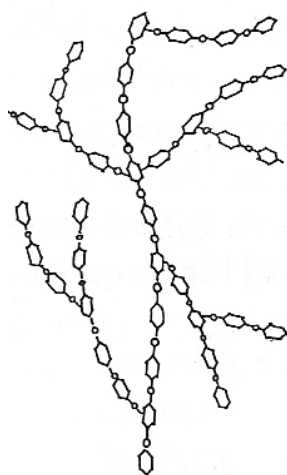
Metodene vi bruker for å tykne med stivelse tar utgangspunkt i stivelsens egenskaper og hvordan stivelse forandres ved fysisk og kjemisk påvirkning.

### Oppbygning

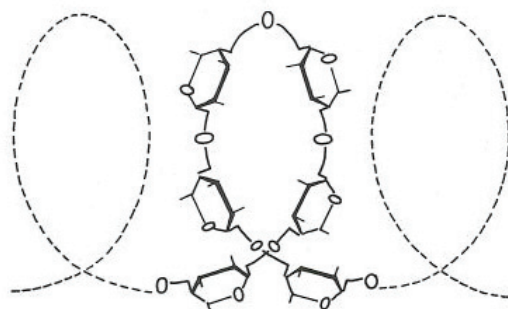
Stivelse er oppbygde korn / granula sammensatt av to komponenter, **amylose** og **amylopektin**. Amylose består av glukose bundet sammen med  $\alpha$ 1.4 glukosidbindinger og danner lange rette kjeder. Amylopektin er også oppbygd av glukose, men her er forgreininger på grunn av at glukosemolekylene er bundet sammen med både  $\alpha$  1.4 glukosidbindinger og  $\alpha$  1.6 glukosidbindinger. (Lean, M.E.J., Cameron A. G. & Fox, B.A.2006).

Både amylose og amylopektin er oppbygd i spiraler der molekylets hydrofobe del ligger innover i spirallen. Amylosen er enkeltkjedet og amylopektinet er flerkjedet, se fig. 3.1

Fig 3.1 Amylopektin og amylose



Amylopektin



Amylose

Kilde: Lean, M.E.J., Cameron A. G. & Fox, B.A. (2006) Food science, nutrition & health

Forholdet amylose/amylopektin varierer mellom 20-30 % amylose og 70-80 % amylopektin. Det finnes stivelse som har 100 % amylopektin (Waxy mais, en maistype).

Stivelseskornenes/granulaenes utseende og størrelse varierer fra plantetype til plantetype. Kornstørrelsen varierer også innenfor den enkelte stivelsestype. Hver plantetype har sitt spesielle utseende omtrent som vi har våre fingeravtrykk.

Figur 3.2 viser at maiskornene er relativt kantete mens hvetekornene har en mer avrundet form. Potetstivelseskornene er store, ovale og delvis glatte og ses mer tydelig i mikroskop enn andre stivelsestyper.

Fig. 3.2 Mikroskopisk bilde av ulike stivelseskorn/granula - forstørret ca 180 ganger



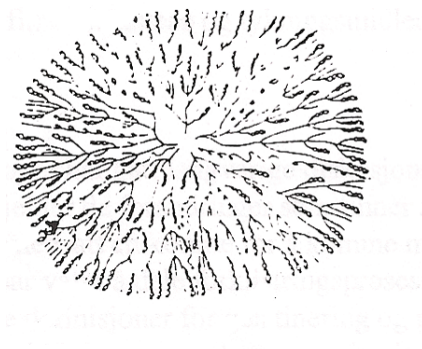
Kilde: Anderson, P.A.( 1974) Introduksjon til næringsmiddelteknologien.

Amylose og amylopektin ligger arrangert mer eller mindre i konsentriske lag lik en barneleke som er plassert i hverandre i mindre enheter. I mikroskop vises områdene som mørke og lyse deler på grunn av forskjellig lysbrytning. Under oppvarming av stivelsen vil lysbrytningen endres og tilslutt opphøre. Dette fenomen gir en måte å studere og fastsette forklistringstemperatur på.

For å studere kornenes forandring gjennom den kontinuerlige forklistringsprosessen, og for å bestemme slutt-temperaturen kan man bruke et polariserende mikroskop som er beregnet for høye temperaturer. Slutt-temperaturen kan defineres som den temperaturen vi har når 98 % av kornene er forklistret i en stivelsesløsning på 5-6 %.

Stivelseskornet er holdt sammen i konsentriske lag og har ikke noen ytre hinne/membran. Dette har betydning for stivelseskornenes evne til forklistring se fig 3.3

Fig 3.3 Skjematisk framstilling av organisering av stivelseskornet



Kilde: Penfield, M.P. & Campbell, A.M. (1990) Experimental Food Science

Vi kan se for oss at overflaten har kjeder av ulike lengder som stikker frem. Og at kjedeendene er pakket tett sammen. Overflaten kan sammenlignes med bunnen av en sopelime.

Både enkeltkomponentene og sammensetningen av dem har innflytelse på stivelsens funksjonelle egenskaper som forklistring og geldannelse. Mange faktorer er med på å bestemme forklistringsgrad og geldannelse. Her er det både være snakk om kornstørrelse, forholdet mellom amylose og amylopektin, kjedelengde på amylose, kornstørrelse og kjedelengde av amylose.

### **Forklistring**

Forskere og teknologer har hatt langvarige diskusjoner på konferanser om terminologi og metodikk når det gjelder de forandringer som finner sted i stivelse under tillaging og behandling. Det ble på 1980 tallet nedsatt en komité for å komme med forslag til definisjoner til felles bruk og forståelse. Denne komiteen foreslo å dele forklistringsprosessen i to deler, **gelatinering og pasting.**

**Gelatinering** er brudd i den molykylære organiseringen i stivelseskornet- som en irreversibel forandring i forhold som:

- svelling av kornet
- endring i krystalinsk oppbygning (oppløsning)
- tap av dobbeltbrytning
- tap av løselighet

Begynnende gelatinering, graden av gelatinering og temperaturområdet det forekommer i, er avhengig av: konsentrasjon, observasjonsmetode, type granula, type hetrogenitet og utvalg under observasjonen.

**Pasting** er det fenomen som viderefører forklistring av stivelsen i løsningen.

Det involverer:

- videre eller fortsatt svelling
- utfelling av molekylære komponenter fra stivelseskornene
- totalt sammenfall av kornene

Disse definisjonene blir fortsatt brukt vekselvis eller blandet sammen og er forbundet med alle forandringer som skjer når stivelse varmes i vann. **Gelatinering** inkluderer altså den første forandringen i stivelseskornets oppbygning og **pasting** den senere forandring. Det kan ta tid før disse definisjonene er innarbeidet, men i mellomtiden behøver ikke sammenblandingen føre til vanskeligheter hvis en har klart for seg detaljene i disse to definisjonene.

**Før enkelthets skyld vil vi i dette kompendiet bruke betegnelsen forklistring om hele forklistringsprosessen.**

Stivelsespartikler slik vi finner dem som stivelsespulver eller mel er klumper/samlinger av stivelseskorn. Stivelsen har relativ høy egenvekt (high density) 1.45 - 1.64 g/ cm avhengig av opprinnelse, tidligere behandling og målemetode. Når vi blander stivelse i kaldt vann, dannes det en suspensjon (se kap 2.3) som mer eller mindre bunnfeller etter kort tid. Stivelseskornene opptar noe vann i kald væske. Denne prosessen kalles ofte kaldsvelling og er reversibel. Grad av svelling er begrenset, med unntak fra mekanisk ødelagt stivelse som er ødelagt i svellingsprosessen.

Ved begynnelsen av oppvarmingen er stivelsesmolekylene tettpakket i kornet. Vann trenger ikke inn. Etter hvert som oppvarmingen fortsetter, vil de opprinnelige bindingene påvirkes og

noen løses.. Energien som tilføres, vil gjøre at vannet beveges mellom stivelsesmolekylene og det blir dannet hydrogenbindinger mellom stivelse og vann.

Etter hvert som stivelseskornet sveller, blir det en øket indre friksjon som medfører øket viskositet. Samtidig blir kornet mer "åpent" og en del av de rettkjedede amylosemolekylene vil lekke ut, noe som igjen gir mulighet for mer vann å trenge inn. Viskositeten er stadig økende. Når en stivelsessuspensjon/stivelsesløsning øker i viskositet dvs. tykner, skyldes det alltid flere forhold:

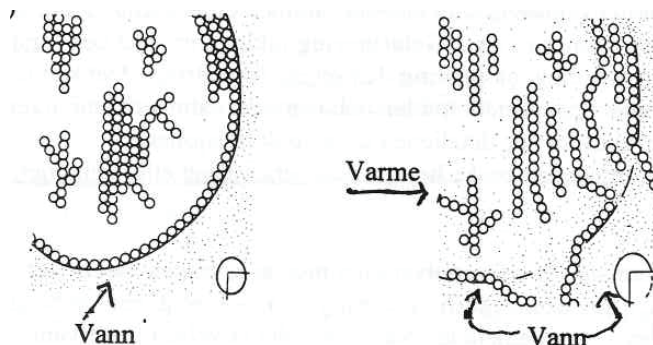
- Frie amylosekjeder i kolloidal dispersjon og dispersjonen er en sol, intakte granula er i suspensjon
- Oppsvulmede stivelseskorn resulterer i øket indre friksjon.
- Tap av amylosekjeder resulterer i noe sammenfall av granulaene.

Etter hvert dannes nettverk i form av en sol (se kap.2.3). Fig. 3.4 og 3.5 gir et bilde på hva som skjer. Temperaturområdet for forklistring vil variere noe med type stivelseskorn.

Til mer amylose et stivelseskorn inneholder, til mer effektivt vil stivelsen svulle ved oppvarming i vann..

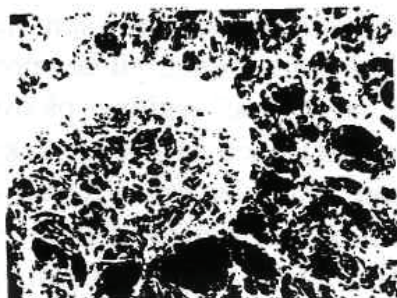
De rette amylosekjedene kveiler seg i lange helixspiraller når de løses i vann, men de beholder sin opprinnelige lineære form. Disse utstrakt kjedene mobiliserer en stor mengde vannmolekyler ved hjelp av hydrogenbindinger og reduserer dermed vannmengden som flyter fritt mellom amylosekjedene. Den lange lineære formen sannsynliggjør et møte med en annen kjede eller et oppsvulmet stivelseskorn. I motsetning til amylosen vil amylopektinets grenede form gi mindre mulighet til å støte bort i andre. Selv om det skjer, vil amylopektinkjedene ikke så lett vikle seg sammen og sinke bevegelsene til andre molekyler og granulaer i nærheten..

Fig 3.4 Skjematisk framstilling av forklistringsprosessen



Kilde: McGee, H. ( 1987) On Food and Cooking

Fig 3.5 Oppsvelt stivelse og stivelse som har mistet det meste av sin substans til væsken



Kilde: Penfield, P.M. & Campell A.M. ( 1990) Experimental Food Science

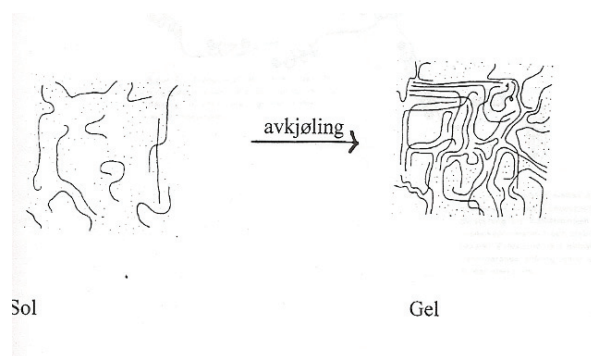
### Avkjøling / Geldanning

Etter hvert som temperaturen synker i en forklistret stivelsesløsning, vil den gå over fra sol til gel. Se punkt 2.3.1. Ved avkjøling blir det mindre bevegelse i vann- og stivelsesmolekylene, hydrogenbindingene vil holdes mer sammen og etter hvert dannes et nettverk. Dette er vist i fig 3.6

Løsningen går over fra et tofasesystem hvor vann har vært den kontinuerlige fase til et tofasesystem med stivelsen som den kontinuerlige fase og vannet dispergert/ finfordelt i mellomrommene. Stivelsesgelene varierer i styrke. Med øket konsentrasjon øker gelstyrken. Potet og voksmais danner viskøse løsninger, men ikke gel. Graden av oppvarming er viktig.

Den må være tilstrekkelig til å frigjøre amylose, men uten at det fører til utstrakt fragmentering av stivelseskornet.

Fig. 3.6 Skjematisk framstilling av stivelseblanding som sol og gel



Kilde: McGee, H (1987). On Food and Cooking

### **Retrogradering**

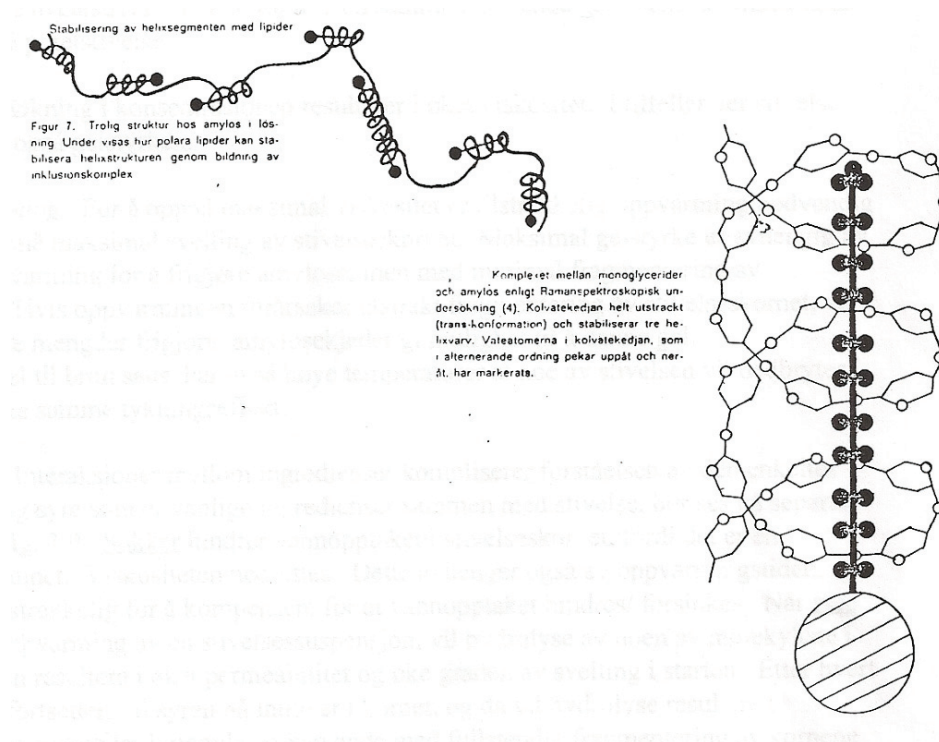
Når stivelsesgelet er avkjølt, vil det etter hvert dannes nye hydrogenbindinger stivelseskjedene imellom, gelstrukturen blir fastere og dens vannbindende evne svekkes. Det skjer en eventuell krystalldannelse og stivelsesgelen mister gradvis sin kolloidale karakter. Amylosekjedene som bindes tettere og tettere sammen, vil til slutt felles ut og bli uopløselige. Prosessen kalles retrogradering eller retrograsjon. En eventuell vannutskillelse kalles synerese.

Grøter / sauser jevnet med potetmel vil etter hvert få et blakket utseende, og dette skjer raskere om disse oppbevares ved lave temperaturer, eks. kjøleskap. Dersom vi skjærer gjennom en grøt som har stått kaldt noen dager, vil vi også tydelig se vannutskillelse.

Med hensyn til retrogradering av stivelsesgelen i brød som vi kaller elding, vil amylosens retrogradering være slutført når brødet er avkjølt. Amylopektinkjedenes retrogradering skjer i stivelseskornet og kan reverseres ved oppvarming. Det antas nå at også kjeder som delvis er strukket ut av stivelseskornet forbinder seg med frie amylosekjeder og at denne intergranuale assosiasjonen også bidrar til eldingen. Amylopektinet betraktes imidlertid fortsatt som hovedaktør i eldingsprosessen.

Den positive virkning som fett, spesielt monoglyserid har, for å nedsette/utsette retrograderingsprosessen er en kompleksdannelse mellom monoglyserid og stivelseskjeder som hindrer stivelseskjedenes forbindelser med hverandre, se fig. 3.7

Fig 3.7 Kompleksdannelse mellom monoglyserid og amylose



Kilde: Larsson, K.(1977).Spesifikke egenskaper hos några konsistensgivere

### Faktorer som påvirker på forklistring

Faktorer som påvirker på forklistring er:

- Type stivelse
- Fordeling av stivelse
- Konsentrasjon av stivelse
- Grad av oppvarming, høye temperaturer, dekstrinering
- Tilsetning av sukker
- Tilsetning av syre



Når vi lager mat, er det en sammensatt blanding av ingredienser vi har for oss. Å studere og forstå stivelsens forklaring og gaddannelse i et så komplekst system, er ikke enkelt. Med de hjelpemidlene vi har og de metodene vi bruker, har vi liten mulighet til å kontrollere de forhold vi arbeider under. Resultatene våre kan variere selv om vi følger både oppskrift og fremgangsmåte.

### **Type stivelse.**

Rotstivelse har stort sett bedre tykningsevne enn stengelstivelse, men innenfor disse igjen er det forskjeller.

Flere forhold gjør seg gjeldende:

**Rotstivelse** f.eks potetmel og arrowrotmel har lenger amylosekjeder enn mais og hvetestivelse

**Stengelstivelse** inneholder lipider som vi finner innenfor og på overflaten av stivelseskornet/granula. Internal lipider, hovedsaklig lysosofolipider, er forbundet med amylose i mais og hvete.

Potet har lite internale lipider innenfor og på overflaten. Poteter har en betydelig mengde fosfat esterifisert med glukose i amylopektinet.

Hvetestivelse inneholder ca.10 ganger mer lipider enn potetstivelse. I denne sammenhengen er det interessant å se på den store forskjellen mellom hvetestivelse og potetstivelse som begge har omtrent samme amylose/amylopektin forhold.

Det treng ca 5 % hvetestivelse i vann for å få en sammenhengende gel, mens det tilsvarende kreves bare 0.1 % potetstivelse.

**Konsentrasjon.** Økning i konsentrasjonen resulterer i øket viskositet. I tilfeller der stivelse danner gel øker også gelstyrken.

**Grad av oppvarming.** For å oppnå maksimal viskositet er tilstrekkelig oppvarming nødvendig for dermed å oppnå maksimal svelling av stivelseskornet. Maksimal gelstyrke er avhengig av tilstrekkelig oppvarming for å frigjøre amylose, men med minimal fragmentering av stivelseskornet. Hvis oppvarmingen forårsaker utstrakt fragmentering av stivelseskornet, vil ikke engang store mengder frigjorte amylosekjeder gi mulighet til å danne gel.

Når vi bruner mel til brun saus, har vi så høye temperaturer at noe av stivelsen vil nedbrytes og har derfor ikke samme tykningseffekt.

**Sukker og syre.** Interaksjonen mellom ingredienser kompliserer forståelsen av den enkeltes effekt. Sukker og syre som er vanlige ingredienser sammen med stivelse bør ses på separat og sammen. Sukker forsinkes vannopptaket i stivelseskornet fordi det er en konkurrent til vannet se fig 3.8. Viskositeten nedsettes. Det avhenger også av oppvarmingstiden. Den må være tilstrekkelig for å kompensere at vannopptaket hindres / forsinkes.

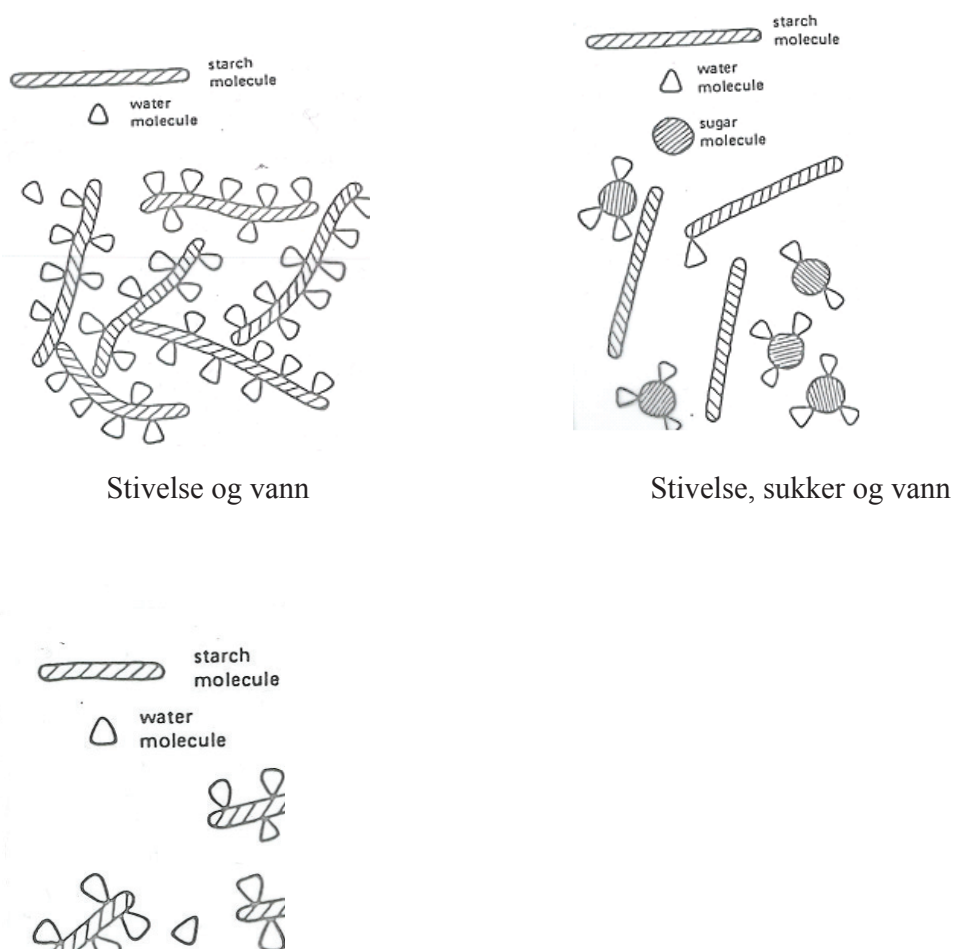
Når syre er tilstede ved oppvarming av en stivelsessuspensjon vil hydrolyse av noen av molekylene i granulaoverflaten resultere i øket permeabilitet og øke graden av svelling i starten. Etter hvert som svellingen fortsetter, vil syren nå innover i kornet, og da vil hydrolyse resultere i fragmentering av granula, se fig 3.8. Fullstendig fragmentering av kornene og fullstendig uttynning av pastaen kan forekomme.

Vi har retter hvor blandingen har en lav pH, vi har tilsatt sukker og vi skal tykne med stivelse.. Da kan vi oppleve å få i dobbelt forstand et "tynt" resultat. Det som har skjedd er at syrer trenger inn i kornet og forårsaker spaltning av stivelseskjedene og fragmentering av kornet samtidig som sukkeret binder vannet. Vi vet at vann må trenge inn i kornet og danne bindinger med stivelseskornet for å oppnå svellingen.

Øker vi i tillegg varmepåvirkningen fordi vi tror at det er fordi stivelsen ikke har nådd forklistringstemperatur at grøten ikke tykner, er vi ille ute.

På den annen side kan syrer gi kornet en mer åpen struktur og lette vannopptaket som sukkeret ellers forsinkes, med en bedre utnyttelse av stivelsen til følge.

Fig 3.8 Gel av ren stivelse i vann og med sukertilsetning og syretilsetning



Stivelse, syre, vann

Kilde: Nuffield Home Economic (1983.) Food Science

### Modifisert stivelse / Stivelsesderivater

Variasjonsmulighetene med stivelse er så store at det er lett å innse at en kan skreddersy ulike stivelser for å tilpasse dem til ulike kunder, sluttprodukter og prosesseteknikker. Mulighetene er mange og bare fantasien begrenser utviklingen. Ved fysisk eller kjemisk påvirkning er det mulig å forandre stivelsen slik at den får nye egenskaper som gjør den mer anvendelig i matvareindustrien enn den stivelsen var før påvirkning Dette blir gjort gjennom modifisering

av stivelse. Etter metoden som blir brukt, blir modifisert stivelse klassifisert i to grupper, fysikalsk modifisert stivelse og kjemisk modifisert stivelse.

Disse prosessene er en nødvendighet i næringsmiddelindustrien for å kunne kontrollere teksturen i mange produkter.

Fysisk modifisert stivelse regnes som en vanlig ingrediens som for eksempel dekstrin, mens når stivelsen modifiseres ved en kjemisk tilsetning oppgis dette som tilsetningsstoff.

Eksempel på dette er E 1404, oksidert stivelse eller E 1420 Acetyleret stivelse.

Mye forskning er gjort rundt i verden for å forbedre/forandre stivelsen i vekster for å unngå eller minske nødvendigheten av kjemisk modifisering.

### **Stabilisatorer**

Både stabilisatorer, fortykningsmidler og emulgatorer går under betegnelsen konsistensgivere.

Funksjonen tilsetningsstoffet har i produktet, bestemmer klassebetegnelsen som brukes.

Stabilisatorer er stoffer som tilsettes for å hindre de kolloide partikler i å gå sammen.

Stabilisatorer kan være oppløsningsmidler, elektriske ladninger eller en overflateaktiv komponent. Produkter tyknet med et stivelsesderivat tilsettes ofte også stabilisatorer for at produktet ikke skal endre konsistens. Som oftest er det nødvendig å bruke flere stoffer sammen for å oppnå og bevare ønsket konsistens, fordi stoffene har forskjellig funksjon konsistens.

### **3.3 Pektin**

Pektinstoffer er viktige stoffer av karbohydrater som vi finner eller er til stede i frukter og grønnsaker i ulike former som pektinsyre, pektininsyre, pektin og protopektin. En form finnes som delsubstans i det sementerende lag mellom cellene i plantevevet. Disse stoffene er i stand til å binde mye vann. Dette bevirker at frukt og grønnsaker har en fast konsistens selv om vanninnholdet ligger mellom 75-95 %.

Handelsvaren pektin kan lages av epler og det hvite i skallet til sitrusfrukter

#### **Oppbygning av pektin**

Pektin er oppbygd som lange kjeder av polygalakturonsyremolekyler..

Galakturonsyremolekylene er bundet sammen i kjeder ved hjelp av  $\alpha$  1.4

glykosidbindinger.(se stivelse). I motsetning til amylosens spiralformede molekyler i stivelse er pektinstoffene trådformet. Karboksylgruppen i pektin er mer eller mindre forestret med metanol.

( pektinsyre ----- pektininsyre)

Både pektinsyre og pektininsyre er i stand til å reagere med metallioner og danne salter.

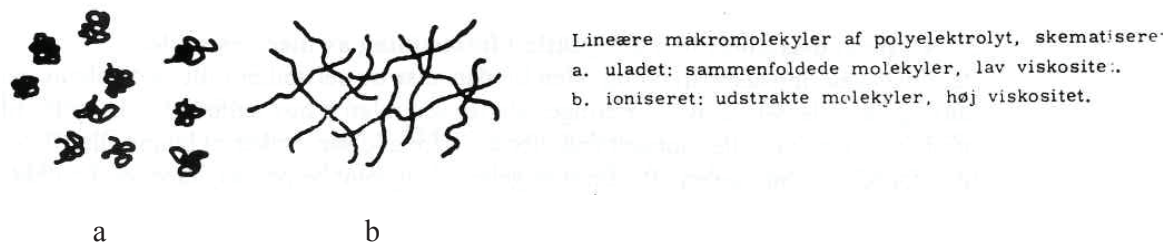
Mange av pektinsubstansene i cellevevet er bundet som kalsium- eller magnesiumioner.

Protopektinets er et stort molekyl som gjennom begrenset hydrolyse går over til pektin. Det er til stede i celleveggen, men antagelig ikke kjemisk bundet til cellulose slike tidligere forskere trodde. I motsetning til de andre pektinsubstanser er det ikke løselig i vann. Forandringer i fruktens konsistens etter hvert som den utvikles fra kart til fullmoden frukt, skjer gjennom endringer av forholdet mellom pektinsubstansene.

### **Anvendelse av pektin**

Pektinstoffenes anvendelse til frukt- og bærprodukter både i privathusholdninger og i næringsmiddelindustrien, beror først og fremst på den vannbindende og geldannende evnen. Men for å danne gel kreves et bestemt blandingsforhold mellom pektin, syre og sukker. I uladet tilstand danner enkelte molekyler i makromolekylet hydrogenbindinger til hverandre og danner sammenfoldede molekyler. Når molekylet ioniseres (surere miljø), vil karboksylgruppene frastøte sin nabogruppe. Dermed rettes pektinmolekylet gradvis ut og disse vil ha en viss avstand i vannfasen. (Bindes til vann i stedet for å bindes til hverandre) De frastøter hverandre. Ved tilsetning av sukker vil sukkeret binde vann og mulighet for dannelse av nettverk mellom de utstrakte pektinfibrene er til stede - et tredimensjonalt nettverk hvor vannet befinner seg i nettverksmaskene. ( geldannelse, se kap.2.3.1, se fig.3,9)

Fig. 3.9 Pektinmolekylet i uladet og ionisert form



Kilde: Andersen P.E.(1976) Introduksjon til levnedsmiddelteknologien

Når vi lager syltetøy, har vi bærslag med varierende surhetsgrad og pektininhold. Tykningsmidler som f.eks. flytende sukkeravhengig Certo senker pH i blandingen slik at pektinmolekylet rettes ut, men kjedene har en avstand som hindrer nettverk, gelering. Sukkermengden som oppskriften tilsier, er viktig for optimal gelering. Derfor får vi kanskje en tykk sirupskonsistens i stedet for ønsket konsistens når vi "kniper" på sukkermengden.

#### **Faktorer som spiller rolle for geldannelse:**

##### Eksterne faktorer

Vannbindende stoff

pH

Temperatur

Ca-ioner

##### Interne faktorer

Metoksyleringsgrad

Molekylvekt

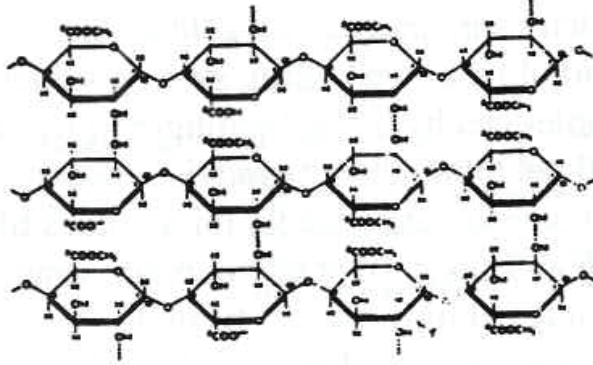
Konsentrasjon av pektinet

#### **Metoksyliert pektin**

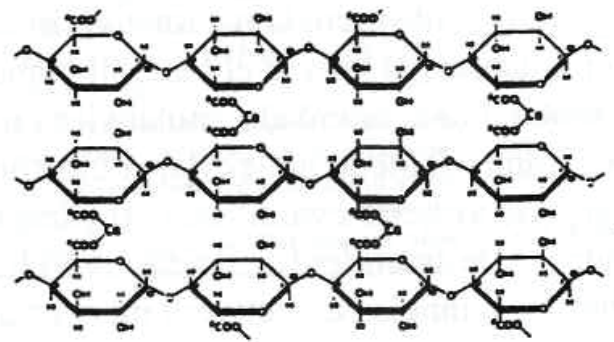
Pektin som er demetoksyliert ved hjelp av enzymer - lavmetoksyliert pektin - krever lite eller ikke noe sukker hvis det er kalsiumioner eller andre divalente ioner tilstede. Det forårsaker ionbinding mellom kalsium og 2 karboksylgrupper i pektinmolekylet. Gelstyrken vil være avhengig av pektin og kalsium konsentrasjonen. Se fig.3.10

Fordelaktig ved lavkaloriinntak og diabetes.

Fig. 3.10 Høymetoksylopektin og lavmetoksylopektin



Høymetoksylopektin



Lavmetoksylopektin

Kilde: Andersen P.E. (1974) Introduksjon til levnedsmiddelteknologi

### Anvendelsesområder for pektin i framstilling av næringsmidler

Pektinets geleringstemperatur og tiden for dannelse av gel spiller rolle ved valg av pektin. En hurtiggelerende pektin hvor geleringen starter ved relativt høy temperatur, benyttes til produkter med bær eller oppdelt frukt for å hindre at disse synker til bunns eller flyter opp, men fordeles jevnt i gelen. Pektin som gelerer langsomt benyttes i geleer og konfekt. Metoksyliert pektin brukes i salater og desserter som inneholder en hvilken som helst suktermengde eller ingen. Det finnes også metoksyliert pektin som tykningsfaktor for syltetøy (ikke sukkeravhengig Certo)

Pektin brukes også som emulgator f.eks. i majonesprodukter og når eteriske oljer brukes som smakstilsetninger. I medisin brukes pektin i f.eks. preparater mot tarminfeksjoner

### 3.4 Gums

Gums er sjøplanteekstrakter som alginater, agar, carragencan. Fra rødalgene fås blant annet agar, carragencan og furcellularan og fra brunalger alginater

Landplanteekstrakter fås som gummi, arabicum og tragant.

Stivelse er også et landplanteekstrakt mens proteinet gelatin som hører med blant fortykningsmidler, er et dyreekstrakt.

### **Alginater**

Alginater blir dannet av brunalger, spesielt av brunalger fra familien Laminariaceæ.

En stor del av celleveggene i disse algene består av kalsium- og magnesiumsalter i det vannoppløselige polysakkaridet alginsyre. Alginsyre er en høymolykylær, lineær polymer oppbygget av D-mannuronsyre og L-glukuronsyre.

Alginsyre minner om pektin i oppbygning og har de samme egenskapene som lavmetoksyliert pektin, se punkt 3.3.3.

Alginater kan derfor når det er kalsium eller andre kovalente metallioner tilstede, danne meget viskøse oppløsninger og geler.

Ved pH under 4 vil viskositeten bli så stor at det utfelles stoffer. Ved å forestre karboksylgrupper fra alginsyre med propylenglyserol får en forbindelser som også kan anvendes som tykningmidler i sure produkter, uten risiko for utfelling.

Alginater kan brukes som tykningsmiddel til syltetøy. (eksempel: Jam)

Den kanskje viktigste enkeltfaktor av alginater i næringsmiddelindustrien er som stabilisator i spiseis. Stabilisatoren binder vann, dermed øker viskositeten i blandingen f.eks. mellom fløte, sukker og tørrmelk i fløteis. Dessuten forhindrer alginater (her stabilisator) dannelse av store iskrystaller under fryseprosessen.

### **Agar**

Agar består vesentlig av D-galaktose og 3,6-anhydro-L-galaktose. Rød og brunalger har store mengder polysakkarider i celleveggen, og disse danner utgangspunktsmateriale for industriell utvinning av agar. Disse polysakkaridene sveller under opptagelse av vann og danner geler eller viskøse væsker ved koking med vann. Agar blir brukt i mikrobiologien ved dyrking av mikrober. Agar er oppløselig i varmt vann, men har redusert oppløsningsevne i kaldt vann.

### **Gummi arabicum**

Gummi arabicum er et utskillelsesprodukt fra trær forårsaket av bakterier eller sopp - altså en sykkelig tilstand. Varme eller tørke stimulerer produksjonen. Stoffet er et komplekst kalsium-, magnesium- og kaliumsalt av arabinsyre. Arabinsyrens oppbygning er ikke kjent med sikkerhet, men den er sterkt forgrenet. Her ligger dens store forklistringsevne, og den brukes som klebemiddel for frimerker utover utbredt anvendelse i næringsmiddelindustrien.



## **Tragant**

Tragant er et planteekstrakt, tilhører belgfruktfamilien, er av karbohydratnatur og består av to komponenter. Den ene er vannløselig (Tragantin), utgjør ca.1/3 av tragant og har egenskaper som minner om gummi. Den andre komponenten er uløselig i vann, men den har meget stor evne til å kveile seg opp med vann. Tragant lar seg derfor oppløst i vann røre ut til en meget viskøs suspensjon, men danner ikke gel på samme måte som f.eks. stivelse og pektin. Tragant er dyrt, men kan kjøpes på apotek og vi bruker det f.eks. for å få falsk marsipan smidig.

## **3.5 Oppsummering av tykningsmidler**

Tykningsmidler har forskjellig opprinnelse, men felles for alle bortsett fra gelatin, er at de er av karbohydratnatur. Grunnenhetene i molekylene er forskjellig fra tykningsmiddel til tykningsmiddel. De varierer fra et monosakkarid (stivelse, agar, carragenan) og til noen syrer (alginater, pektiner).

Valg av tykningsmidler vil avhenge av både matvarens egenskaper og bruksområde.

## **Litteratur:**

Andersen, P.E. (1974) *Introduksjon til levnettsmiddelteknologien*. Lyngby: Polyteknisk forlag

Holestøl (1974). *Konsistens og fortykningsmidler*. Oslo:Sentralinstituttet for industriell forskning

Larsson, K. (1977). *Livsmiddelteknik (6) 290-29*. Stärkelseoch andre kolhydrater ur konsistenssynspunkt.

Lean, M.E.J (2006). Fox and Cameron`s *Food Science, Nutrition and Health*. London: Edward Arnold

Matportalen: *Tilsetningsstoffer* lest 17.03.10

[http://matportalen.no/Matportalen/artikler/2003/11/tilsetningsstoffer\\_-\\_hva\\_betyr\\_e-numrene](http://matportalen.no/Matportalen/artikler/2003/11/tilsetningsstoffer_-_hva_betyr_e-numrene)

McGee, H.(1987) *On Food and Cooking. The Science and Lore of the Kitchen*. London:  
Unwin Hyman

Pedersen, J.I., Hjartåker, A. & Andersen S.A. (2006) *Grunnleggende ernæringslære*. Oslo:  
Gyldendal akademiske

Penfield, P.M. & Campbell, A.M.(1990). *Eksperimental Food Science*. San Diego: Academic  
Press, Inc

Ulen, R. (1991). *Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød. Verdi i kosten*. Kompendium.  
Stabekk høgskole

## 4. Protein

Proteiner er naturlig forekommende i matvarene våre og/eller fungerer som en tilsatt, funksjonell ingrediens. De har også stor betydning både ernæringsmessig og sensorisk. Et næringsmiddels struktur er et flerfasesystem. Det kan bestå av både emulsjon, suspensjon, gel og skum. I løsninger finner vi proteinene som regel i form av kolloidale partikler, med eller uten vannkappe. Det som betegner kolloidale partikler, er at de har en meget stor overflate i forhold til vekt. De ligger i partikkelstørrelse mellom molekylstørrelse eller ioner i ekte løsning og grovdisperse partikler i suspensjon eller oppslemming, se kap 2.3.

Proteingruppen er stor og kompleksiteten i oppbygning ikke mindre. Dette ser vi når vi sammenligner kjemiske formler og molekylvekt. Vann -  $H_2O$  har f.eks. molekylvekt 18, glukose -  $C_6H_{12}O_6$  molekylvekt 180, lactoglobulin omtrentlig formel,  $C_{1846}H_{3012}O_{576}N_{468}S_2$  og molekylvekt 42000 og gelatin molekylvekt oppmot 100000. Vi finner proteiner med molekylvekt på flere millioner..

Proteiner kan være overflateaktive og tjener som skumdannere eller emulgatorer, og på grunn av sin vannbindingsevne kan de danne en viskøs sol eller gel under bestemte forhold. De kan opptre som beskyttelseskolloider og aggregere.

Ingen enkeltproteiner har alle disse funksjonelle egenskaper. Vi har nevnt ovenfor at det er store variasjoner i oppbygning og sammensetning innenfor proteingruppene i den enkelte matvare og også mellom de ulike matvarene. Dette vil på sin måte påvirke teknologiske og funksjonelle forhold.

Når kunnskaper om protein skal brukes til å forstå hva som skjer når vi lager mat, må en i tillegg ta i betraktning at andre stoffer i maten ofte forandrer proteinets egenskaper. Dette påvirker reaksjonsmåter under forhold som varmepåvirkning, mekanisk bearbeiding, pH, endring i saltkonsentrasjon, ultrafiolett lys etc.

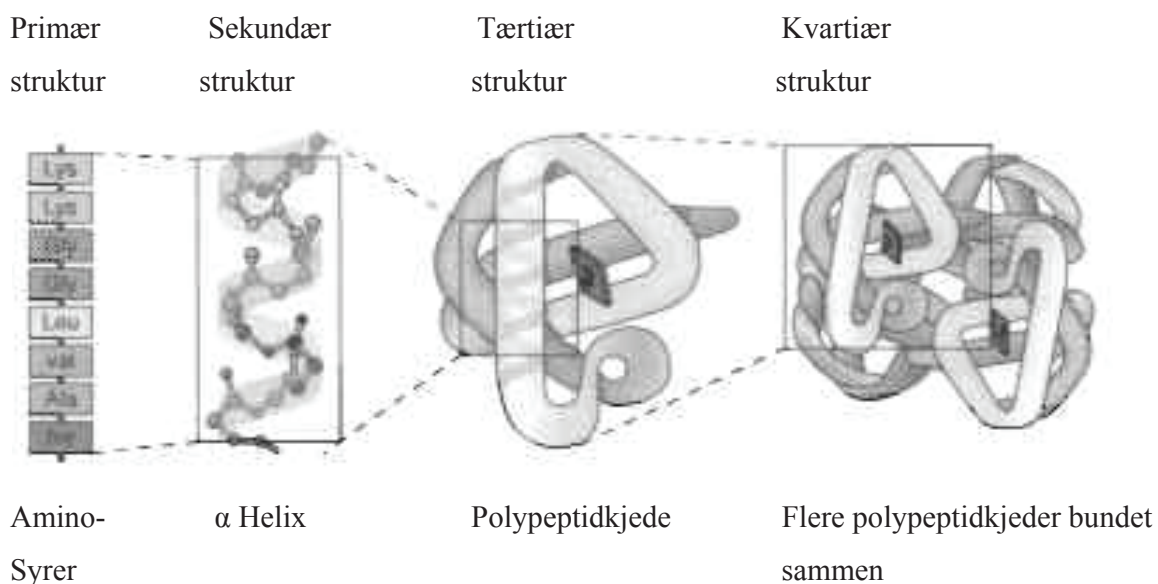
## 4.1 Generelt om protein

### Oppbygning av protein

Protein er oppbygd av ca. 20 ulike aminosyrer. Aminosyrene er bundet sammen til peptidkjeder ved hjelp av peptidbindinger. 9 av aminosyrene er essensielle, dvs. vi må tilføre dem via maten. Proteinkvaliteten i maten avgjøres av innholdet av essensielle aminosyrer. Les om oppbygning av protein i andr kilder f.eks. Lean, M.E.J., Cameron A. G. & Fox, B.A.(2006) eller i Pedersen J.I., Hjattåker, A. & Andersen S.A.(2009)

Strukturen i protein kan beskrives ved å dele den inn i primærstruktur, sekundærstruktur, tærtiærstruktur og kvartiærstruktur. Primærstrukturen viser at aminosyrene er bundet sammen i peptidkjeder og peptidkjedene kan være bundet sammen ved hjelp av svovelbroer. Sekundærstrukturen oppstår f.eks. ved at det dannes hydrogenbindinger mellom NH- og CO-grupper i peptidkjedene, og det dannes  $\alpha$ -helix slik som det gjør i noen fibrøse proteiner som keratin og i ulike globulære proteiner. Tærtiærstrukturen er strukturen i tredimensjonal form. Her ser fiberproteinet kollagen ut som et fletteband, mens globulære proteiner ofte ser ut som trådnøster dannet ut fra mulighetene til å danne bindinger, avhengig av kjemisk oppbygning av aminosyrene de er sammensatt av. Svovelholdige aminosyrer har særlig evne til å danne slike bindinger - svovelbroer. Kvartiærstrukturen er betegnelsen på et aggregert system der flere liknende molekyl er knyttet sammen, se fig 4.1

Fig 4.1 Ulike strukturer av protein



Kilde: Pedersen T.(2002). Kemien bag gastronomien

### **Løselighet av proteiner**

Animalske proteiner kan være globulære eller fibrøse. De globulære proteinene er relativt løselige i vann. Fiberproteiner er som oftest uløselige eller tungtløselige i vann. Gelatin er et protein med fiberlignende oppbygning, som har fått vannløselige egenskaper, gjennom framstillingsprosessen.. Planteproteiner deles vanligvis i gluteliner og prolaminer. Disse er begge uløselige under nøytrale forhold, men løsningsvevnen kan påvirkes ved f.eks. forandring av pH. Proteinets løselighet har følger for matlagingsprosessen.

Les mer om løselighet av proteiner i f.eks. Lean, M.E.J. et al(2006)

### **Nativt, denaturert og koagulert protein**

Proteinet kan finnes i nativ form (opprinnelig form), denaturert form og i koagulert form alt etter påvirkning på proteinet, se fig. 4.2.

Svak denaturering er en tilstand hvor proteinet reversibelt kan endre sin sekundære og tertiære struktur, så lenge det skjer en begrenset påvirkning utenfra. Hvis påvirkningen deretter fjernes, vender proteinet tilbake til sin opprinnelige form.

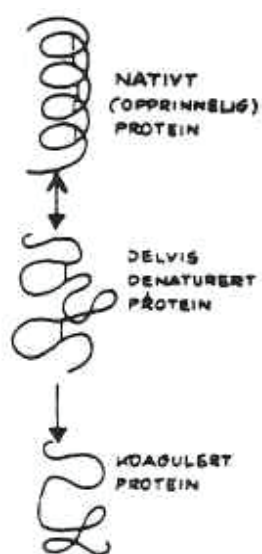
Sterk denaturering, såkalt koagulering er en irreversibel prosess, dvs. at proteinet har endret så mye av sin struktur under påvirkningen, at det ikke går tilbake til sin opprinnelige form.

Ved denaturering skjer en større eller mindre endring i den native foldestrukturen, og det denaturerte molekylet får en åpnere og mer uspesifikk form enn det native (udenaturerte) molekylet. Denatureringen fører også til en blottlegging av nye bindingssteder på overflaten av molekylet. Tendensen til utfelling (aggregering) eller geldannelse øker.. Det er avhengig av ionstyrke og andre faktorer som ikke er så lett å forutsi, men økning i proteinkonsentrasjonen har betydning for geldannelse og gelstyrke.

Prosessen involverer et mangfold av stadier.. Denaturerte eller delvis denaturerte proteiner fremmer skumdannelse og evne til emulgering, samtidig som smaksegenskaper og fordøyelighet øker.

Varme er den mest vanlige årsaken til denaturering/koagulering. Termisk denaturering av proteiner i muskelvev og andre matvarer antas å være irreversible, og det foreligger derfor ingen termisk likevekt. Termisk denaturering skjer altså ikke ved en bestemt temperatur, men over et visst temperaturområde, ved svært lav hastighet nederst i dette området, med middels hastighet f.eks. 50°C høyere oppe og med svært høy hastighet ca. 50°C over det igjen.

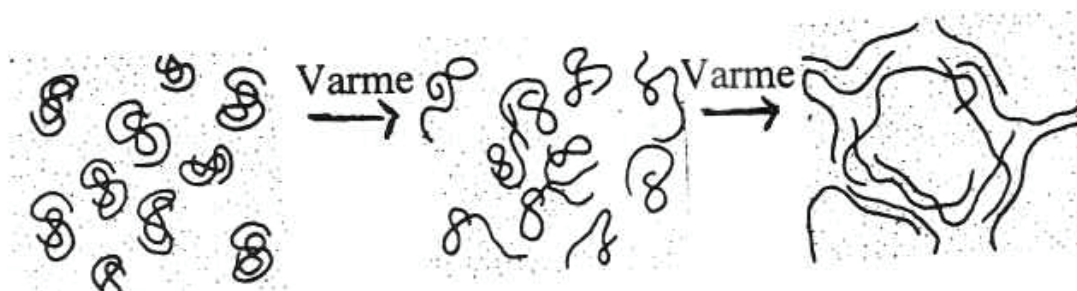
#### 4.2 Endring av proteinet fra nativ form via denaturert protein til koagulert protein



Kilde: Nes, M. Mùller, H. & Pedersen J.I. (2006) Ernæringslære

Eksempel på hva som skjer under oppvarming av proteiner er vist i fig.4.3. Oppvarming medfører energiøkning i systemet slik at bindingene i proteinene brytes, og proteinene brettes ut (denaturerer) Proteinets egenskapene blir dermed helt endret.

Fig. 4.3 Forandring av eggproteiner ved oppvarming



Kilde H.McGee. (1987).On Food and Cooking

## 4.2 Gelatin

Gelatin er et hydrokolloid som er framstilt ved sur eller basisk hydrolyse av vev i dyrehud/ben. Det er et protein som hovedsakelig består av 18 aminosyrer med molekylvekt ca 90000. Gelatinmolekylene har form som lange tråder av forskjellig lengde. De varierer i molekylvekt, antall sure og basiske grupper i sidekjedene og sannsynligvis også i aminosyresekvensene. Disse faktorene influerer på interaksjonen mellom gelatinmolekylene, gelatinen og oppløsningsmediet og følgelig på viskositeten, geleringskraften og andre egenskaper.

Aminosyrer med to polare grupper er årsaken til gelatinets hydrofile egenskaper, 1-2 g gelatin kan binde 98 g vann. Gelatin er et rent, konsentrert næringsprotein: 85 % protein, 10-13 % vann og 2 % salter. Proteinets næringsverdi ligger på samme nivå som i belgfrukter.

Gelatinets viktigste egenskap er den evne dette produktet har til å svulle i vann, danne en viskøs løsning ved oppvarming (sol) og en gel ved avkjøling av denne. Smeltepunktet er ca 35°C. En del forskere antar at det under svellingen bindes vann til gelatinmolekylet ved hydrogenbroer. Svellingen er også avhengig av tverrbroer i nettverk som dannes. Oppløsning av gelatin er i utgangspunktet en enkel prosess, men ved bløtlegging utnyttes vannbindingsevnen best ved at hver enkel gelatinplate omgis med vann og ikke klister seg sammen.

Oksoniumionekonsentrasjonen spiller en rolle for gelatinets piskeevne som er størst ved isoelektrisk punkt, se kap 2.3. Ved dette punkt har gelatinpartiklene en sterk tendens til å

henge fast ved hverandre, og det favoriserer skumdannelse. Piskingen skal innledes ved begynnende geldannelse. Gelatinen er elastisk på dette stadiet og strekker seg for å omslutte luftboblene. Gelatinmolekylene er følsomme overfor enzymatisk hydrolyse. De spaltes av nærmest alle proteolytiske enzymer<sup>14</sup>. Ved å bruke rå frukt hvor slike enzymer naturlig forekommer, vil gelatinløsningen miste sin geleringseffekt. Eksampler på dette er frisk annanas som inneholder bromelin, papaya papain, fiken ficin og kiwi actinidin. Eventuelt stivnet gele vil etter hvert bli en rennende masse når slike enzymer er tilstede.

Gelatin kan brukes som stabilisator i emulsjoner for eksempel i iskrem. Det gir en fastere tekstur, fyldigere smak og hindrer dannelse av iskrystaller under lagring. Gelatinmolekylene er finfordelt i iskremblandingen og binder vannet som finnes i små dråper på grunn av sine hydrofile egenskaper. Vannmolekylet mister sin bevegelighet, og det gir en mer langsomt smeltende iskrem. Agar kan brukes også som stabilisator i iskrem.

### **4.3 Egg**

Eggproteinenes egenskaper har en allsidighet som gjør egg til en viktig og hyppig ingrediens i matlagingen. De forandringer som eggproteinene gjennomgår er for det meste en form for proteinkjemi, og da særlig reaksjoner som fører fram til koagulering.

Eggproteinene får av den grunn en bred omtale i dette kompendiet innenfor gruppen proteinrike matvarer. Kunnskaper om deres egenskaper og forandringer som følge av de påvirkninger som maten utsettes for under tillaging, mener vi kan gi grunnlag for en generell forståelse av funksjonelle proteiner.

Funksjonelle egenskaper vi legger spesiell vekt på er:

- Evne til skumdannelse - det dannes en elastisk film som omslutter luft.
- Evne til å binde/tykne - denaturering/koagulering som gir tap av løselighet og forandring fra flytende til fast form.
- Evne til å danne emulsjoner.

Oppbygning av egg, se f.eks. Lean et al.(2006) eller Pedersen, T (2002)

---

<sup>14</sup> Proteolytiske enzymer: Enzymer som spalter protein



### **Eggehviteproteinene og deres teknologiske egenskaper**

Eggehvite er en tyktflytende væske hvor proteinene forekommer som kolloidale partikler i vannet. Ca 60 % av eggets volum er eggehvite, 88 % av dette er vann. Resten er proteiner og glykoproteiner. Vi kan skille mellom 4 regioner av hvite: den ytre, tynne hvite nær skallmembranen, dernest den ytre, tykke hvite - en gel som danner senter i eggehviten, den indre, tynne hvite som ligger mot plommen og som igjen er dekket av tykk hvite (kalaselaget mot vitellinmembranen). Vitellinmembranen (også 4 lag) omslutter plommen og er vesentlig proteiner, men er mindre robust enn skallmembranene. Oppgave til vitellinmembranen er å holde hvite og plomme fra hverandre, og membranens styrke er derfor viktig.

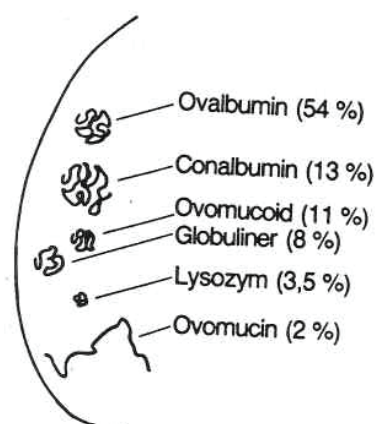
Vitellinmembranene inneholder ovomucim, lyzosom og glykoprotein..

pH i eggehvite stiger i takt med tap av CO<sub>2</sub> som skjer gjennom det porøse eggeskallet, fra omkring pH 7.9 - 8.1 i nylagte egg, til ca pH 9.1 - 9.3, i løpet av 5 dagers lagring. Økning i pH verdi influerer på eggehvitens funksjonelle egenskaper

Eggehviteproteinene er funksjonelt viktige i mange matvarer der vi fram for alt utnytter deres evne til å danne gel og skum. Men de er også en medvirkende faktor i emulsjonsdannelse. Eggehviteproteiner har vært gjenstand for intense studier og omkring 40 ulike eggproteiner er beskrevet i litteraturen, men de fleste forekommer i meget lave konsentrasjoner.

De viktigste proteiner m.h.t. teknologiske egenskaper er: *ovalbumin*, *conalbumin*, *ovomucoid*, *globuliner*, *lysozym* og *ovomucin*. Fig.4.4 viser prosentvis fordeling og formasjoner.

Fig 4.4 Proteinkomponenter i eggehvite



Kilde: Hegg, P.O. (1986). Aggviteproteinerna och deras teknologiska egenskaper

**Ovalbumin** er det dominerende proteinet i eggehvite. Dette proteinet har isoelektrisk punkt 4.6-4.8. Ved pisking vil ovalbumin denaturere og delvis koagulere og gjøre massen stiv. Ved ca 60 °C begynner ovalbuminet å koagulere og massen stiver ytterligere

**Conalbumin** (ovotransferrin) har isoelektrisk punkt 5.6-6.0, og har evne til å binde metallioner, spesielt jern. Dette gir vanligvis fargeforandringer. Binding av metallioner til conalbumin resulterer også i termisk stabilisering av proteinet (10-20°C). Proteinets koagulerer ved oppvarming.

**Ovomuroid** har et isoelektrisk punkt på 3.9-4.5 og er relativt varmestabilt ved eggehvitens normale pH, og er et glykoprotein med høyt karbohydratinnhold (20-25 %).

**Globuliner**.. Det finnes flere typer globuliner i eggehvite. To av dem kalt G<sub>1</sub> og G<sub>2</sub> viser seg å være spesielt viktige for å danne og stabilisere eggehviteskum.

**Lysozym** har isoelektrisk punkt på 10.5-11.0 og enzymet er meget vanlig både i plante- og dyreriket, men eggehvite inneholder store kvanta av dette enzymet sammenlignet med andre matvarer. Dette proteinet har antibakteriell virkning.

**Ovomucin** er et dårlig løselig glykoprotein med høyt karbohydratinnhold og høy molekylvekt. (Løselighet har betydning for funksjonelle egenskaper.) Molekylstrukturen består av utstrakte proteinkjeder, se fig 4.4. Derfor antas det at dette proteinet er bestemmende for eggehvitens geleaktige konsistens. Ovomucin finnes både i den tykke og den tynne hviten, 80 % i tykk hvite, og av det er 70 % uløselig og 10 % løselig. Tynn hvite inneholder 20 % og

alt er løselig. Det har vært et hovedproblem å forstå hvorfor ovomucin forandres ved lagring av egg, og på hvilken måte dette er knyttet til at den tykke hviten minsker i viskositet.

Det er individuelle forskjeller i hønenes anlegg til å danne tykk hvite.

Teoretiske studier av sammenblandede proteiner i egg er vanskelig fordi informasjonen om enkeltproteinene ofte ikke er overførbar til blandinger.

De ulike eggeproteinene koagulerer ved uliketemperaturer fra ca 70°C for ovomucoid til 92°C for ovoalbumin

### **Eggeplommens sammensetning og funksjon**

Plommens vekt utgjør ca en 1/3 av hele eggets vekt (uten skall) og har et tørrstoffinnhold på ca 50 %. Av dette er i runde tall 1/3 proteiner og 2/3 lipider. Av lipidene er 2/3 triglyserider, 4-5 % kolesterol og resten forfolipider (hovedsakelig lecitin). Dessuten finner vi små mengder karbohydrater, mineraler og vitaminer. Proteinkonsentrasjonen er relativt konstant, mens lipidene varierer fra 32 - 35 %. Det har med arv å gjøre, mens foret influerer på forholdet mellom fettsyrerne (linolsyre og oljesyre). Mengden mettede fettsyrer er konstant. Det er gjort forsøk for å redusere kolesterolemengden.

Fysikalsk er plommen en olje/vann emulsjon. Den beskrives som en proteinløsning hvor vi finner partikler som varierer både i størrelse og sammensetning. Proteinene er delvis rene proteiner (livetin), dels fosfoproteiner og lipoproteiner. Lipoproteinene, lipovitellin og lipovitellenin er komplekse forbindelser hvor vi finner fosfoproteiner kombinert med fosfolipider. Jernet i plommen er bundet til fosfovitin.

Plommens fargestoffer er karotenoider, mest xantofyll og en liten del av xantofyllet er karoten. Fargen varierer fra blek gul til mere klar rød avhengig av pigmentinnholdet i foret. Mais inneholder en type xantofyll som raskt blir transportert til plommen. Årstiden kan også ha innflytelse på fargen.

Plommens pH ligger i overkant av 6 og endres lite ved lagring. Noe vann blir transportert fra hvite til plomme (osmose). Det betyr et større press på vitellinmembranen og en mer utflytende plomme.

Plommens funksjon som emulgator og stabilisator er komplisert. Gjennom elektronmikroskopstudier har en funnet kontinuerlige membranstrukturer som er bygd blant annet av sammenkoblede lipoproteiner, rundt oljedråpene. Det ser derfor ut til å være en kombinasjon av ulike proteiner, lipoproteiner og fosfolipider som gir plommens dens gode

egenskaper som emulgator. Hvordan dette komplekse systemet fungerer i matlagingen er en følge av de totale fysikalske og kjemiske forhold.

### **Varmeaggregering**

Ved aggregering slår flere proteiner seg sammen og resulterer i en utfelling, se kap 4.1

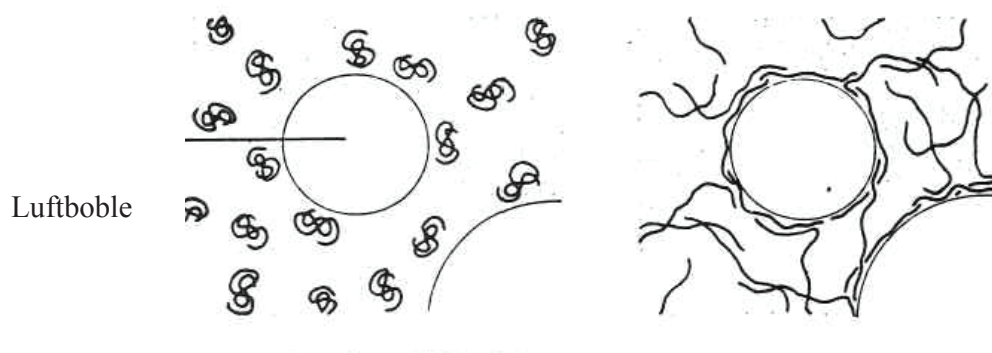
Fenomenet beskriver altså forholdet til andre proteinmolekyler i motsetning til denaturering som satt på spissen, kan tillegges forandringer i det enkelte proteinmolekylet.

Varmeaggregering skjer ofte ved en spesiell temperatur og i forhold til eksterne faktorer som pH og saltinnhold. Aggregeringsforløpet er sammensatt, fordi ovalbumin og conalbumin har ulike reaksjonsmønstre. På grunn av høy proteinkonsentrasjon og hvitens spesielle sammensetning danner den en gel ved oppvarming. (for gel se kap. 2.3). Ved detaljstudier av separate proteinene finner man at ovalbumin ved eggehvitens naturlige pH danner en transparent gel (lik gelatiningelen). Conalbumin kan ikke danne gel under disse betingelser, men aggregerer som en hvit utfelling. Gelstrukturen i kokt egg kan derfor tillegges ovalbumin, mens gelens farge skyldes conalbumin.

### **Egg som skumdanner**

Det som gjør egg til et hevemiddel og samtidig medvirker til strukturdannelse i bakverk, er deres evne til å danne skum ved innpisking av luft som følge av et "samarbeide" mellom de ulike proteinene. Globulinene er viktige i skumdannelsen med hensyn til volumøkningen, fordi disse proteinene nedsetter overflatespenningen og bidrar til økt viskositet. Ovomucin er bestemmende for elastisitet og stabilitet. Skumstabilitet har betydning for resultatet av marengs, soufflé, sukkerbrød osv. Conalbumin vil også denaturere og stimulere til skumdannelse, mens ovalbumin koagulerer raskt under stekeprosessen. Det dannes et solid nettverk rundt luftboblene og hindrer sammenfall av skummet. Eggehviteskum er en kolloidal dispersjon (gass i væske) som består av luftbobler omgitt av hvite som et tredimensjonalt nettverk, fordi den har gjennomgått en denaturering i luft/væskefasen. Ved denatureringen foldes proteinene ut og lager en film med den hydrofobe delen i luftfasen og den hydrofile i væskefasen. Proteinene strekkes, noe av ovomucinet blir uoppløselig, og gir dermed et stivt og stabilt skum, se fig 4.5.

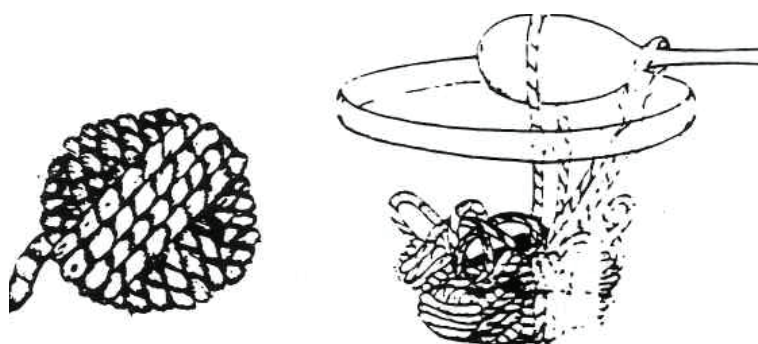
Fig. 4.5 Skjematisk framstilling av dannelse av eggehviteskum



Kilde: McGee, H. (1987): On Food and Cooking

Som bilde av hva som skjer når en pisker egg har Nick John laget et bilde som kan hjelpe oss å skjønne hva som skjer når en pisker egg til eggedosis. Her framstilles globulære proteiner som små nøster. Ved hjelp av dette bildet er det lett å forstå hva som skjer når en pisker egg til eggedosis. Egget inneholder på en måte en samling av "trådnøster". Når vi pisker "trådnøstene", dannes nye formasjoner og bindinger som gir luftlommer og dermed øker blandingen (skummet) i volum, se fig 4.6.

Fig.4.6 Opp-pisking av trådnøster.



Kilde: John, N (1983): Smashing the Eggbarrier

## **Faktorer som påvirker dannelse og stabilitet av eggehviteskum**

*Temperatur.* Når eggene har romtemperatur (den kan gjerne være høyere), er det lettere å piske inn luft pga. nedsatt overflatespenning. Det øker også skummengden.

*Utstyr.* Forsøk har vist at stasjonær bolle med roterende visp (ballongvisp en fordel) gir større skumvolum enn om en bruker roterende bolle med stasjonær visp. Skummet rundt vispen/vispene blir først stivt og dermed ubevegelig. Dette hindrer vispene å komme i kontakt med resten av materialet.

*Pisking.* Det er vanskelig å bestemme optimal pisketid. En optimal skumstabilitet nås før maksimum volum. Problemet er å vite når dette finner sted. Visper en for lite, blir skummet lite stabilt, og en får da også inn mindre luft. Praktiske kjennetegn vi bruker på at eggehvitene er nok pisket, er å snu bollen på hodet, og blandingen forblir der. Vi sier ofte at eggedosis av hele egg er ferdig pisket når en kan skrive et kort ord (3 bokstaver) med vispen, og den første bokstaven kan skimtes når den siste skrives.

Overpisking gjør at det tilføres for mye luft, for mye ovomucin denaturerer, og proteinfilmen blir tynn og mindre elastisk. En viss elastisitet er nødvendig under oppvarming (steking) slik at den innpiskede luft og andre gasser kan ekspandere uten at celleveggene brister, før ovalbuminet koagulerer ved hjelp av varmen og danner nettverk,

Lar vi eggehviteskummet stå, vil det snart falle sammen pga. at det lett skjer en ny overflatedenaturering. Denne denatureringen av proteiner i bobleoverflatene kommer av at bindingene mellom proteinene som omgir luftboblene, forholdsvis lett foldes på nytt. Dermed vil de ikke lenger omslutte og stabilisere luftboblene.

*Tykkelse på hvite.* Tynn hvite danner lettere skum enn tykk hvite, men gir dårligere skumkvalitet. Vi ønsker mye, men samtidig stabilt skum. Lagra egg har større innhold av tynn hvite enn ferske egg, se avsnittet Eggehviteproteiner og deres teknologiske egenskaper. Derfor gir lagra egg større skumvolum enn ferske egg ved samme pisketid. Økt pisketid kan gi ferske egg samme skumvolum, samtidig er stabiliteten på skummet bedre.

*Vann.* Tilsettes vann øker skumdannelsen, men senker stabiliteten pga. redusert konsentrasjon av protein.

*Salt - NaCl.* NaCl reduserer stabilitet, setter ned volum og øker pisketid fordi den forandrer vannkappen rundt proteiner slik at det tar lenger tid å denaturere proteinene.

*Fett.* Fett vil redusere volumet. Eggeplomme inneholder fett, og vi må derfor unngå å få noe eggeplomme med når vi skal stivpiske eggehvite. Fett påvirker trolig de hydrofobe delene av hviteproteinene når disse brettes ut, og gir mindre eller hindrer skumdannelse.

*Sukker.* Tilsetning av sukker forsinket denatureringen (utbretting av proteinnøster) av eggehviteproteiner, slik at pisketiden for skumdannelse øker. Sukker danner hydrogenbindinger både med vann og aminosyrer, og dette utsetter skumdannelsen. Stabiliteten på skummet øker, og det blir mer elastisk slik at det blir lettere å tilsette andre ingredienser uten å ødelegge skummet. Faren for overpisking blir mindre. Ved pisking av hviter der det skal tilsettes store sukkermengder, lønner det seg å halvpiske hvitene først og tilsette sukkeret porsjonsvis.

Plommen er en dårlig skumdanner som endatil ødelegger og hindrer dannelse av skum på grunn av innhold av fettstoffer. Vi bruker som regel hele egg som skumdannere når vi lager f.eks. sukkerbrød. Dette lar seg gjøre pga. helheten i systemet (nedsatt overflatespenning, sukker tilsetning, emulsjonsdannelse etc.), og vi får et akseptabelt skumvolum som er relativt stabilt.

### **Egg som tykningsmiddel**

Både eggekrem, eggstand, kokte egg, stekte egg osv. tykner på grunn av at proteiner denaturerer og koagulerer. Eggehvite begynner å stivne ved ca 60°C og eggeplomme ved ca 65°C og ved ca 70°C er hele egget stivt.

Til **eggekrem** blander vi egg, melk og sukker i en kasserolle og varmer opp under konstant røring ved svak varme. Da øker sjansen til å få et vellykket resultat. fordi det trengs tid for å vinde opp tertiærstrukturen, slik at det kan dannes et jevnt nettverk. Røringen fører til jevnere temperaturforhold i hele massen og hindrer at enkelte proteiner danner et tett nettverk/koagulerer og skilles ut. Det er nemlig kort avstand i temperatur fra proteinene

endrer struktur til de koagulerer fullstendig, og dermed vil sausen lett skille seg. Det kan være snakk om en temperaturøkning på bare 4 - 8°C. Derfor er det viktig straks å avkjøle kasserollen (i kaldt vann med den!) for å hindre videre varmeutvikling.

Melka inneholder en del protein, men dette har lite å si for geldanningen. Derimot er salter i melka nødvendige for at blandingen skal danne gel. Tilsettes destillert vann i stedet for melk, vil ikke geldanning skje. Sukker og melk gir lavere proteinkonsentrasjon, og dermed øker tiden det tar å koagulere proteinene. Når vi lager eggerøre, ønsker vi en bløt gel, og vi benytter derfor vann eller fløte.

**Eggestand og karamellpudding** krever også langsom oppvarming for å hindre et for tett nettverk som lett kan gi vannutskillelse - synerese - et produkt med "piper" i. Vi benytter vannbad, fordi vann er en god varmeleder, og vi får en bedre varmefordeling.

### **Oppbevaring av egg**

For langtidslagring bør eggene oppbevares kjølig, mellom 0°C til 1,5 °C og med høy fuktighet i luften (85 - 90 %). Ved å dyppe eggene i et stoff som tetter porene innen en time etter egglegging kan CO<sub>2</sub> tap hindres, noe som øker holdbarheten

Eggehvite er enkel å fryse fordi frysing ikke påvirker eggehvite. Viskositeten på sammenpiskede, hele egg og eggeplommer øker når de utsettes for temperaturer under frysepunktet. Viskositetsøkningen er mer tydelig i eggeplommer enn i hele egg. Tilsetning av sukker (8-10 %) og salt (2-10 %) kan hjelpe. Økningen i viskositet og geldannelse som vi ser ved tining, skyldes antagelig aggregering av lipoproteinene i eggeplommen som dermed binder store mengder vann i et nettverk. For å få best mulig kvalitet på fryste egg bør innfrysingen skje raskt og massen bør tines før bruk

I tørkede eggprodukter er karbohydratene fjernet for å unngå mørkfarging og smaksendring via maillardreaksjon (se kap 2.4.2) mellom reduserende sukker og aminogropper. Eggmassen påvirkes så videre ved bl.a. pasteusering og senking av pH for til slutt å frysetørkes til et vanninnhold på ca 5 %.



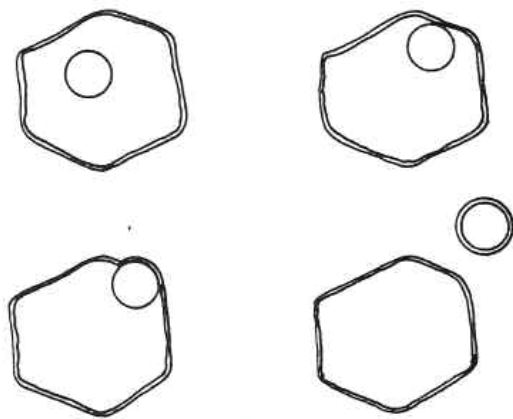
## 4.4 Melk

Melk er et komplekst fysiokjemisk system som består av ca 88 % vann, 4,6 % karbohydrater, 3,9 % fett, 3,2 % proteiner (kasein- og myseproteiner), ulike mineraler og vitaminer.

De minste molekylene, salt, melkesukker (laktose) og vannløselige vitaminer, er i ekte løsning. Proteiner inkludert enzymer er i kolloid løsning.

I melk er fett emulgert som små dråper i en olje i vann emulsjon se kap 2.3 I nativ (opprinnelig) tilstand er fettkulene omgitt av en plasmamembran, dannet i melkekjertelen ved at de tar med seg en del av cellemembranen i produksjonscellen, se fig. 4.7 Denne plasmamembranen består av fosfolipider og proteiner. Den ene enden av fosfolipidet strekker seg inn i fettdråpen, den andre enden er trukket til ioner i vannet. Fosfoproteinene hindrer dermed fettdråpene i å gå sammen i store fettklumper. Noen av melkeproteinene hjelper til som stabilisatorer. Fettdråpene i melk er bemerkelsesverdig resistente mot sammenklumping, selv om de går til overflaten når melken blir stående, dette pga. fettets lave egenvekt i forhold til vann.

Fig 4.7 Skjematisk oversikt over produksjon av fettdråper i melkekjertler.



Kilde: John, N. (1984). Milk: The Universal Food

Når melk homogeniseres, slås fettkulene i stykker til mindre fettkuler. Fettkuleoverflaten blir dermed større, og en økning på 7-ganger er realistisk. Proteinene kasein legger seg nå rundt de små, nye fettkulene og virker som emulgator, se også kap. 5. Dette gjør at homogenisert melk oppfører seg annerledes enn melk som ikke er homogenisert.

pH i fersk melk er vanligvis ca.6.6 ved 25°C og melk er godt bufret med salter, spesielt fosfater. Når melk oppvarmes, blir pH lavere, fordi  $H^+$  ioner blir frigitt når kalsiumfosfat bunnfeller.

Helmelk er mer viskøs enn skummet melk, som igjen er mer viskøs enn myse.

Frysepunktet for melk er litt lavere enn for vann (-0.530°C - 0.570°C) pga. innholdet av laktose og løselige salter (mineralstoffer/sporstoffer). Fryser vi melka, vil vannet først danne is, og konsentrasjonen av fast stoff i forhold til vann i den ufrosne delen øker. Ved opptining vil vannet tinte først. Derfor må alt tinte og ristes for å få en jevn fordeling av smaksstoffene. Den hvite fargen på melk kommer av at lyset blir reflektert av utallige, tynne, små grupper kaseinmolekyler.

### **Melkeproteiner**

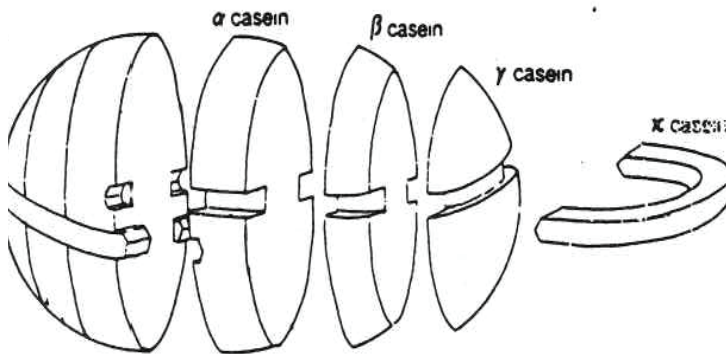
Kjennskap til melkeproteinene er viktige for å forstå hva som skjer:

- når vi lager melkemat,
- ved osteproduksjon
- ved utnyttelse av melkeproteiner i andre industriframstilte produkter

Melkeproteinene kan deles i to hovedgrupper: kasein og myseproteiner.

**Kasein** utgjør 80 % av proteinet i melk og inneholder 4 grupper:  $\alpha$ -kasein (38 %),  $\beta$ -kasein (10 %),  $\gamma$ -kasein (36 %) og  $\chi$ -kasein (kappa-kasein 13 %). Alfa - kasein, beta- kasein og gamma - kasein reagerer lett med kalsiumioner, mens kappa - kasein opptrer som et beskyttelseskolloid og har stabiliserende effekt på kasein-miceller. Dermed holdes de i kolloidal dispersjon i vanlig melk der pH ca.6.6, se fig 4.8. I kasein-micellen er kaseinmolekylene gruppert rundt et eller flere  $Ca^{++}$  som holder dem sammen. Alle 4 typene kasein er fosfoproteiner, dvs. de inneholder fosfat som er negativt ladete ioner og dermed tiltrekker positivt ladete ioner, spesielt kalsium (som det er mye av i melk).

Fig. 4.8 Modell av kasein-micelle



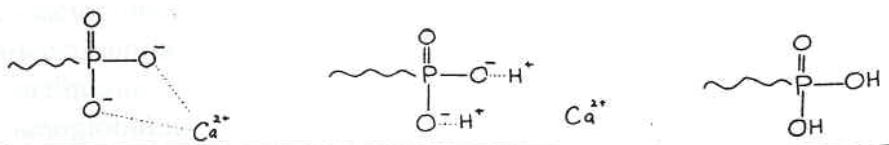
Kilde: John, N.: Milk (1984). The Universal Food

Tilsettes løype (det proteolytiske enzymet rennin), vil kappa - kaseinet ødelegges. Enzymet (løype) katalyserer fraspaltingen av et peptid slik at kappa - kaseinet mister sin virkning som beskyttelseskolloid. Dermed vil de tre andre kaseingruppene frigis og reagere med kalsium til ostestoff - geldannelse. Inneholder melken tilstrekkelig med  $\text{Ca}^{++}$ , vil alt kaseinet reagere. Dette kan skrives på følgende måte:

Kaseinmicelle    rennin    parakasein            kasein    kalsiumioner    utfelt kaseinblanding

Tilsettes syre, vil fosfatdelen av kaseinmolekylet ta opp  $\text{H}^+$  - ioner fra syren, se fig.4.9. Dermed går pH mot kaseinets isoelektriske punkt, pH 4.5, og kaseinet felles ut (aggregerer).

Fig 4.9 Fosfatdelens opptak av hydrogenioner i stedet for kalsiumioner



(Oksoniumsinoner  $\text{H}_3\text{O}^+$  brukes i dag i stedet for hydrogenioner  $\text{H}^+$ )

Kilde: John, N. (1984). Milk: The Universal Food

Løpeost vil derfor inneholde mer kalsium enn surmelksostene, hvor ostestoffet er felt ut ved å senke melkas pH.

Når ostestoffet er felt ut, kalles resten myse. Myse fra løpeost brukes til brunost, mens den sure mysa kan kokes inn til surprim.

Industrielt kan en framstille kaseiner ved å felle dem ved pH 4.5. Videre kan de nøytraliseres til pH 6.8 slik at proteinene løses igjen og dermed kan en produsere en rekke kaseinekvivalenter avhengig av nøytraliseringsbetingelsene. Kasinatene er fleksible kjedemolekyler med enkelte områder som er nøytrale, ladet, hydrofile, hydrofobe. Kasinater danner derfor svært fleksible filmer mellom vann og fett, emulgatorer, se kap 5

Kasinater inneholder få cysteinbindinger (svovelholdig aminosyre med S-S-binding). De er derfor meget varmemestabile, og dette gjør dem godt egnet som emulgatorer for produkter som varmebehandles. Kasinater anvendes i en rekke produkttyper som f.eks kjøttfarseprodukter.

Myseproteiner utgjør de resterende 20 % av proteiner i melka. Varmes melka ved vanlig pH over 60°C, vil myseproteinene denaturere og klumpe seg sammen/koagulere (f.eks. koagulerer lactoalbuminer og laktoglobuliner fra ca. 70- 75°C i motsetning til kasein som først utfelles temperaturer over 100°C). Disse proteinene er løslige ved pH 4.5 ved 20°C.

Proteinene i mysefraksjonen er:

- beta- lactoglobulin (utgjør ca. 50 %)
- alfa-lactalbumin (utgjør ca. 25 %)
- serumalbumin
- immunoglobulin
- fragment av kasein og andre varmemestabile polypeptider

Myseproteiner har ikke samme tradisjon som kasinater som ingrediens i næringsmidler. De har imidlertid vært forsket en god del, for å øke den grunnleggende forståelsen av myseproteinenes funksjonelle egenskaper som grunnlag for produktutvikling.

Det er vanskelig for industrien å få avsetning for mysa og dette betyr et forurensingsproblem når den sendes ut i kloakken.

Proteinene i melk har en rekke funksjonelle egenskaper som er beskrevet i tabell 4.10

Tabell 4.10 Melkeproteinenes funksjonelle egenskaper

Egenskaper	Melkeproteintype	
	Myseprotein	Kaseinater Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>
Vannløselighet	+	+
Varmedenaturering	+	-
Termisk geldannelse	+	-
Emulgeringskapasitet	(+)	+
Emulg. stabilitet (kald)	+	+
Emulg. stabilitet (varm)	(+)	+
Skumstabilitet	+	(+)
Viskositet	-	+
pH-sensitivitet	-	+
NaCl-sensitivitet	-	-
+ = Høy, - = Lav		

Kilde: Oterholm, B.(1989) Anvendelse av melk som råstoff i industrien

### Oppvarming

Når vi koker melkemat, kan den lett koke over. Det dannes en hinne på melka som følge av fordamping fra overflaten, og forårsaker en konsentrering av proteiner, spesielt kasein.

Hinnen som i tillegg til proteiner også inneholder kalsiumsalter, "flyttes" fra overflaten ved røring, men dannes raskt på nytt. Denne hinnen fanger opp vanddampen, og det blir dermed et sterkt trykk mot hinnen nedenfra og plutselig blir det overkok.

Snerk som dannes etter at melkemat er kokt, på f.eks. kakao / sjokolade, kommer også av ytterligere konsentrering av proteiner og kalsiumsalter på overflaten ved avkjøling og tap av vanddamp. Det er flere måter å unngå snerk på bl.a. piske godt til det dannes skum på overflaten eller legge lokk over. Myseproteinene som koagulerer ved 60°C, felles ut som små, hvite prikker særlig mot bunnen av kasserollen. Brunfargen dette etter hvert får, skyldes at melkesukker reagerer med det utfelte proteinet i bunnen av kasserollen. (Maillardreaksjon, se kap 2.4.2).

Samtidig med utfelling av myseproteiner får melka kokt smak. Det frigjøres SH-grupper som følge av denaturering av laktoglobuliner. Økningen i antall SH-grupper er størst mellom 80-95°C, men avtar over 100°C.

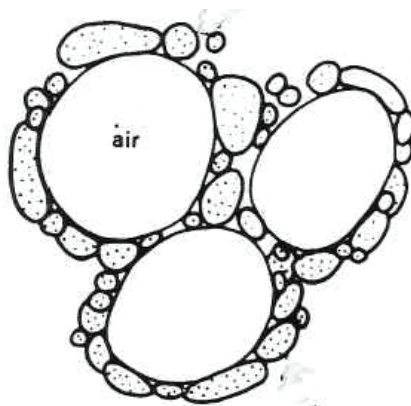
Fastbrenning kan unngås ved å koke ved svak varme, vedvarende røring og riktig valg av materialer i kokekar.

## 4.5 Krem

Kremfløte er en emulsjon av fett i vann. I Norge inneholder kremfløte 38 % fett . Krem er et luft/vann skum. Luftlommene er omgitt av en film som inneholder fettdråper som igjen stabiliseres av en proteinfilm, se fig 4.11

En del av proteinene i fløten denatureres pga. piskingen. Noen av fettdråpene klumper seg sammen rundt luftlommene til et mer fast fett (solidifiseres) og øker dermed stabiliteten på kremen.

Fig 4.11 Bobler i pisket kremfløte



Kilde: Nuffield Home Economics (1983). Food Science

Faktorer som påvirker dannelse av krem er:

- dannelse av proteinfilm
- fettinnhold og størrelse på fettpartikler (vanskelig å lage krem av homogenisert fløte)
- pisketemperatur. Lav temperatur, ned til 7-8°C, er gunstig. Det bevirker sammenklumping av fettpartikler og holder fettene i fast fase.
- viskositet. Lagring øker viskositeten på kremfløte. Øket viskositet øker skumdannelse tilsetning av sukker før pisking nedsetter stivhetsgrad og volum og øker pisketid. Dette kommer trolig av at suktermolekylene reagerer med vannmolekylene.
- pH. Endring i pH ved syretilsetning opptil 0.3 % påvirker skumdannelsen lite. Tilsettes mer enn 0.3 % syre går skumvolumet ned, men har mindre praktisk betydning enn ved pisking av eggehviter.
- frysing nedsetter fløtens piskeegenskaper, men starter piskingen mens fløten er halvstiv, kan en oppnå akseptabelt resultat. Fryses pisket krem og piskes på nytt, blir den noe mindre luftig.
- fløte som ser ut til å ville skille seg, fordi den er noe overpisket, kan "repareres" ved tilsetning av upisket fløte.

Fortsetter du å piske ytterligere etter at du har fått stiv krem, dannes det smør. Membranen som omgir fettdråpene ødelegges, og dermed klumper fettdråpene seg sammen. Smør er også en emulsjon, men nå er den kontinuerlige fasen fett med vanddråper dispergert i seg.

Man kan også danne kremskum ved å piske skummet melk. Her er det denaturert protein som alene danner filmen rundt luftboblene. Denne "kremen" er meget ustabil og må brukes med det samme.

## **4.6 Iskrem**

Iskrem er en triumf i næringsmiddelteknologi, og et produkt hvor luft er en betydelig ingrediens. Uten luft ville iskrem vært som frossen melk, men med luft blir det et høyt utviklet, kolloidalt system. Det består av et fast skum av luftbobler omgitt av emulgert fett sammen med et nettverk av små iskrystaller som er omgitt av en væskefase med vannløselige ingredienser i form av en sol. Luften utgjør omtrent halve volumet.

Iskrem består i tillegg til luft av melkefett, eventuelt vegetabilsk fett, tørrmelk, sukker, stabilisator, emulgator, og smaksstoffer som er blandet, pasterusert og homogenisert.

Homogeniseringen sammen med emulgatorer danner en stabil fett/vann emulsjon.

Emulsjonen passerer en fryser med kjøleelementer i veggene hvor blandingen nedkjøles så mye at den delvis fryser, samtidig som det tilsettes luft. Blandingens legger seg som en fast film på veggen i frysebeholderen hvor den skrapes av kontinuerlig og går videre til et rom hvor temperaturen senkes ytterligere og isen stivner. Vannfasen vil ikke fryse fullstendig pga. økning i konsentrasjonen etter hvert som is dannes.

Fettet spiller en viktig rolle for teksturen og også for aromaen. Fettet omdanner blandingen til en fett i vann emulsjon, og når en tilfører luft, medvirker det til dannelse og stabilisering av et skum ved å lage en stabil fettfilm rundt luftboblene.

I vannfasen finnes sukker og ikke-fettløselige stoffer. Det siste er viktig fordi det inneholder proteiner som er naturlige emulgatorer i iskrem. Proteinene denaturerer under pasterusering, og danner en fast og stabil film rundt fettdråpene. Dette hindrer fettdråpene i å falle sammen, og emulsjonen blir stabil.

Stabilisatorer tilsettes for å øke viskositeten mer enn for å hjelpe emulgeringen. Gelatin og gums (som alginater og agar) er viktige for å fremme den faste teksturen og en "rund" smak. Gelatinmolekylene er lange molekyler som er svært hydrofile. De binder til seg vannmolekylene, og holder dem langs sin store overflate.

Når temperaturen stiger og forårsaker smelting, vil gelatinmolekylet hindre vannmolekylene bevegelse som øker ved stigende temperatur, og smeltingen går saktere.

### **Litteratur:**

Eilertsen, S.F.(2000). *Næringsmiddelkjemi for næringsmiddelteknikere*. Oslo: Yrkeslitteratur

Hemmer, E., Askim, M., Karlsen, H., Lynnum, L., Nordeng, A. & Nybraaten, G. ( 2005): *Næringsmiddellære. Råstoff, produksjons- og ferdigvarekunnskap*. Oslo: Yrkeslitteratur

John. N. (1984). *Milk. The Universal Food*. .Modus (2), 350-361



John. N. (1983). *Smashing the egg barrier*. Modus (5), 164-166

Lean, M.E.J (2006). Fox and Cameron`s *Food Science, Nutrition and Health*. London:  
Edward Arnold

McGee, H. (1987) *On Food and Cooking. The Science and Lore of the Kitchen*. London:  
Unwin Hyman

Nes, M, Mûller, H. & Pedersen J.I. (2006) *Ernæringslære*. Oslo: Gyldendal akademiske

Oterholm, B.(1988) *Anvendelse av melk som råstoff i næringsmiddelindustrien*.  
Næringsmiddelindustrien (11), 31-35

Pedersen, J.I., Hjartåker, A. & Andersen S.A. (2009) *Grunnleggende ernæringslære*. Oslo:  
Gyldendal akademiske

Pedersen T. (2002) *Kemien bag gastronomien*. København: Nyt Nordisk forlag. Arnold Busck

Penfield, P.M. & Campbell, A.M. (1990). *Experimental Food Science*. San Diego: Academic  
Press, Inc

Ulen, R. (1991). *Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød. Verdi i kosten*. Kompendium.  
Stabekk høgskole

## 5. Fett/lipider

Lipider er kjemiske forbindelser og samlenavn for en stoffgruppe som forekommer i mange matvarer. Fettstoffene vi bruker mest av i matlagingen, er alle triglyserider, det vi i dagligtale kaller fett. De løser seg ikke i vann, men i eter og alkohol. Funksjoner fettene har er å:

- Bidra til smak og aroma.
- Fremme ønskelig tekstur/konsistens egenskaper. (Vi opplever fettmarmorert kjøtt som saftig og lett å tygge, bakverk blir sprøere etc.).
- Bidra til økt viskositet og smidighet i rører og deiger. Det finfordeler innrørt luft som igjen har betydning for heving og teksturdannelse under stekeprosessen.
- Tjene som fase i en emulsjon.

Dessuten er fett en god varmeleder og dermed et meget godt hjelpemiddel ved kontaktsteking.

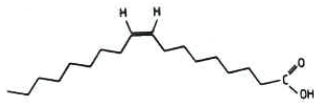
Vi ser at fettene gir matvaren egenskaper som vi setter pris på, både smaksmessig og teknologisk. Når vi av helsemessige grunner ønsker å redusere fettinntaket, kan det derfor få konsekvenser både for tillaging av mat og smaksopplevelser. Fettets ernæringsmessige betydning, se f.eks Pedersen, J.I., Hjartåker, A. & Andersen S.A. (2009)

### **5.1 Lipidenes/fettets oppbygning og egenskaper**

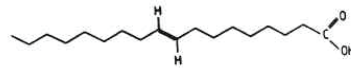
#### **Oppbygning av fett**

Triglyserider består av den treverdige alkoholen glyserol bundet med esterbindinger til tre fettsyrer. Fettsyrene kan variere i kjedelengde, metthetsgrad (mettet, enumettet, flerumettet) og konfigurasjon. Med konfigurasjon menes den tredimensjonale formen av fettsyrer som kan forekomme både i cis- og transform. Transformen er rettkjedet, mens cisformen er "brettet", se fig 5.1. Les om dette f.eks i Lean, M.E.J., Fox, B. & Cameron A.G (2006).

Fig 5.1 Cis og trans konfigurasjon



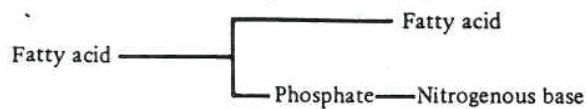
Cis - form



Trans - form

Fosfolipider er stoffer som er bygd opp av glyserol, to fettsyrer og en fosforforbindelse. Disse stoffene har stor betydning i dannelse av emulsjoner, særlig lecitin, som finnes i eggeplomme og soya. Lecitin er oppbygd av glyserol, to fettsyrer, en fosfatgruppe og den nitrogenholdig basen choline, se fig 5.2 og 5.6.

Fig 5.2 Skjematisk tegning av fosfolipid



Kilde: Penfield, M.P. & Campbell, A.M. (1990). Experimental Food Science

### Fettyper

100 % fett:

Matoljer, kokosfett - vegetabilske

Spekk, talg, ister(smult) - animalske

Kunstsmult

80 - 90 % fett: - emulsjone av fett og melk:

Smør - animalsk

Margarin - blanding av animalsk og vegetabilsk

Margarin ble utviklet av franskmannen Mège- Mouries i 1869 for å erstatte smør. Denne framstillingen representerte et viktig framskritt for næringsmiddelteknologien.

Margarin består av to faser. Den ene fasen er en fettfase av oljer som herdes til fast konsistens og tilsettes emulsjonsmiddel (ofte soyalecitin), fargestoffer, aromastoffer, vit.A og vit D. Den andre fasen er en vannfase som inneholder myse eller skummet melk. Denne fasen blir pasterusert, avkjølt og salt tilsttes. De to fasene blir så ristet sammen under kontrollerte temperaturer. Det dannes en vann/olje emulsjon.

Vanlig margarin skal inneholde minst 80 % fett og er derfor velegnet som stekemedium.

Lettmargariner inneholder bare 40 % fett og kan derfor ikke brukes til å steke i.

Til bakerier og storhusholdninger lages spesialmargariner, bakefettblandinger og matfett.

Hvilke fettstoffer som brukes i margarinen, grad av mettetet, innhold av transfettsyrer osv. avgjør den ernæringsmessige kvaliteten. Les mer om margarin f.eks. i Lean, M.E.J. et al (2006).

### **Fysiske natur**

Ulike fettstoffers fysiske natur (fast fett, flytende fett) har stor betydning for de teknologiske egenskaper.

**Smeltepunkt.** Smeltepunkt er punktet der et fast stoff går over i væskeform. Dette varierer med kjedelengde, grad av mettetet og konfigurasjon av dobbeltbindinger. Lange mettede fettsyrer har høgt smeltepunkt, mens lange umettede fettsyrer har noe lavere smeltepunkt.

Lavt smeltepunkt: korte fettsyrer og umettede fettsyrer

Høyt smeltepunkt: lange fettsyrer og mettede fettsyrer

Trans konfigurasjon i umettede fettsyrer øker smeltepunktet.

**Løslighet.** Glyserol er svært vannløselig, men fettsyrene løses ikke i vann på grunn av deres hydrofobe egenskaper. Unntaket er de aller korteste fettsyrene som kan være vannløselige.

**Tetthet.** Fett har lavere tetthet (egenvekt) enn vann og ligger vanligvis i området 0.90-0.92 g/cm<sup>3</sup>. Dette ser vi når vi blander vann og olje, oljen legger seg som et lag opp på vannflaten.

## Kjemiske forhold

**Hydrogenering.** Behandling av flerumettet fett med hydrogen kan under bestemte betingelser medføre metning av dobbeltbindinger. Fettet må tilføres varme og en selektiv katalysator (ofte brukes nikkel) for å få hydrogenert umettede fettsyrer. Dette brukes i margarinindustrien og kalles **herding**. I de senere år har margarinindustrien lagt mye vekt på valg av fettstoffer for å utvikle margarin med lavt innhold av transfettsyrer. Det har de lykket med, og i dag har norsk margarin et lavt innhold av transfett.

**Hydrolyse.** Når esterbindingene mellom glyserol og fettsyrer brytes, kalles reaksjonen hydrolyse. Det dannes da frie fettsyrer, mono- og diglyserider. Dette medfører at pH i fett synker. Frie fettsyrer er mer utsatt for oksydasjon enn fettsyrer bundet til glyserol. Hydrolysehastigheten øker med økende temperatur, og de kortkjedede fettsyrene spaltes raskere fra glyseridet enn de lengre fettsyrene.

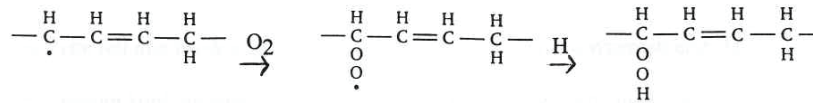
Enzymet lipase som finnes utbredt i matvarene våre, i f.eks. smør, margarin, olje, hele korn og nøtter, vil bevirke hydrolyse ved lagring av disse matvarene. Oppvarming øker hydrolysegrad, og lav pH vil katalysere hydrolyse under oppvarming av fett. Slik uønsket hydrolyse i matvarer vil medføre akkumulasjon av frie fettsyrer som resulterer i tap av aroma og utvikling av harsk smak. Dette fenomenet blir kalt **hydrolysert harskning**.

Fri smørsyre (C<sub>4</sub>) er ofte årsak til harsk smak for dess kortere fettsyrer dess lavere smaksterskelverdi for harsk smak.

Hydrolyse under kontrollerte og selektive reaksjoner brukes for å oppnå ønsket aroma i produkter, men det kan også skje uønsket hydrolyse av fett i maten vår. Vann må være tilstede for at hydrolyse skal skje.

**Oksydasjon.** Oksydasjon av umettede fettsyrer i maten vår skjer lett som et trinnvis reaksjonsforløp (ofte kalt auto-oksydasjon). Slik oksydasjon skjer ved at et H atom fjernes fra karboner, bundet til karboner som inngår i dobbeltbindinger. Det blir dannet et fritt radikal. Oksygen går inn i stedet, og det dannes et aktivt peroksyd. Det aktive peroksydet tar lett opp hydrogen, og det dannes hydroperoksyd, se fig 5.3 Disse reaksjonene blir katalysert av ulike faktorer f.eks. varme, lys og metaller som jern og kopper.

Fig. 5.3 Oksydasjon av fettsyrer



Fri radikal

Aktivt peroksyd

Hydroperoksyd

Kilde: Penfield, M.P. & Campbell, A.M (1990). Experimental Food Science

Slik dannelse av et hydroperoksyd via auto-oksydasjon virker akselererende, fordi et nytt fritt radikal er dannet. Dessuten er hydroperoksyd ustabil og vil oksyderes videre. Resultatet av disse reaksjonene er at det dannes aldehyder, ketoner, syrer og andre hydroksylprodukter fra fettsyrene. Produktet har blitt utsatt for **oksydativ harskning**.

Oksydasjon påvirker smak. Stekeforsøk har vist korrelasjon mellom økende oksydasjonsgrad og smaksforringelse. Det er et paradoks at med et tynt fettlag i pannen når vi steker, som er ønskelig for å begrense fettopptaket i matvaren, økes luftkontakten som forringer fett. En del sekundære oksydasjonsprodukter som kan dannes ved steking av mat, har høy smaksintensitet. Bismaker kan oppstå selv om oksydasjonsproduktene forekommer i små mengder. Spesielt kan stekefett som inneholder mye linolensyre, gi oksydasjonsprodukter som smaker fisk eller tran.

Oksydasjonshastigheten og dermed smaksforringelse avhenger av mange faktorer:

- Grad av umettethet av fett. Oksydasjonshastigheten øker med antall dobbeltbindinger hos fettsyrene. Linolsyre (18:2) oksyderer 10-30 ganger raskere enn Oljesyre (18:1). Linolensyre (18:3) 20-70 ganger raskere enn oljesyre.
- Konfigurasjon av dobbeltbindinger. Trans-bindinger er mer stabile enn cis-bindinger.
- Innhold av frie fettsyrer. Triglyserider er mer stabile enn frie fettsyrer.
- Tilgjengelighet av katalysatorer som kopper og jern (dette gjelder ikke støpejern som vi har i panner og gryter).
- Tilgjengelighet av oksygen. Vakuumpakning beskytter.

- Termisk oksydasjon. Varmebehandling øker oksydasjonen, og kjøleskapstemperatur gir lavere oksydasjonsgrad enn romtemperatur. Oksydasjonskastigheten fordobles når temperaturen øker med 10 C.
- Melk har sterk antioksyderende effekt både ved lagring og ved pannesteking (margarin kontra olje).
- Innhold av antioksydanter. Antioksydanter vil motvirke oksydasjon. Disse stoffene er ofte svært ustabile under matlagingsprosessen slik at matretter/matvarer kan harskne selv om det er tilsatt antioksydanter.

Det er vanlig å gruppere antioksydanter i **enzymatiske antioksydanter** (f.eks. superoksyd dismutase, ulike katalaser, glutathion peroksyd), **naturlige antioksydanter** (stoffer som finnes i maten, kan være f.eks. vit.A (karotenoider), vit.C, vit.E (tokoferoler), krydder som rosmarin og salvie eller proteiner som f.eks. melkeprotein) og **syntetiske antioksydanter** (stoffer som framstilles syntetisk og tilsettes maten vår, kan være f.eks. overnevnte vitaminer, ulike fenoler (BHA og BHT), flavonoider osv.). Vegetabilsk fett og animalsk fett med samme innhold av linolsyre oksyderes ikke like raskt, fordi vegetabilsk fett naturlig inneholder antioksydanter. Pr. i dag er det i Norge lov å bruke mer enn 30 ulike antioksydanter som defineres som tilsetningsstoffer, se positivliste for tilsetningsstoffer.

For å beskytte fett mot harskning bør det lagres mørkt, kjølig og i oksygentett emballasje.

## **5.2 Teknologiske forhold**

### **Fett som varmeleder og stekemedium**

Fett er en god varmeleder, og gir derved sprø og jevn stekeskorpe fordi fettet øker kontaktflaten mellom pannebunn og matvare, og gir rask skorpedannelse særlig ved frityrkoking. Både valg av fett-type, steketemperatur og tid er viktige momenter for å oppnå et best mulig stekeresultat. Polymerisering og dannelse av cycliske forbindelser vil skje ved høge temperaturer, fra 185- 200° C over tid, og er sterkt økende ved høyere temperaturer. Vær oppmerksom på hvor raskt temperaturen stiger ved bruk av høy effekt på kokeplaten, fra optimale steketemperaturer, 140- 180° C (avhengig av hva vi skal steke) og til temperaturer opptil 220 – 230° C. Polymerisering innebærer at to eller flere molekyler forener seg og gir opphav til nye, store molekyler. Disse polymerene varierer vanligvis i struktur. Ved koking i

fettgryte vil polymeriseringen vise seg ved at fettene skummer, og det gjør fettene praktisk uegnet.

Fettsyrer med dobbeltbindinger i cis-form danner lett ringsystemer og gir dermed lett cycliske forbindelser. Slike polycykliske hydrokarboner har vist en viss kreftframkallende effekt. (Maillardreaksjoner, mutagene stoffer).

Ulike fettslag har forskjellige røykpunkt avhengig av innholdet av frie fettsyrer.

I nyraffinert vegetabilsk olje, med unntak av kokosolje, ligger røykpunktet mellom 230 - 250 °C når innholdet av frie fettsyrer ligger under 0.01 %. Ved steking skjer det ofte en hydrolyse slik at innholdet av frie fettsyrer øker. Når innholdet av frie fettsyrer har øket til 1 %, synker røykpunktet til 180. °C. Når det begynner å ryke av fettene, er det ødelagt. Glyceroldelen av triglyseridet er omdannet til akrolein, en gass som virker irriterende på slimhinner. Vi bør aldri la fettene bli så varmt at det når røykpunktet. Skjer det, bør fettene kastes, og en starter på nytt med avkjølt og ren stekepanne..

Steketemperaturen har avgjørende betydning for de forandringer fettene gjennomgår under stekeprosessen, og dermed for smaken på den stekte matvaren/retten. Å kontrollere temperaturen i stekepannen er imidlertid vanskelig. I industrien må prosessene optimaliseres, og det er forsket mye her. Sofistikert apparatur er utviklet. Smør og margarin har et "naturlig innebygget" temperatursignal, fordi både konsistens og farge på fettene forandres med stigende temperatur i stekepanna i motsetning til olje som ikke gir synlige forandringer før det når røykpunktet se fig. 5.4.

Margarin /smør inneholder melk som har antioksyderende effekt.

.

### **Fett som smaksfaktor**

De fleste smaks og luktstoffer er fettløslige. Fett er derfor bærer av både naturlige og tilsatte smaks- og luktstoffer. Ved å fjerne fettene først etter tillaging, tar vi vare på saftighet og oppfyller ønsket om å redusere fettinntaket vårt. Mager mat kan likevel resultere i smakløs mat. Dette kan vi hjelpe på med bruk av krydder/krydderurter.



## Fett i bakverk

Fett påvirker glutenutvikling ved at det virker som smøring av glutenstrengene, gjør bakverket smidigere og gir produktene en finere poring dersom fett tilsettes i passe mengder, se R. Ulen: Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød s. 35

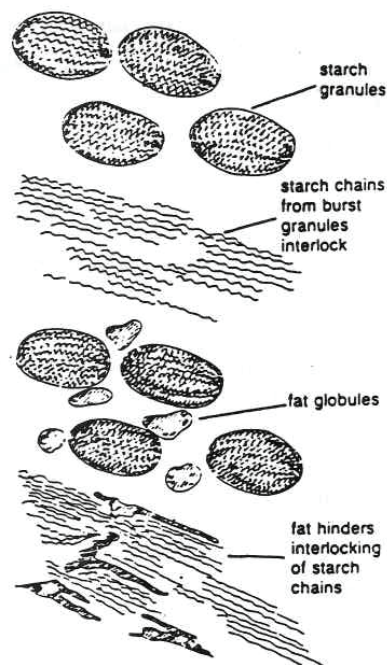
Fettet bidrar til å blande inn og beholde luft i form av små bobler i kakerører/deiger. Disse boblene blir hulrom hvor karbokdioksyd og vanddamp diffunderer inn i, under varmeutviklingen i løpet av steketiden. Dette har betydning for volumøkning og teksturdannelse i det ferdige produktet. Fettets rolle som "luftfordeler" har effekt på rørens viskositet. Når fett er finfordelt, økes viskositeten. Økt viskositet bidrar i en viss grad til å holde bedre på luftboblene som ellers lettere ville gå ut, før nettverk dannes og dermed ikke ha samme innflytelse på heveprosessen. Monoglyserider som tilsettes i tillegg til herdet fett, øker emulsjonsgraden som øker viskositeten, og resultatet er et større volum og en bedre struktur.

I kaker og brød er melmengden mye større i forhold til væskemengde enn i sauser og grøter. Derfor vil en stor del av stivelsen forbli i uforklistret tilstand, men intakte granula har også stor betydning for strukturen i det ferdige bakverket. Fettet er en betydelig ingrediens både i formkaker, småkaker, paier og tertedeiger, og her vil fett fordeles mellom både uforklistret stivelse og stivelseskjeder som "lekker" ut under forklistringsprosessen. Dette hindrer at disse pakker seg for tett eller hardt sammen, og gir dermed bakverket en myk eller sprø tekstur (i engelsk litteratur kalt "shortening effekt") samtidig som gode smaksegenskaper fremmes, se fig 5.5

Som nevnt er det av betydning hva slags fett en bruker, særlig der hvor fetttilsetningen er forholdsvis stor. Umettet fett/oljer vil lett legge seg som en film over melpartiklene og være til hinder for vannopptakelse (betydning for utvikling av gluten og stivelsesforklistring). Fast fett tilsatt emulgator vil fordele seg utover mere som "flekke/dråper" i egne områder. Innrørt luft har en tendens til å plassere seg der fett befinner seg, og vi har tidligere nevnt hvilken betydning det har både for volumøkning og tekstur at denne luftmengden deles i mindre bobler.

Den flakdelte struktur som vi ser tertebakst har, kan enkelt forklares ved at fett danner en slags barriere mellom stivelseskjedene, og at vi ved kjevlingen og bretteingen får inn luft som hever bakverket.

Fig 5.5 Shorteningeffekt av fett



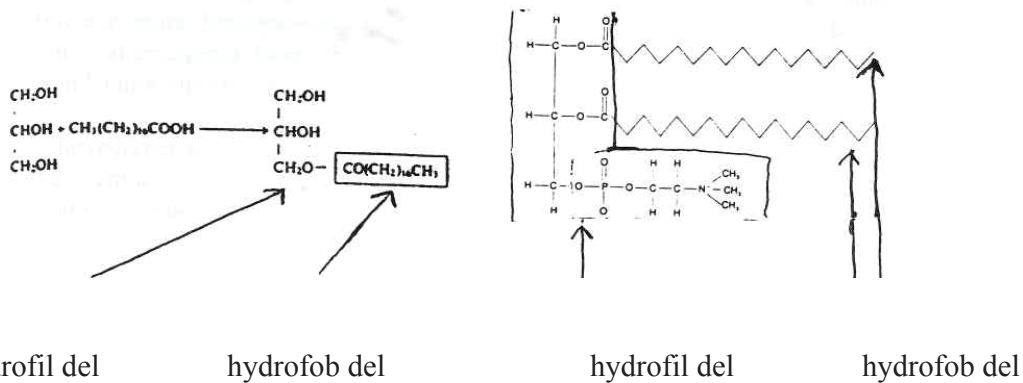
Kilde: Johns, N. (1983) File on Fats

## Emulsjoner

Når vi heller olje i vann, vil den legge seg som et lag opp på vannflaten, fordi vann og fett ikke lar seg blande. Hvis vi rister godt, ser det ut til at vi får en jevn blanding, men slutter vi å riste, skilles den igjen. Blandingen har minimal stabilitet, men den kan bli styrket ved tilsetning av overflateaktive stoffer, mono- og diglyserider, finfordelt fast stoff etc. (krydder, stivelse) eller emulgator til en stabil emulsjon.

En emulsjon er en hetrogen blanding av to eller flere væsker som er uløselig i hverandre, og fordeler seg som dråper i hverandre. Den stabiliseres ved hjelp av en emulgator, se fig 5.6 og fig.5.7.

Fig 5.6 Eksempler på emulgatorer



Glysermonofosfat (GMS)

Lecitin

Emulsjonens komponenter:

1. Disperse/diskontinuerlig eller indre fase - består av finfordelte dråper.
2. Kontinuerlig eller ytre fase - den fase som dråpene er fordelt i.
3. En emulgator eller overflateaktivt stoff er tilstede for å holde dråpene fra en væske finfordelt i den andre og opprinnelig lot disse seg ikke blande.

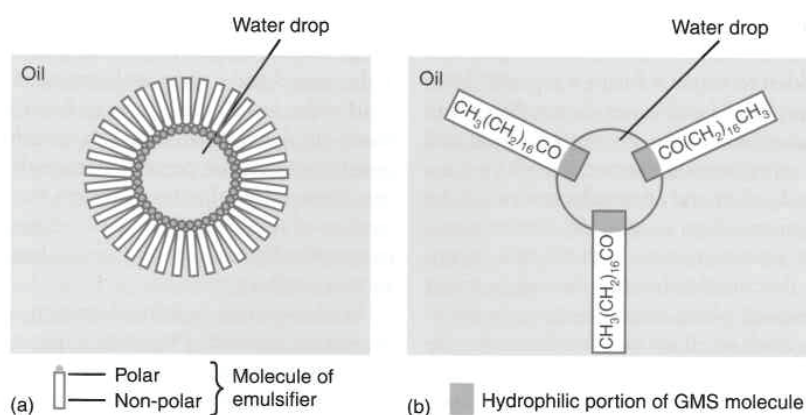
Et overflateaktivt stoff fungerer ved:

- å nedsette overflatespenningen (væsken med den laveste overflatespenningen blir den kontinuerlige fase)
- å hindre sammenfall av dråpene i den andre væsken (den diskontinuerlige eller disperse fase).

En emulgator plasserer seg i grenseflaten mellom fett og vann for å hindre sammenfall av den disperse fase.

En rekke stoffer kan opptre som emulgeringsmiddel, og de har dette til felles: en del av molekylet har affinitet til fett (en nonpolar komponent), og den andre må være polar - ha affinitet til vann.

Fig. 5.7 Skjematisk framstilling av samspillet av vann, fett og emulgeringsmiddel i en emulsjon



Lean, M.E.J (2006). Fox and Cameron`s Food Science, Nutrition and Health

En emulsjon lages ved en kombinasjon av arbeid med å finfordele i dråper og bruk av en passende emulgator for å stabilisere systemet. Noen dråpestørrelser, mest de meget små, er mer stabile enn andre. Emulgatørens egenskaper varierer avhengig av struktur og den aktuelle væske som skal emulgeres. Noen favoriserer olje/vann emulsjonen, andre det motsatte, og den samme kan ha ulik virkning på smør eller plantefett.

Det er to hovedtyper av emulsjoner:

1. Olje i vann emulsjon - f.eks. melk, kremfløte, majones, iskrem
2. Vann i olje emulsjon - f.eks. smør, margarin

Se tab. 5.1

Tabell 5.1 Eksempler på matvarer som er emulsjoner

Eksempel	Type emulsjon	Emulgatorer (tilstede eller tilsatt)
Melk. Fløte	Olje i vann emulsjon (o/v)	Proteiner (kasein)
Smør	Vann i olje emulsjon (v/o)	Proteiner (kasein)
Majones, salatdressinger	Olje i vann emulsjon (o/v)	Eggeplomme (lecitin), Glyserolmonosterat (GMS), Sennep m.m.
Margarin	Vann i olje emulsjon (v/o)	Proteiner (kasein), Glyserolmonosterat (GMS), Lecitin
Iskrem	Olje i vann emulsjon (o/v)	Proteiner (kasein), Gluserolmonosterat (GMS), Stabilisatorer (gelatin, gums, alginater)

Omsatt fra Lean, M.E.J (2006). Fox and Cameron's Food Science, Nutrition and Health

Dannelse av en emulsjon krever energi i form av bearbeiding for å redusere størrelsen, øke overflatearealet og "dele" partiklene i den disperse fasen.

Det er mange forskjellige substanser som kan brukes for å stabilisere emulsjoner og hindre dem fra å deles i to deler: Visse proteiner (eggproteiner soyaproteiner), planteresin (harpiks, kvae), gums, andre store karbohydratmolekyler inkludert stivelse, og meget fine partikler enten leire eller grafitt (bløtt mineral bestående av blant annet karbon) eller malt krydder.

### Stabilitet.

Emulsjoner er påvirket av mange faktorer under tillaging, og dens stabilitet avhenger av emulsjonens sammensetning:

- Type og konsentrasjon av emulgator.
- Hvilke komponenter og konsentrasjoner vi finner i den disperse og kontinuerlige fase.
- Den kontinuerlige fases viskositet.

- Forholdet mellom dispers og kontinuerlig fase.
- Partikkelstørrelse.

Emulsjonsdråpenes ladning fremmer stabilitet ved å frastøte partikler med samme ladning. Ytre faktorer som har betydning for stabilitet er røringen, fordampingen (under oppvarming) og temperaturen. En skilt emulsjon kan gjendannes ved å tilføre den forsiktig til væske ( 15 ml vann for majones laget av 235 ml olje), røre godt for hver gang eller ta utgangspunkt i en stabil emulsjon, dvs. start på nytt.

Mange av matvarene våre er emulsjoner. I melk og melkeprodukter forekommer fett i en naturlig emulsjon. Andre viktige emulsjoner er margarin, majones, salatdressinger, kakedeiger, iskrem, osv.

Les mer om emulsjoner i f.eks.: Lean, M.E.J, (2006)

### **5.3 Majones**

Majones er som tidligere nevnt en olje i vann emulsjon. Ordet kommer fra det franske ordet Mayonnaise. Når vi lager majones som består av eggeplomme, salt, sur væske og krydder, bør ingrediensene ha værelsestemperatur. Overflatespenningen vil som kjent senkes ved å høyne temperaturen, men for høye temperaturer vil føre til at oljedråpene lettere flyter sammen. Velg arbeidsredskaper som gjør røringen mest mulig effektiv fordi vi har en stor fettmengde som skal innarbeides, finfordeles i en svært liten væskemengde (vannet som eggeplommen inneholder og eddik eller sitrondråper).

Eggeplommer røres med salt til de blir tykke. Saltet bidrar til spalting av fosfo- og lipoproteingranulaer som finnes i eggeplommen, og derved frigjøres overflateaktive stoffer. Vi tilsetter krydder og litt av syren. Syren påvirker stabiliteten av emulsjonen. Sennep har sammen med eggeplomme emulgerende virkning. I kapittel om protein beskrives eggeplommens bestanddeler, se dette som viser at dens sammensetning og funksjon som emulgator og stabilisator er komplisert. Det er en kombinasjon av ulike proteiner, lipoproteiner og fosfolipider som gir eggeplommen dens gode egenskaper som emulgator. Ren egglecitin har i flere forsøk vist seg å være ineffektiv som emulgator, og at eggeplommen som sådan blir dårligere med ekstra tilsetning av ren lecitin. Gjennom

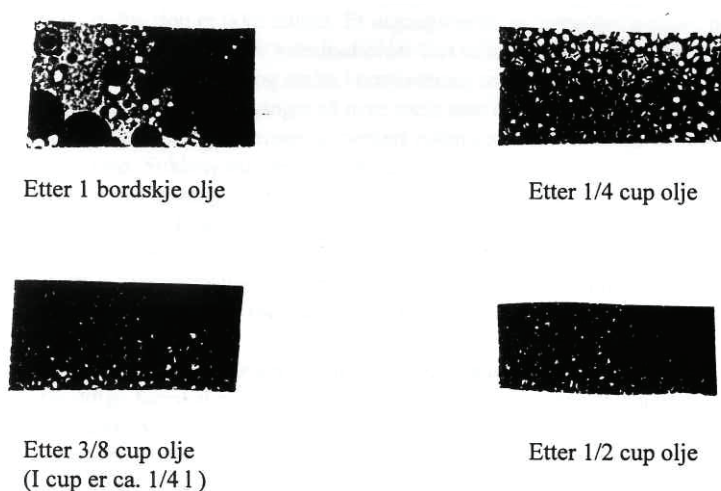
elektronmikroskopstudier av majones har en konstatert forekomsten av kontinuerlige membranstrukturer rundt oljedråpene.

For et emulgeringen skal føre til at det dannes en olje i vann emulsjon tross de ugunstige mengdeforholdene, må en til å begynne med tilsette en liten mengde olje til vannfasen. Om man tilsetter for mye olje før emulgeringen starter, får man en vann i olje emulsjon i stedet og dette vil hindre dannelsen av den ønskede olje i vann emulsjon. Det er viktig raskt å få dannet en olje i vann emulsjon, fordi denne utviklingen da vil fortsette.

Energien som tilføres via røring vil redusere overflatespenningen. Hensikten er å forminske oljedråpenes størrelse som påvirker emulsjonsdannelsen. For store oljemengder vil føre til at oljedråpene lettere søker sammen, og majonesen kan sprekke.

Hvordan emulsjonen ser ut etter ulike fett-tilsetninger kan du se av fig. 5.8

Fig 5.8 Mikroskopisk bilde av majones etter ulike fett-tilsetninger.



Kilde: Paul, P.C. og Palmer, H.H. (1972): Food Theory and Applications

### Litteratur:

Helsedir.(2007) *Transfettysyrer er ikke lenger et folkehelseproblem*. Matportalen. Lest 25.2.2010

[http://matportalen.no/artikler/2007/1/transfettysyrer\\_ikke\\_lenger\\_et\\_folkehelseproblem](http://matportalen.no/artikler/2007/1/transfettysyrer_ikke_lenger_et_folkehelseproblem)

John. N.( 1983) *File on Fats*. Modus (2), 350-361

Lean, M.E.J (2006). Fox and Cameron`s *Food Science, Nutrition and Health*. London:  
Edward Arnold

Nes, M, Mûller, H. & Pedersen J.I. (2006) *Ernæringslære*. Oslo: Gyldendal akademiske

Pedersen T. (2002) *Kemien bag gastronomien*.København: Nyt Nordisk forlag. Arnold Busck

Pedersen, J.I., Hjartåker, A. & Andersen S.A. (2009) *Grunnleggende ernæringslære*. Oslo:  
Gyldendal akademiske

Penfield, P.M. &Campbell, A.M. (1990). *Eksperimental Food Science*. San Diego: Academic  
Press, Inc



## 6. Rører, deiger og sauser

### 6.1 Rører og deiger

Å trekke grensen mellom hva vi betegner som røre og som deig kan være vanskelig, og å gi en eksakt definisjon er ikke lettere. Et utgangspunkt er forholdet mellom hovedingrediensene mel/væske. I brøddeig er vanninnholdet lavt nok til at vann- proteinkomplekset gluten danner den kontinuerlige fase, og andre komponenter som stivelse og luftbobler dispergeres i denne. Rører inneholder flere ganger så mye vann som deiger, og her er vannet den kontinuerlige fase, med andre ingredienser dispergert enten som ekte løsning, kolloid løsning eller suspensjon. Sukker, salt, hevemidler er i ekte løsning, proteiner, forklistret stivelse, emulgert fett i kolloid løsning, mens stivelseskorn og luftlommer forekommer som suspensjon. I tillegg til forholdet mel/væskemengde vil andre ingredienser som sukker, fett, egg og forholdet disse i mellom, være med å bestemme konsistensen.

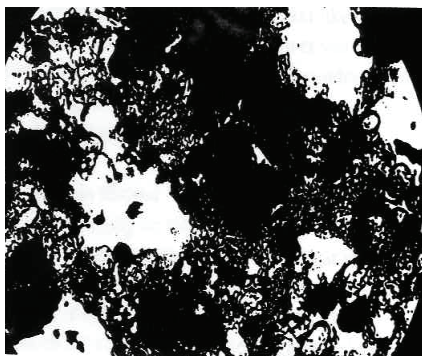
Tyktflytenhet og fasthet er bestemmende for hvorvidt blandingen klassifiseres som røre eller deig. Rører er generelt mer rennende eller utflytende, mens en deig er fast nok til å trilles eller kjevles.

I 1944 ble det på bakgrunn av mikroskopiske studier lansert teorier om at skummet i fettholdige formkaker var en luft i fett dispersjon. Denne forståelsen var vanskelig å relatere til kjennskapet om betydningen av skummets struktur. Det var blitt lagt merke til at luft som ble rørt inn under bearbeiding, hadde betydning for volum og tekstur. En viss mengde luft var viktig, fordi gasser som ble utviklet under steking, CO<sub>2</sub> og vanndamp, diffunderer inn i disse luftlommene og utvider disse og danner ikke nye. Kakevolumet ble større og poringen jevnere hvis luftmengden som ble rørt inn, ble finfordelt i mange små luftrom i forhold til færre og større rom.

Av senere forskere beskrives røra i fet formkake som en fett/vann emulsjon hvor den kontinuerlige fase er en sukkerløsning med fast stoff og gass suspendert. Fettkulene er altså fordelt i vannfasen der noen ingredienser er i ekte løsning, noen i kolloid løsning og noen i suspensjon.

Lenge trodde man at fettets omsluttet luftboblene, og når fettets smeltet under stekeprosessen, kunne gasser som ble utviklet, gå inn i disse. Ved mikroskopering fikk en ny forståelse for hvordan fettpartikler og luftlommer fordeler seg. I Fig 6.1 er det brukt frysetørret kakedeig, slik at strukturen ble fast og mer riktig gjengitt i mikroskopet

Fig 6.1 Mikroskopisk bilde av kakerører



Luft bobler = lyse deler

Stivelse = den blondeaktige - lyse flekkene i det svarte

Fett = svarte deler

Kilde: Paul, P.C., Palmer, H.H. (1972) Food Theory and Applications

Luftlommene hadde en tendens til å plassere seg i grenseflaten mot fett, men ble ikke dekket av fett. Et fettstoff som inneholder emulgator eller rører som tilsettes overflateaktivt stoff eller emulgator (di- og monoglyserider) og som dermed finfordeles under bearbeiding, vil bidra til en bedre fordeling av luft som vi rører inn.

Under stekeprosessen skjer store forandringer. Det mest synlige er økning i volumet.

Luftvolumet øker kun med ca 1/3. Andre gasser som utvikles er CO<sub>2</sub> og vanndamp og er hovedaktører i økningen av volumet.

Innrørt luft som bidrag til hevingprosessen, skal likevel ikke undervurderes. Betydningen av "samarbeidet" mellom luft, CO<sub>2</sub> og vanndamp er vist gjennom forsøk hvor luften er trukket ut av kakerøra ved hjelp av vakumpumpe og med mindre volumøkning som resultat, se fig 6.2 b.

Luftens medvirkning til totalvolumet er influert av:

- metode ved og grad av bearbeiding
- røras viskositet
- ingrediensenes tilstand
- tid mellom tillaging og steking

Trykket som luftlommene utsettes for når gasser går inn i dem, gjør at elastisk udenaturert protein i celleveggen "strekkes". Etter hvert vil proteinet denaturere/koagulere samtidig som stivelse forklistrer under opptagelse av tilgjengelig vann.

Sukker fører til en høyere koaguleringsstemperatur ved steking. Dermed holdes glutenstrengene lenger elastiske og strekker celleveggen, så den blir tynnere. Tynne cellevegger gir mykere/bløtere (tender) tekstur. Øket temperatur for denaturering av gluten og eventuelt eggprotein når sukker er tilstede, forklarer hvorfor sukker influerer på volumet. Sukker som hydrolyseres til glukose og fruktose er viktige for å gi bakverket brunfarge, se kap 2.3 Maillardreaksjonen.

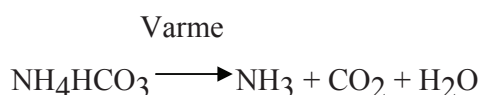
Regler for kakeoppskrifter er basert på en viss balanse mellom bløtgjørende ingredienser (sukker og fett) og strukturdannende ingredienser (mel og egg). Forholdet mellom væskemengde og ingredienser som har affinitet til vann, må tilsvare eller overstige vekten av sukker. Store sukkermengder interfererer med proteinenes og stivelsens vannopptak som hindrer utvikling av gluten og forklistring av stivelse. Forklistring av stivelse er viktig for celleveggenes stivhet og styrke. Kakefeil ses ofte ved for stor sukkertilsetning. Fett i bakverk er omtalt i kap. 5. 2.3. Metoder for tillaging av deiger og rører, se kokebøker.

Vannbakkels er ikke tilsatt hevingsmiddel og dermed et godt eksempel på vandampens betydning for heving under stekeprosessen. 1 ts vann = ca 1600 ts vanndamp. Dette kan regnes ut via Avogadros lov

## **6.2 Kjemiske hevemidler**

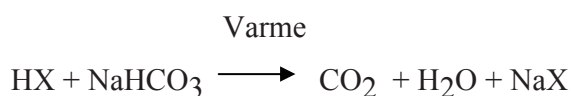
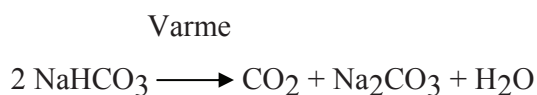
Kjemiske hevemidler som er mest vanlig: hornsalt, natron og bakepulver

*Hornsalt* inneholder ammoniumbikarbonat ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) og kan være fint å bruke som hevemiddel til småkaker som skal være sprø. Når ammoniumbikarbonat tilføres varme blir det spaltet opp.

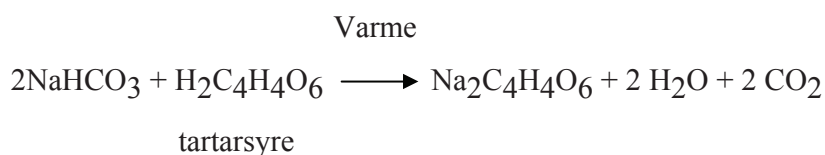


Bruken av hornsalt er imidlertid begrenset for ammoniakken som dannes sammen med eventuelle rester av ammoniumbikarbonat gir uønsket smak og aroma. For å oppnå godt resultat ved bruk av hornsalt må kakene ha store overflater og stekes ved høy temperatur.

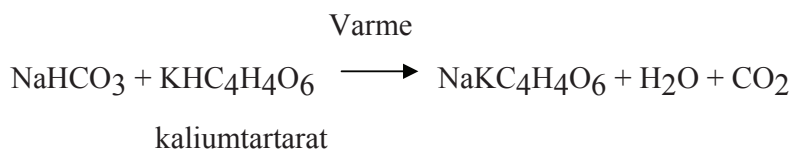
*Natron* inneholder natriumbikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) og bør brukes sammen med syre (HX) for å unngå natronsmak



*Bakepulver* ble utviklet av Dr. Price i Illinois for mer enn 100 år siden. Dette bakepulveret besto av 30 % natrium, 10 % stivelse og 60 % krem tartar. Stivelse tilsettes for å øke volumet, noe som gjør dosering lettere. Dessuten vil stivelse beskytte mot ødeleggelse pga. fuktighet. Som krem tartar ble det brukt enten tartarsyre eller kaliumtartarat.



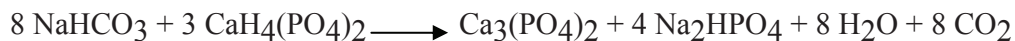
eller



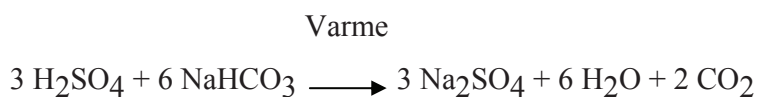
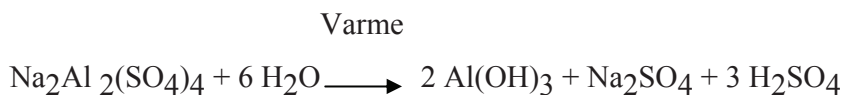
Dette bakepulveret virker ikke ved romtemperatur

Dagens bakepulver er forbausende likt det opprinnelige bakepulveret og inneholder både natrium og stivelse, men det er tilsatt to syresalt i stedet for krem tartar. Det ene syresaltet er et fosforsalt f.eks. kalsiumfosfat ( $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ ) som reagerer ved romtemperatur og det andre er et sulfatsalt, f.eks. natriumaluminiumsulfat ( $\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4$ ) som reagerer ved oppvarming. Dagens bakepulver virker dermed i en såkallt to trinns effekt og vi snakker om et to trinns bakepulver.

1. Ved romtemperatur:



2. Ved steketemperatur:



Bakepulver som virker ved romtemperatur gir produkter med fin tekstur.

I dag krever vi av bakepulver at det skal gi 12-14 %  $\text{CO}_2$ .

## 6.3 Sauser

"Å lage sauser kan synes som det mest spissfindige eller det minst forutsigbare av alle kulinariske gjøremål. Vi kan ende opp med et produkt som enten er skilt i to deler (væske og fett), har klumper eller ikke tykner i det hele tatt. Sausen er av natur et fiffig fysikalsk og kjemisk system, og det ferdige resultatet er avhengig av kvalitet på ingredienser, måten de varmes på og ikke minst kokkens ferdigheter. Av den grunn er erfaring en god læremester, på godt og vondt." Mc Gee (1987): Food and Cooking

Sausen har vært en naturlig følgesvenn til måltidet helt fra antikken. Da var den sterkt krydret og tyknet med brød. Vi fikk en gradvis utvikling mellom årene 1400 - 1600. Da ble kryddermengden redusert, og brød gjerne erstattet med mel som tykningsmiddel. Rundt 1550 er *roux* - mel brunet i fett- beskrevet som uunnværlige ingredienser i fransk matlaging. I midten av det 17. århundre finner vi oppskrifter på en slags innkokt saus, sjy fra stek tilsatt eddik, salvie og løk som var freset i fett fra steken, sauser som var tyknet med grønnsakpurre, lyse sauser tyknet med mel og sauser som ble laget av smør, eddik, salt, krydder og eggeplommer. Sausen som en kulinarisk rett, ble oppfattet nærmest som et mysterium fram til slutten av det 19. århundre med utviklingen av kolloidkjemi. I dag er de fleste sauser tyknet med stivelse eller egg. De klassifiseres forskjellig innenfor det kolloide systemet.

## 6.4 Stivelsestyknede sauser

Det er mest vanlig å bruke stivelse som tykningsmiddel. I en saus tyknet med *stivelse*, forekommer stivelsen i kolloid form, og sausen betegnes som en sol. Stivelsesmolekyler tar vann ut av sirkulasjon og reduserer flyttbarheten av vannet, fordi det danner hydrogenbindinger med stivelsesmolekylene når vi tilfører varme. Før oppvarmingen er blandingen en suspensjon med stivelsespartiklene/melpartiklene fordelt i vannet, og de vil bunnfelle når blandingen står i ro. Det er viktig at vann omgir de enkelte mel/stivelsespartikler før vi starter oppvarming ellers vil vi få melklumper som forklistrer på overflaten og danner en "hinne" som vann vanskelig trenger gjennom. Under oppvarming er det nødvendig med kraftig røring. I en melblanding med salt eller sukertilsetning er det lettere å unngå klumpdannelse fordi saltet/sukkeret vil tiltrekke seg vannet.

Fullstendig forklistring av stivelsen krever varme over tid. Uforklistret stivelse gir lett melsmak. Tykke sauser og grøter kan synes å kreve uforholdsmessig lang koketid for å unngå melsmak. I en mer konsentrert løsning, vil vannmolekylenes bevegelse på et relativt tidlig tidspunkt under oppvarmingen, hemmes av stivelseskjedene, og varmeutvikling og varmfordeling forsinkes. Vi ser at sausen eller grøten begynner å tykne, og likevel er ikke temperaturen kommet tilstrekkelig høyt til en fullstendig forklistring. Mål temperaturen i en saus eller grøt når det begynner å boble "koke", og du vil bli forundret, se også kap 2.1.

Vi benytter ulike stivelsestyper for å danne glatte sauser med forskjellig viskositet. Både forholdet mellom ingredienser og tilberedningsmetode varierer. Dette er faktorer som påvirker de kolloide forholdene i kokekaret. Hvilke fettsort vi bruker, er også av betydning både for de kolloide forhold og for aroma, smak og farge på de ferdige produktene.

Når vi lager saus med fett, kan vi enten røre fett og mel i bunnen av kasserollen og spe med litt væske av gangen, eller lage "smørbolle" som tilsettes den kokende væsken. Fettet påvirker og fordeler stivelseskornene og en unngår dermed klumper.

Metode vil variere etter ingredienser og innbyrdes mengdeforhold., se kokebøker.

Tykk sauser med fett kan av og til skille ut fett som følge av fordamping av væske fra sausen, særlig når en tilbereder små sausemengder. Rør forsiktig inn væske, og emulsjonen går sammen igjen.

Vi kan oppleve at saus tilsatt syrlige ingredienser som tomat, eddik, sitron etc. blir tynn når den står eller blir kokt opp igjen, se kap. 3 om stivelse og syre.

Når en saus blir stående, selv en kort tid før servering, vil den tykne. Ved salttilsetning tykner sausen ytterligere, fordi salt ( $\text{NaCl}$ ) reagerer med vannmolekyler.

Disse forhold bør tas i betraktning ved bedømmelse av sausens konsistens når den er ferdig spedd og gjennomkokt.

## 6.5 Emulgerte sauser

Saus tyknet med *egg* - hollandaise, majones etc. - er emulsjoner av en væske i en annen, som ikke kan blandes med hverandre (fett og vann), men egg inneholder emulgator som finfordeler fett- og vanndråpene, og hindrer dem i å gå sammen.

De vanligste typer av emulgerte sauser er: Majones, hollandaise og bearnaise. Salatsauser, f.eks. fransk dressing kan fremstå som en emulsjon, men inneholder lite eller ingen emulgator, og vil derfor fort skille seg når blandingen blir stående.

Prosedyren ved tillaging av majones, se majones kap. 5.3, er representativ for tillaging av andre emulgerte sauser, bortsett fra oppvarmingen. Eggeplomme og vannfase has alltid først i bollen/gryten. Svak varme, eventuelt vannbad og røring gir proteindenaturering og emulgeringen starter. Hovedjobben når en skal lage emulgerte sauser, er å dele opp oljen i små mikroskopiske dråper. Dette er lettest å gjøre om en starter med svært små fettmengder og rører godt mellom hver fett-tilsetning.

Det er gjort en rekke eksperimenter med varme, emulgerte sauser fra 1970-årene og frem til i dag for å klargjøre de ulike ingrediensenes betydning for å få et vellykket resultat.

Fordi ingrediensene er oppvarmet, smelter smøret/margarinen, og plommeblandingen må være så varm at fett holdes smeltet, men under eggets koaguleringsstemperatur.

Overoppvarming kan skje og sausen skilles. Eggproteinene kan eventuelt koagulere eller fett/væskemengede kommer i ubalanse.

Hvis sausens pH ligger rundt 7, vil fettdråper skilles ut fra ca. 71°C, og proteiner vil koagulere fra ca. 79°C.

Dersom pH reduseres til 4.5 vil fett utskilles ved samme temperatur, men proteinene vil ikke begynne å koagulere før ca. 90°C.

Når vi lager emulgerte sauser med utgangspunkt i eggeplommer, er det derfor en fordel å tilsette eddik/sitronsaft. Det senker pH, noe som minsker sjansen for at sausen skiller seg.

Mange forskere interesserte seg for pH `s betydning for stabilitet i blandingen. Resultatene er ikke entydige angående om syre/eddik vil danne et dobbelt lag med ioneladninger rundt fettpartiklene og dermed øke stabiliteten. Enkelte forskere trekker i tvil denne teorien.



Forskere har også interessert seg for eggeplommens emulgerende og dermed stabiliserende virkning. Det er enighet om eggeplommens avgjørende betydning for stabiliteten i disse sausene.

### **Litteratur:**

McGee, H. (1987). *On Food and Cooking. The lore and science and Lore of the Kitchhen*. London: Unwin Hyman

Paul, P.C. & Palmer H.H. (1972). *Food Theory and Application*. New York: John Wiley & sons Inc.

Penfield, P.M. & Campbell, A.M. (1990). *Eksperimental Food Science*. San Diego: Academic Press, Inc

## 7 Frukt, bær og grønnsaker

### 7.1 Næringsinnhold

Frukt, bær og grønnsaker inneholder mange næringsstoffer, spesielt vitaminer og mineraler. Tillagingen influerer og kan delvis forringe næringsinnholdet spesielt er A og C vitaminetapet stort under oppdeling og koking, men også tapet av ulike vitaminer fra vitamin B gruppen kan være betydelig, se tabell 8.1

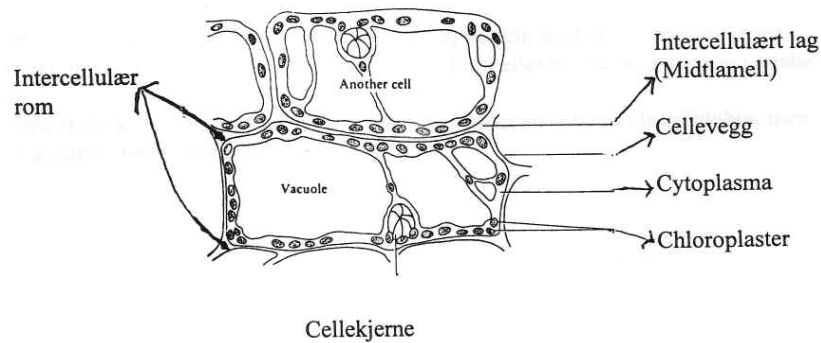
Tab. 7.1 Påvirkning av ulike vitaminer via matlaging

Vitamin	Løselighet i vann	Følsomhet for			
		Oksygen	Lys	Syre	Alkali
Vitamin A	Nei	Påvirker	Påvirker	Stabil	Stabilt
Tiamin	Ja	Stabilt	?	Ganske stabil	Påvirker
Riboflavin	Ja	Stabilt	Påvirker	Stabilt	Påvirker
Niacin	Ja	Nokså stabilt	Stabilt	Stabilt	Stabilt
Vitamin C	Ja	Påvirker	Påvirker	Påvirker	Påvirker
Vitamin D	Nei	Stabilt	Påvirker	Stabil	Stabil

### 7.2 Oppbygning

Vi kan se, føle og smake at det foregår visse endringer i farge og konsistens når vi koker grønnsaker. Skal vi prøve å forklare disse forandringene som er kjemiske reaksjoner, er det nødvendig å se på oppbygningen av planteceller og cellulærstruktur. se fig 7.1

Fig 7.1 Oppbygning av en celle i en grønn plante



Kilde: Penfield, M.P. & Campbell, A.M. (1990). Experimental Food Science

Den karakteristiske teksturen av ulike frukter og grønnsaker avhenger av det relative forholdet mellom ulike komponenter i cellene.

Celleveggen består av cellulose, hemicellulose, lignin og noe pektin (For nærmere beskrivelse av dette se kap 3.3 og 3.4. og f.eks. Pedersen, J.I., Hjartåker, A. & Andersen S.A. (2009).

Sjøplanter inneholder dessuten "gums". Celleveggen er permeabel og delt i to lag:

- det primære laget som består av pektin, hemicellulose og litt cellulose.
- det sekundære laget som består av hemicellulose, cellulose og lignin.

Det intercellulære laget eller midtlamellen inneholder pektin, og har til oppgave å holde cellene sammen. Dette laget blir ofte beskrevet som et sementerende lag.

Det er områder hvor cellene ikke slutter helt til hverandre. Disse områdene kalles intercellulære rom, og i rå tilstand er disse fylt med luft.

Cytoplasma forekommer som en kolloidal, gelelignende løsning, omgitt av cytoplasmahudlag, et dobbelt hudlag bygget av lipoproteiner og er semipermeabelt.

Vakuoler er rom fylte med celledsaft. I celledsaft finnes sukker, salter, organiske syrer, polysakkarider, fenol derivater og flavonoider i løsning eller som kolloidal dispersjon, se kap. 2.3. Hvilke stoffer som finnes, er karakteristisk for ulike frukter, bær og grønnsaker.

Vakuolene er omgitt av en hinne eller et hudlag. Dette hudlaget er semipermeabelt og gjør at celsaften øver et osmotisk trykk når planteceller has i vann.

Planteceller inneholder også ulike organeller som kalles plastider.

Plastider gjør det mulig for planteceller å inneholde substanser som ikke er løselig i vann.

En kjenner tre ulike plastider:

1. Chloroplastider
2. Chromoplastider
3. Leucoplastider

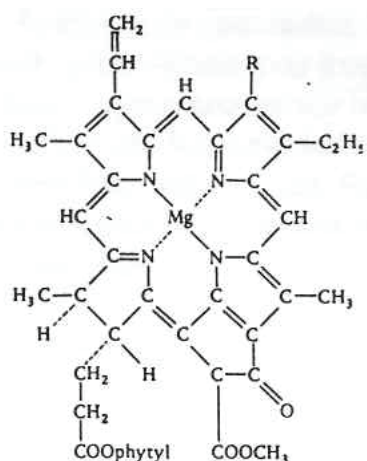
I chloroplastidene i de grønne plantedelene finner vi klorofyll som er nødvendig for

karbohydratsyntese- fotosyntese:  $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2 \text{ O} + \text{ sollys} \rightarrow \text{ C}_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6 + 6 \text{ O}_2$

Klorofyllet ligger som små korn i lag mellom lipider og protein med den hydrofobe delen lokalisert mot lipidlaget. Klorofyllet kan finnes som a-form eller b-form som gir noe variabel grønnfarge.

Kjemisk formel for klorofyll vises i fig. 7.2. Strukturen ligner strukturen i hemoglobin, men Fe(jern) er erstattet med Mg(magnesium).

Fig. 7.2 Klorofyll



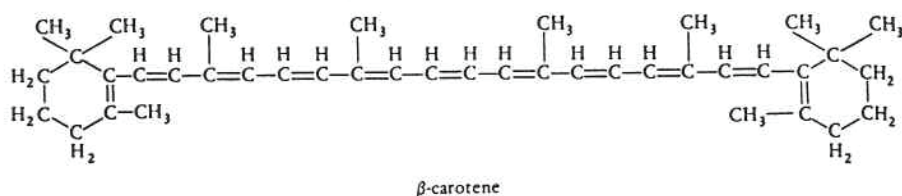
R: i klorofyll a er R lik -CH<sub>3</sub>, i klorofyll b er R lik -CHO

Kilde: Penfield, M.P., Campbell, A. M. (1990). Experimental Food Science

Phytylgruppen gjør klorofyllet lipofilt, men kan spaltes fra ved hjelp av enzymet klorofyllase eller alkalier og klorofyllet blir løselig i vann.

Chromoplastidene inneholder karotenoider, se fig 7.3 og er vanligvis gule eller orange. Ofte finner vi chromoplaster sammen med klorofyll. Dette gjør at vi får røde og gule farger på blader om høsten (når temperaturen blir lav), og når frukt modnes (klorofyll dekker over karotenoidene som er gule og orange).

Fig. 7.3 Karotenoider



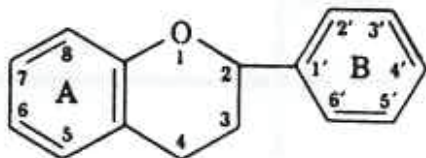
Kilde: Penfield, M.P., Campbell, A. M.(1990) Experimental Food Science

Leukoplastider mangler pigmentering. Den spesialiserte leukoplastiden amyloplastid produserer og lagrer stivelse. Stivelsen blir lagt i konsentriske lag og mønster som karakteriserer plantestivelsen, se mer om stivelse i kap.3.

## 7.3 Farge

I tillegg til at karotenoider og klorofyll gir farge til planter kan det finnes andre fargestoffer både i frukt, bær og grønnsaker. Flavonoider er de mest vanlige fargestoffene i tillegg til klorofyll og karotenoider og forekommer ofte som antoxantiner og antocyaniner, se tab 7.2. Flavonoid - pigmentene er alle beslektede komponenter og finnes i vakuolene i celledsaften. Flavonoidene har basis skjelettet  $C_6 C_3 C_6$  og består av to benzen-ringer bundet sammen via en karbonkjede med oksygen, fig 7.4. Dette skjelettet er utgangspunkt for mange ulike forbindelser med ulike fargevarianter. I tillegg til å være fargestoffer har flavonoidene også antioksydanteffekt.

Fig. 7.4 Skjelett av flavonoider



Tab. 7.2 Vanlige pigmenter (fargestoff) i frukt, bær og grønnsaker

PIGMENT	FARGE	EKSEMPEL PÅ TYPER
<b>Klorofyll</b> Klorofyll a Klorofyll b  Pheophytin a * Pheophytin b *	Intens blågrønn Gul-grønn  Lys grønn-grå Oliven-grønn	Salat, spinat, erter, grønne bønner, broccoli, rosenkål  Grønne grønnsaker kokt mer enn 7 minutter i lite vann med tett lokk. Picklesagurker
<b>Karotenoider</b> Alfa-karoten Beta-karoten Lycopen osv.	Gul-orange Rød-orange Rød	Gulrøtter, appelsin  Tomater

<b>Flavonoider</b>		
Anthocyaniner	Rød, purpur, blå	Rødkål, skallet på potet, skallet på reddik, blåbær, bjørnebær, bringebær, jordbær, kirsebær, rips, stikkelsbær, epler, plommer, "blod" i blodappelsiner, rødløk, grønne blader (skjult av klorofyll)
Anthoxantiner	Hvite (fargeløse eller svakt gule)	Blomkål, asparges, poteter, løk, hvitløk, nepe (turnips), det hvite under skallet på appelsin

Kilde: McWilliams, M.>( 1985).Food Fundamentals

\* Pheophytin: Magnesiumioner i klorofyll blir erstattet av hydrogen

Fargestoffene reagerer med ulike metallioner og inntar farge etter pH i systemet. Dette går fram av tab. 7.3

Tab 7.3 Fargeendringer ved hjelp av pH forandring og metallpåvirkning

PIGMENT	EKSEMPEL	FARGE I SURT MILJØ - LAV PH	FARGE I BASISK MILJØ - HØG PH	FARGE SOM REAKSJON MED METALL
Klorofyll	Broccoli	Olivengrønn	Klar grønn	Kopper og jern - lyse grønt
Karotenoider	Gulrøtter	Orange	Orange	- -

<u>Flavonoider:</u>				
Antocyaniner	Rødkål	Rød	Blå til grønn	Jern: blå Tinn: purpur
Antoxantiner	Blomkål	Fargeløs-hvit	Blå til grønn	Aluminium: gul Jern: brun

Kilde: McWilliams, M.(1985) Food Fundamentals

Fargeforandringer kan også komme av enzymatisk bruning, se kap 2.4

#### **7.4 Flavor - syn, lukt, smak**

Karakteristiske lukter og smaker for ulike frukter, bær og grønnsaker kommer av at de inneholder mange ulike stoffer og i ulike mengdeforhold. Flyktige forbindelser som organiske syrer, alkoholer og estere er viktige i denne sammenheng. Andre viktige stoffer er fenolforbindelser, sukker og svovelforbindelser.

Fenolforbindelser er ofte ansvarlig for bittersmak på planter, f.eks. i grapefrukt og i umodne bananer.

Søtsmak avhenger av sukkerinnholdet. Med sukkerinnhold menes her sukrose, glukose og fruktose.

Metabolske prosesser i planter endrer sukkerinnholdet (kan øke eller minske) både via modningsprosessen og ved lagring. Ved modning av bananer vil amylase hydrolysere stivelse til glukose. Lagres poteter kaldt, under 5°C, vil sukkerinnholdet øke. Vi får søte poteter. Sukkerinnholdet kan også endres via kokeprosessen, f.eks. kan det skje når vi koker gulrøtter.

Alle frukter og grønnsaker er sure pga. flyktige syrer. Syren dannes ved respirasjonsprosessen. Klorofyllet er beskyttet mot syrene i celsaften i rå frukt og

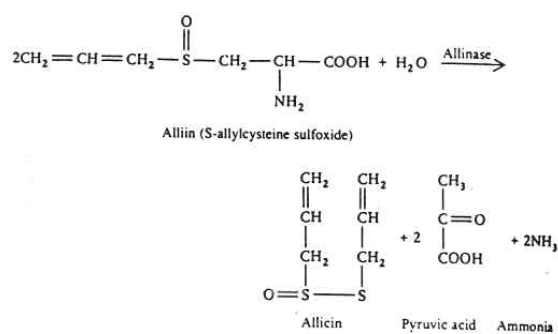


grønnsaker pga. av sin "plassering" i lagene mellom lipider og proteiner, en lipoproteinmembran. Ved koking ødelegges denne membranen, og det betyr at syren kommer i forbindelse med klorofyllet og reaksjonen gir fargeforandring. Syreinnholdet er med på å gi frukt og grønnsaker deres egensmak.

Noen grønnsaker inneholder svovelforbindelser. Løk inneholder mye svovel. Noe av dette svovelet kan bli borte ved lang oppvarming.

Den typiske hvitløklukten kommer av at hvitløk inneholder et svovelholdig stoff- alliin som sammen med allinaase som også finnes i hvitløk reagerer til allicin, se fig. 7.5.

Fig. 7.5 Allicin



Kilde: Penfield, M.P. & Campbell, A. M.(1990).Experimental Food Science

## 7.5 Tekstur

Både komponentene i celleveggen og hvordan cellene er strukturelt orienterte, avgjør tekturen på frukt og grønnsaker. Grønnsaker, frukt og bær kan sammenlignes med tanke på sammensetning og struktur, men de er ulike når det gjelder hvilket fysiologisk tidspunkt produktene høstes og spises. Frukt og bær konsumeres hovedsaklig som godt modne. Grønnsaker derimot er på topp når de er knapt modne. Overmodne grønnsaker blir mindre saftige, mer fibrøse, celleveggen blir tykkere og ligning akkumulerer, spesielt i vaskulært vev, når de modnes helt.

## **Koking**

Når frukt, bær og grønnsaker kokes, vil varme denaturere proteinene i cytoplasmaen og cellemembraner. Etter hvert mister cellemembraner sin selektive permeabilitet, og vannet passerer ut og inn ved diffusjon i stedet for ved osmose. Dermed siver vann ut av vacuolene, og det kokte vevet mister sin saftighet og sprøhet, blir slapt og løst og vekten avtar.

Salt, sukker etc. trenger inn etter hvert som celleveggen bløtgjøres. Knappt møre grønnsaker opptar lite saltsmak.

Når grønne grønnsaker legges i kokende vann, kan vi se små luftbobler på deres overflate samtidig som fargen blir mer intens, fordi cellene adskilles (pektinet i midtlamellene som holder cellene sammenløses, men celleveggen er fortsatt intakt). Dette medfører øket trykk som tvinger luften i de intercellulære rom ut, og erstattes med vann. Under kokeprosessen vil flyktige syrer følge vanddampen. Hvis denne fortettes pga. koking under tett lokk, vil syren løses i kokevannet. Forandring i vannets pH, gjør at grønnsakene skifter farge (klorofyll omdannes til pheophytin).

Kål utvikler økende intens lukt ved lang koking. Dette kommer av at rå kål inneholder glukosidet sinigrin som sammen med vann og varme blir omdannet til isothiocynat og deretter til hydrogensulfid som lukter vondt.

I tabell 7.4 gis en oversikt over valg av gunstige metoder for å koke ulike grønnsaker.

Tab. 7.4 Valg av gunstige kokemetoder for å koke friske grønnsaker

<i>Vegetable</i>	<i>Use of Cover</i>	<i>Reason to Cover or Uncover</i>	<i>Amount of Water</i>	<i>Size of Piece</i>	<i>Boiling Time, (min)<sup>1</sup></i>
Artichoke, Globe	Covered <sup>2</sup>	Steam needed	¼ in.	Whole	35-45
Asparagus	Uncovered	Green color	Small <sup>3</sup>	Tips, stalks	5-10 10-20
Beans, green	Uncovered	Green color	Small	Whole	20-30
Beets	Covered	Mild flavor	Small	Whole	30-90
Broccoli	Uncovered	Green color, strong flavor	— <sup>4</sup>	Split stalk	10-20
Cabbage, green	Uncovered	Green color, strong flavor	Large <sup>5</sup>	Whole Wedge	10-20 7-15
Cabbage, red	Uncovered	Strong flavor	Large	Wedge	10-15
Carrots	Covered	Mild flavor	Small	Small, whole	15-30
Cauliflower	Uncovered	Strong flavor	Large	Whole, flower	15-25 8-15
Corn	Covered	Mild flavor	Small	Kernels	5-7
Corn-on-cob	Covered	Mild flavor	To cover	Whole	5-10
Onions	Uncovered	Strong flavor	Large	Whole	15-40
Parsnips	Uncovered	Strong flavor	Large	Whole	20-40
Peas	Uncovered	Green color	Small	Whole	10-20
Potatoes	Covered	Mild flavor	Small	Whole	20-40
Spinach	Covered to wilt, then uncovered	Green color	Clings to leaves	Leaves	5-10
Sweet potatoes	Covered	Mild flavor	Small	Whole	20-40
Tomatoes	Covered	Mild flavor	None	Whole	7-15

<sup>1</sup>Variation in cooking time depends on size and maturity of vegetables, as well as personal preference.

<sup>2</sup>Chlorophyll turns olive green with or without a cover because of the long cooking time needed for artichokes, so cover is used to trap steam in the pan to aid in retaining the flavor.

<sup>3</sup>Just enough water is used to bubble to the top of the vegetable when the water is boiling gently.

<sup>4</sup>Water to within ¼ in. of flowers when broccoli is standing upright in water.

<sup>5</sup>Enough water is used to provide an extra ¼ in. of water over the vegetable.

Kilde: McWilliams.M.(1985), Food Fundamentals

For å oppnå optimal flavor(syn, lukt, smak) av kokte grønnsaker må kokemetoden avpasses etter grønnsaksort. Dette gjelder særlig når en prioriterer grønn farge, uten hensyn til bevaring av vitaminer:

- Bruk av lokk eller ikke?
- Hvor mye vann trengs?
- Hvor lang kokeperiode?

Enzymaktiviteten øker også med det samme, før de inaktiveres/ødelegges ved proteinets koagulasjonstemperatur. Ved enzymspalting fås en pen, grønn farge (phytyllgruppen spalts fra).

Spinat inneholder mye klorofyllase som er aktiv oppimot 66 - 70°C. Spinat beholder derfor bedre sin grønne farge enn andre grønne grønnsaker.

Grønne frosne erter har høy pH, 6.8 - 7.0, og har 67.7 % klorofyll intakt etter forvelling. Den har en intens grønn farge.

Grønne bønner har pH verdi 6.2 - 6.3 og ca 26 % klorofyll igjen, og fargen blir deretter.

Allerede i 1941 utførte Simpsom og Halliday et forsøk for å finne ut hvorfor teksturen i planter blir myk ved koking. De to konkluderte med at kokte grønnsaker inneholder mer løselig pektin og mindre uløselig protopektin enn ukokte grønnsaker, se også kap. 3.3. Noe lignende skjer ved modning av planter ved at protopektinmengden avtar, og den øvrige pektinmengden øker. Men fortsatt er det uklarerhet rundt detaljene om hva som skjer.

I 1975 rapporterte Hughes et. al. at når poteter er ferdigkokte, er en viss mengde av celleveggpektinet løst. Denne løsningen nedsetter adhesjonen (tiltrekningen) mellom celler, men celleveggene er ikke brukket opp.

Divalente ioner øker hardhet i planteceller. Buren et. al. (1988) viste at ved å bløte grønne, hermetiske bønner i kalsiumklorid ( $\text{CaCl}_2$ ) øker hardheten i bønnene, men byttes kalsiumklorid med natriumklorid ( $\text{NaCl}$ ) reduseres hardheten og kan virke mykere. Main et al demonstrerte i 1986 at oppvarming vil øke fasthet i fruktkjøttet, og forklarte dette med at oppvarming trolig reduserer bindinger på pektinmolekyler, og flere punkter blir tilgjengelige for å danne kryssbindinger.

Enzymet pectin metyl esterase spiller trolig en viktig rolle i hardgjøring av plantevev med divalente ioner.

Pektin metyl esterase er aktive i poteter mellom 50 og 70°C og katalyserer fjerning av metyllgrupper fra pektin. Dette øker antallet frie karboksylgrupper.

Etter hvert som plantevev varmes, vil intracellulære ioner som Ca og Mg komme i kontakt og reagere med celleveggkomponenter som frie karboksylgrupper, og lager dermed broer som styrker vevet, slik at det blir mer motstandsdyktig mot varme.

pH i varmemediet er av stor betydning for hva som skjer med plantevevet under oppvarming/koking. Flere undersøkelser viser at kokt plantevev er hardest i pH området 4.0-4.5

Reduseres pH fra 4.0 til 3.0, øker mykheten i det kokte plantevevet prosentvis like mye som økningen av løselige pektinsubstanser. Effektiviteten av den tilsatte syren kan ses i sammenheng med syrens inhiberende (hemmende) virkning på pektin enzymer.

Når pH i kokevannet øker til over 4.5, blir det kokte plantevevet også mykere enn om pH er i området 4.0- 4.5. Dette kan henge sammen med en depolymerisering av pektinmolekylet eller med at Ca-ioner bindes til bufferen.

## **7.6 Oppsummering**

For å bevare fargen best mulig i grønne grønnsaker betyr det at vi må koke:

- I mye vann. Hvorfor?
- Uten lokk i begynnelsen. Hvorfor?
- Kortest mulig koketid. Hvorfor?
- I vann med pH verdi så nær 7 som mulig - Hvorfor?

Hvis vannet er surt, hvilke konsekvenser har det for tekstur og farge for grønne og hvite grønnsaker, f.eks. i pickles?

Hvis vannet er basisk, hvilke konsekvenser har det for tekstur og farge?

"Visne" rødbeter som vi sursylter kan bli faste i tekturen ved å koke litt i eddik/sukkerblandingen.

### **Litteratur:**

McWilliams, M.: *Food Fundamentals*(1985) New York; Macmillan Company

Nes, M, Mùller, H, Pedersen, J.I. (2006) *Ernæringslære*. Gyldendal, akademiske

Pedersen T. (2002) *Kemien bag gastronomien*. København: Nyt Nordisk forlag. Arnold Busck

Pedersen, J.I., Hjartåker, A. & Andersen S.A. (2009) *Grunnleggende ernæringslære*. Oslo: Gyldendal akademiske

Penfield, P.M. & Campbell, A.M. (1990). *Eksperimental Food Science*. San Diego: Academic Press, Inc

## 8. Korn, mel og gjærbakst

### 8.1 Mel og kornvarer i kostholdet

Mel og kornvarer i kostholdet står for ca 24 % av energiinntaket i følge forbruksundersøkelser 2005-07, Utviklingen i norsk kosthold, 2008, Matvaregruppen er viktig for tilførsel av mange næringsstoffer som stivelse, kostfiber, tiamin, folat, og jern. I tillegg er kornvarer en stor saltkilde (NaCl) i norsk kosthold og utgjorde 22 % av total tilførsel av Na i følge forbruksundersøkelsene 2005-07. Som kjent ønsker helsemyndighetene å få ned saltinntaket vårt. Det er da naturlig å spørre seg om baketekniske årsaker gjør at bakeindustrien må bruke så mye salt..

Dagens marked tilbyr mange typer brød og gir dessuten et stort utvalg av meltyper både for privatmarkedet og for bakerier. Tabell 8.1 viser noe av mangfoldet i melutvalget i norsk detaljisthandel. Bakerbransjen har enda flere melblandiner å velge blant.

#### Mel og korn

Tabell 8.1 Oversikt over noen meltyper på detaljistmarkedet i Norge

Meltype	Utmalingsgrad i % av hele kornet, målt fra kjernen	Innhold	
Hvetemel, siktet	78 -80	Blanding av ulike hvetesorter for å få en bestemt kvalitet	
Sammalt hvete, fin	100	Blanding av ulike hvetesorter for å få en bestemt kvalitet	
Sammalt hvete, grov	100	Blanding av ulike hvetesorter for å få en bestemt kvalitet	
Økologisk hvetemel		Skal og kime er borte	
Økologisk hvetemel, grovt	100		

Siktet rugmel	75	Blanding av ulike rugsorter for å få en bestemt kvalitet	
Sammalt rug, fin	100	Egner seg spesielt godt i surdeig	
Sammalt rug, grov	100	Blanding av ulike rugsorter for å få en bestemt kvalitet	
Siktet speltmel		En gammel hvetesort også kalt urhvet. Er fint mel der de ytterste grove delener av kornet er siktet fra	
Sammalt spelt, grov	100	Inneholder alle kornets bestanddeler	
Semulegryn		Er kjernepartikler fra hvete	
Hele bygg - gryn	50	Bygget har gjennomgått en slipeprosess	
Byggmel	70	Avskallet og malt	
Havregryn, store			
Havregryn, små			
Havremel			

I tillegg finnes det økologiske havregryn og glutenfrie stor havregryn.

Diverse bygdemøller har 90 % utmalingsgrad på byggmel

Kilder:

Regal lest 01.03.10 <http://www.regal.no/Produkter/Mel/>

Axa.no. Lest 03.03.10 <http://www.axa.no/Generell-textsida/Sidkarta/>



## 8.2 Utmalingsgrad

Med utmalingsgrad menes hvor stor del av kornet som er tatt med i melet, regnet innenfra. Det vil si at det er de ytterste delene inkludert kimen som fjernes. Dess mer man fjerner dess lavere utmalingsgrad.. Et hvetemel med lav utmalingsgrad inneholder prosentvis mest glutendannende proteiner. Dette er gunstig for hvetemelets bakeevne. Omvendt kan en si at jo høyere utmalingsgrad melet har, dess større innhold er det av vitaminer, mineraler og kostfiber fordi det finnes mest av disse næringsstoffene i kornets ytterste deler.

## 8.3 Melkvalitet av hvete

Det finnes mange ulike hvetetyper. Hardhvete (Durumhvete) kan ha opptil 20 % protein. Vanligvis ligger proteininnholdet i hvete mellom 12-16%, men kan variere mellom 8-20 %. Durumhvete egner seg best til pasta. I gjærbakst gir den svært ”kort” deig pga det høye proteininnholdet..

Hvete klassifiseres etter mengde og kvalitet av protein fordi dette er avgjørende for bakeegenskapene i melet, men også stivelsekvaliteten er viktig. Kvaliteten på glutendannende proteiner (glutenin og gliadin) er genetisk bestemt av hvetetypen.

I Norge har vi tilgang på ulike meltyper og blandinger med ulik melkvalitet.

Andelen norsk dyrket hvete har økt de senere år fordi det er forsket fram hvete som har bedre bakekvalitet enn tidligere og som kan dyrkes i Norge.

I Klassifiseringssystemet for hvete snakkes det om sterkt og svakt mel. **Sterkt mel** inneholder mye protein (15-16 %) av god bakekvalitet. **Svakt mel** inneholder mindre mengder protein (10-11 %)

Et sterkt hvetemel vil ta opp mye vann pga av høyt proteininnhold. Det dannes et meget elastisk glutenkompleks som har god evne til å holde på CO<sub>2</sub>. En slik deig tåler godt kraftig bearbeidelse. Men hvis melet er alt for sterkt, vil imidlertid elastisiteten bli dårligere slik at den ikke gir etter for CO<sub>2</sub> gassen og bakverket blir da kompakt og får lite volum.

På grunn av lavere proteininnhold vil svakt mel gi svakere glutenkompleks som lettere ødelegges under bearbeiding og toler kortere hevetid.

Bruk av relativt sterkt hvetemel kan være gunstig for baking av brød som også inneholder meltyper og gryn som ikke har særlig god bakeevne f.eks. havregryn og hvetekli. Svakt mel er å foretrekke til finbakst som for eksempel loff og baquettes og egner seg også godt til kjevledeiger.

Melkvalitet på tilgjengelig mel i Norge er i dag tilpasset ulike formål for bruk.. Tilgjengelige melkvaliteter varierer fra land til land.

## **8. 4 Glutenkomplekset**

Av alle melsorter er det bare hvete som har evne til å danne gluten. Det er de to proteinene glutenin og gliadin fra hvete som danner glutenkomplekset når hvetemel blandes med væske/vann. Glutenin og Gliadin er ikke vannløselige proteiner. Innholdet av glutenin gjør glutenkomplekset svært elastisk. Mengde av den svovelholdige aminosyren cystein i både glutenin og gliadin er viktig ved at de danner et nettverk av svovelbroer mellom ulike gluteninmolekyler og også mellom ulike gliadinmolekyler. Styrken i glutenkomplekset er derfor avhengig av innholdet av svovelholdige aminosyrer. .

Mengden CO<sub>2</sub>-dannelse i en deig vil påvirke surhetsgrad og påvirker glutenkomplekset fordi lavere pH øker glutenproteinenes svellingsnevne.

Vi kan lage en modell av glutenkomplekset en såkalt glutenbolle (se oppskrift under) ved å blande mel og vann til en deigklump, for så å vaske denne deigklumpen i vann til alt vannløselig protein samt stivelse er vasket ut. Vi står igjen med en grå liten gummiaktig masse som utgjør glutenkomplekset. Steker vi glutenkomplekset vil dette utvide seg og vise en modell av reisverket i gjærbakst.

Rugmel kan også brukes som eneste mel i gjærbakst, selv om det ikke danner glutenkompleks. Rug danner derimot en gelaktig vannfase av pentosanene xylose og arabinose som binder vann. Dette systemet har også evne til å holde på CO<sub>2</sub> gass, men rugmel gir bakverk med mindre volum enn hvete.

### **Glutenbolle**

2 1/2 dl hvetemel

1 dl lunkent vann

litt salt

Elt sammen til en fast, seig deig.

La den hvile ca ½ time så glutenstrengene får utvikle seg.

Vask ut stivelsen, vask og skifter vann til vannet er helt klart.

Stekes i små boller ved ca 200 °C.

Hvordan blir bollene? Forklar med teori det du ser?

### **Mel som inneholder glutendannende stoffer**

Personer som har sykdommen cøliaki må ikke spise mel som inneholder glutendannende stoffet. Som tidligere nevnt er det bare hvete som har evne til å danne glutenkomplekset, men melsorter som spelt, rug og bygg inneholder alle mer eller mindre av de glutendannende proteinene. Havre inneholder ikke glutendannende proteiner, men blir ofte forurenset med disse proteinene under framstilling av havregryn og havremel. Derfor bør cøliakere (de som ikke tolerer glutenproteinene) også unngå inntak av havreprodukter, med mindre de velger havreprodukter som er garantert glutenfrie som Store havregryn, glutenfrie. Alle produkter tatt med i tabell 8.1 er glutenholdige. De som er cøliakere må velge spesialprodukter. Disse omhandles ikke her.

## **8. 5 Gjærdeig av hvete**

Gjærdeig er en blanding av mel, gjær, salt, deigvæske og eventuelt fett og sukker.

I gamle kokebøker vil det kunne stå at sukker må tilsettes for å være næring for gjæren. Det er imidlertid unødvendig da mel inneholder  $\beta$ -amylase som spalter stivelse til maltose som er et disakkarid som er næring for gjæren..

Det er praktisk å skille mellom tre hovedtyper gjærdeiger. Brøddeig, mager gjærdeig, og fete / søte gjærdeiger.

## **Deigvæske**

Deigvæske er vanligvis vann. Hardt vann inneholder kalsium- og magnesiumsaltene. Dette styrker glutenkomplekset, men gir melet noe dårligere svelleevne. Det er også mulig å bruke andre væsker som melk, surmelk, myse og kjærnemelk.

Proteininnholdet i melet er avgjørende for hvor mye væske som skal til. Andre faktorer som virker inn på væskebehovet er pH og temperatur. Utmalingsgrad av mel påvirker også, og grovt mel trekker mer væske enn fint mel, men svellingen går langsommere. I grove deiger bør man derfor ta høyde for at deigen vil tykne både under elting og heving. Gjennomsnittlig regner man 6-7 dl væske pr kg mel.

## **Hevemiddel i ulike gjærdeigtyper**

Man deler ofte deigtyper opp etter hevemethoder:

varmhevet deig

kaldhevet deig

surdeig

Varmhevet deig har deigtemperatur på 26- 28 °C. Kaldhevet deig har deigtemperatur på ca 20 °C. En kaldhevet deig bør ha ca 40 % mindre gjær enn en varmhevet deig.

Det finnes ulike typer gjær: pressgjær vanlig, pressgjør for søte deiger, tørrgjør vanlig og tørrgjær for søte deiger

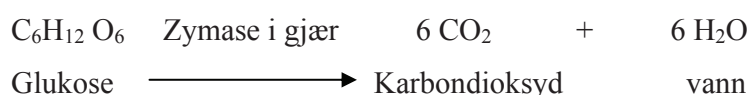
For mye gjær gir gjærsmak, og mangelfull utvikling av brødaroma i bakverket.

For lite gjær gir langsom heving og lite porer i bakverket.

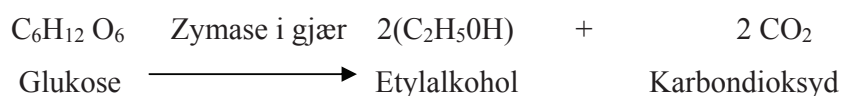
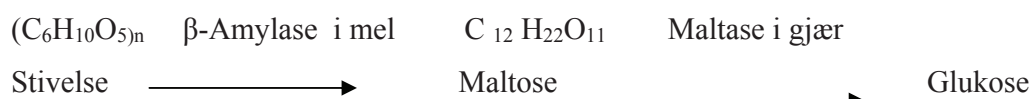
Gjær er nødvendig for å danne CO<sub>2</sub> som hever gjærdeigen. Gjær har evnen til å danne CO<sub>2</sub> både aerobt og anaerobt.

Bare en liten del skjer aerobt fordi O<sub>2</sub> i deigen brukes opp. Det meste skjer anaerobt.

**Aerob** reaksjon krever tilgang på O<sub>2</sub> og da skjer følgende:



**Anaerob** reaksjon



De meste av alkoholen som dannes tapes via steking

Gjær framstiles ved å la den vokse på f.eks. suktermelasse som er en billig sukkerkilde under oksygentilgang for så å bli filtrert og presset, eventuelt tørket.

Hvor mye gjær som bør brukes avhenger av hevetid, temperatur på deigvæske, mengde grovt mel, sukker- og fett tilsetning, se tabell 8.2.

Surdeig brukes lite i Norge, men er den eldste metoden for å heve brød. Surdeig får en når mel og vann blandes og får stå lunt til det gjærer. Når blandingen har gjæret så lenge at det dannes bobler, må det friskes opp med mer vann og mel og gjæres på nytt før det brukes til endelig brødbaking. Boblene viser dannelse av CO<sub>2</sub>. Underveis i prosessen dannes det også melkesyre og eddiksyre. Tempersturen under gjæringsprosessen er avgjørende for resultatet og er optimalt mellom 20-25 °C. Ved denne temperaturen dannes melkesyre i stedet for eddiksyre. Mye eddiksyre hemmer gjærsoppen og gir stram smak. Melkesyrebakterier derimot stimulerer gjærsoppen og gir mildere smak..

### **Salt – NaCl**

Salt har både smaksmessig og teknologisk betydning i gjærdeiger.

Teknologisk er salt viktig for å stabilisere gjæringshastigheten og styrke glutenkomplekset ved å gjøre dette komplekset passe elastisk.

Smaksmessig gir salt bakverket en frisk smak og framhever smaken på andre ingredienser i bakverket.

Lager man gjærdeig uten å tilsette salt blir den smakløs og svært seig (elastisk) og den blir da vanskelig å forme. Dessuten vil hevingen gå raskere i en saltfri gjærdeig, og bakverket blir ofte grovporet.

Tilsetter man salt i små mengder (1-2 % av melmengde), vil deigen bli smidigere og bakverket får en jevn fin krumme.. Ernæringsmessig er det gunstig å redusere salttilsetningen ned mot 1 % da saltinntaket er høyere enn ønskelig i Norge.

Tilsetter man derimot for mye salt vil deigen lett bli klissete fordi glutenreisverket blir slapt, og deigen hever saktere. Resultatet blir et tungt og kompakt bakverk.

### **Fett**

I brøddeiger er det unødvendig å tilsette fett, men i mange gjærdeiger tilsettes fett.. Fett ”smører” glutenstrengene og gjør bakverket smidigere, gi mykere krumme og finere poring. Ved små tilsetninger av fett (2-5 % av melvekten) vil volumet øke, og man antar at dette er fordi dette vil øke hevingen under stekeprosessen.. Tilsettes mer fett vil volumøkningen begynne å avta. Holdbarheten av bakverket øker med stigende fettmengde. Fett gir også god smak og aroma. Mye fett gir imidlertid tungt, kompakt bakverk.

I industrien brukes spesialfett tilpasset ulike typer bakverk og enkelte av disse er tilsatt stoffer som virker volumøkende. Det finnes også bakefett tilpasset søte gjærdeiger..

Sett fra et helseperspektiv er det ønskelig at alle bakere velger fettstoff som inneholder mye en- og flerumettet fett og unngår å bruke transfett. I dag er det mulig for bakerbransjen å få kjøpt bakefett til gjærbakst der transfettet utgjør under 1 %.(f.eks. PALS FLEXI BAKEFETT FLYTENDE). For fett i bakverk se også kap 5.

### **Sukker**

Man trenger som tidligere nevnt ikke tilsette sukker i gjærdeiger. Sukker brukes likevel i enkelte gjærdeiger. Sukker påvirker smak, gir bakverket finere tekstur og gir fin farge pga økt maillardreaksjon , se kap 1.2..Bakverk med sukker holder seg lenger mykt trolig pga at skorpen dannes raskere og væsketapet blir mindre ved steking.

Søte gjærdeiger inneholder 10-20 % sukker (av melvekten). Dette kan hemme gjæringen med mindre man velger gjær beregnet til søte deiger. Sukker bløtgjør gluten. Dette merkes ved at deigen blir klissete Søte deiger bør derfor lages løsere enn andre gjærdeiger slik at det ikke blir for mye mel i forhold til væskemengde.

På 80 tallet ble følgende ”Bakenøkkel” utviklet, se tabell 8.2 Oversikten i tabellen viser oss en grei måte å få ideelt forhold mellom ingredienser i ulike typer gjærbackst.

Tabell 8.2 Bakenøkkel

Ingrediens	Brøddeig	Mager gjærdeig	Fet, søt gjørdeig
Mel	100%	100%	100 5
Væske	60-70 %	60-70 %	60-70 %
Gjær	2 %	5-6 %	8-10 %
Salt	1 - (2) %	1- (2) %	
sukker		0-(1) %	10-20 %
Fett		0-6 %	20-30 %

Kilde: Ulen, R. (1991) Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød

Det finnes også andre ”nøkler” hvor en tar utgangspunkt i væske som 100 %.

## **8.6 Elting av gjærdeig**

Når ingrediensene av en gjærdeig eltes, blandes ingrediensene sammen og glutenkomplekset utvikles. Eltetiden varierer med meltype, deigtemperatur, deigstørrelse, deigkonsistens og elteutstyr. Hver deig har sin optimale deigutviklingstid. I laboratorier kan dette måles ved hjelp av Farinograf.

Ved for lite elting blir deigen klissete og ujevn, Ved overarbeiding derimot kan gluten bli ødelagt slik at bakverket flyter utover.

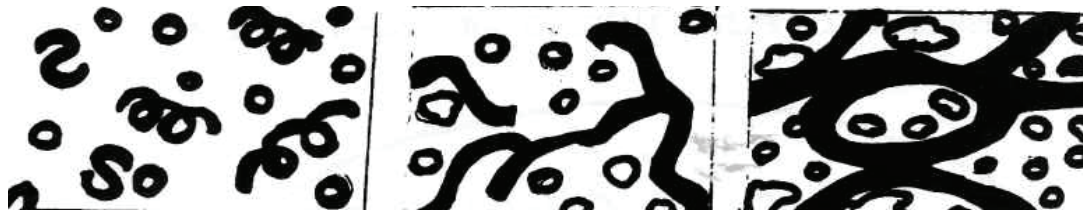
Kjennetegn på at deigen er ferdig eltet, er at det dannes bobler på overflaten av deigen på fint bakverk. På grovt bakverk er dette vanskelig å se. Et annet kjennetegn kan være å holde hånden lett på deigen i noen sekunder uten at den kleber fast.

Om deigen ikke er knadd nok, klarer den ikke holde på CO<sub>2</sub>.

Man kan også kna en deig for mye, spesielt hvis man bruker svakt mel.

Det som skjer under elting kan illustreres ved fig 8.1

Fig.8.1 Skjematidsk tegning av protein og stivelse i en deig



Stivelse (som korn)	Ved tilsetning av væske	Ved bearbeiding av deiger
Og gliadin og glutenin	vil gluten dannes	dannes glutennettverket
(som spiraler)		”Ødelagte” stivelseskorn
		Sveller

Kilde: Ulen, R. (1991) Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød

Her ser vi at når vi tilsetter vann vil proteinet ta opp vann og svulle. Gluten danner strenger som utgjør et nettverk og danner selve reisverket i hvetebakst. Stivelseskorn vil absorbere bare små mengder vann ved bearbeiding pga. deiglagingstemperaturen. Unntaket er stivelseskorn som er ødelagte under malingsprosessen.

## 8.7 Heving av gjærdeig

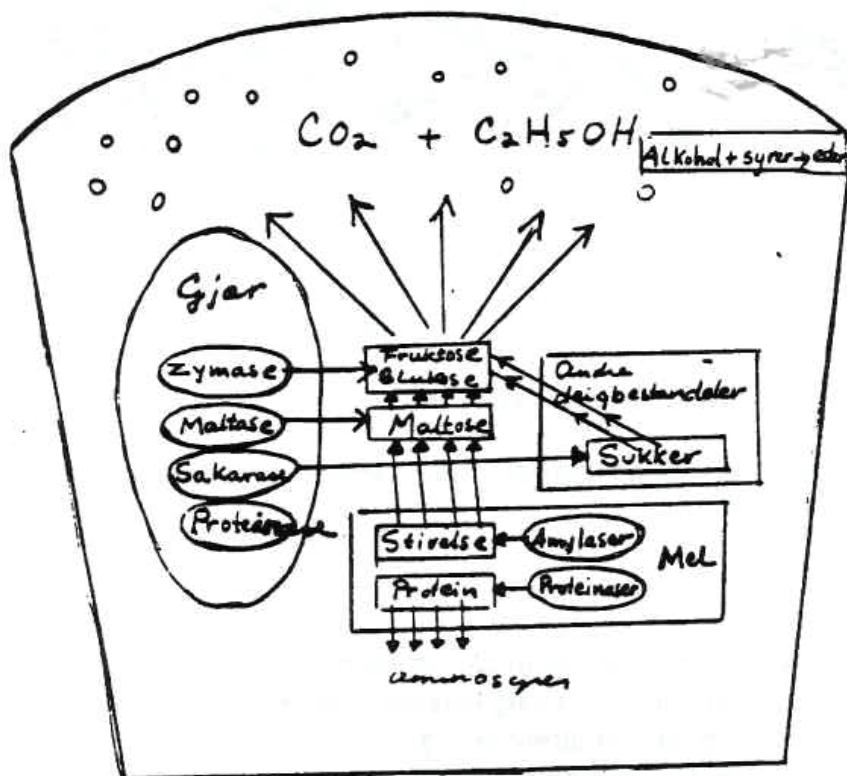
Det er vanlig å heve gjærdeig to ganger, etter deiglaging og etter utforming. Under hevingen modnes deigen og blir spenstig og elastisk, men ikke så seig at den krymper sammen ved utbaking. Dessuten skal hevingen få fart på gjærcellene slik at etterhevingen går raskt og gir lette og spenstige bakverk. Heveprosessen er viktig også for dannelse av aromastoffer som gir karakteristika til bakverket. Det dannes små mengder alkoholer, organiske syrer, aldehyder og ketoner . Til sammen gir disse stoffene både smak og aroma. Enzymer fra mel og gjær katalyserer de ulike reaksjonene, se fig 8.2

Ideell heve - temperatur er 28-38 ° C. Det utvikles mye energi under heveprosessen, men temperaturen bør ikke overstige 40 °C, da det vil medføre at gjærsoppen hemmes av CO<sub>2</sub> produksjonen. Ved 50 °C dør gjærsoppen.



Etterhevingen er svært viktig for bakeresultatet. Er etterheven for kort vil ikke gassblærene være nok utviklet. Er etterheven for lang vil glutenstrengene bli skjøre og briste. Gassblærene vil da flyte sammen og bakverket blir grovporet..

Figur 8.2 Samspill mellom enzymer i mel og gjær under deigheving.



Kilde: Ulen, R. (1991) Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød

## 8.8 Steking av gjærbakst

Deig leder varmen dårlig derfor stiger temperaturen langsam inne i bakverket.

Gassutviklingen øker til gjærcellen dør ved 45-50 °C

Når gjærbaksten settes i oven vil den heve fort i starten fordi  $CO_2$  utvider seg ved oppvarming. I begynnelsen kan også gjæraktiviteten øke, og dermed vil det også utvikles noe mer  $CO_2$ . På grunn av dette er det viktig at overflaten fuktes før deigen settes i ovnen, slik at

overflaten gir etter og hindrer sprekkdannelse. Utvidelsen av deigen avtar når temperaturen i deigen øker, og er helt slutt ved 54 °C.

Når temperaturen i deigen har nådd en temperatur på vel 60 °C, vil proteinet koagulere og avgi vann. Stivelsekornene vil da ta opp dette vannet, svulle og forklistre. Varm gluten er myk og mister mye elastisitet, mens forklistret stivelse nå er en del av strukturen i bakverket. Ved 74 °C begynner gluten å koagulere.

Temperaturen inne i bakverket vil aldri nå kokepunktet, men mye vann, CO<sub>2</sub> og alkohol som er dannet under heveprosessen vil fordampe.

Maillardreaksjonen, se kap. 2.4 vil gi bakverket brunfarge.

Se tabell 8.3 som viser oversikt forandringene under stekeprosessen.

Tab. 8.3 Forandringer under stekeprosessen

<b>Ca temperaturer</b>	<b>Forandringer i løpet av stekeprosessen</b>
40 °C	Kraftig gjæring, utvidelse av gassen og livlig enzymvirksomhet. Langsom svelling av stivelse
45 -50 °C	Gjæren dør
> 60 °C	Proteinet koagulerer. Stivelsen begynner å forklistre
65- 70 °C	Stor enzymaktivitet. Enzymene spalter den forklistrede stivelsen til dekstriner og enkelte sukkerarter
80 °C	Amylasene inaktiveres. Alkohol fordamper
100 °C	Krummetemperaturen har nådd maksimum, Vann fordamper
120 °C	Lys dekstrinering
140 °C	Mørk dekstrinering
155 °C	Karamellisering
180 °C	Dannelse av restprodukter
200	Begynnende forkulling

Kilde: Ulen, R. (1991) Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød

## **8.9 Industriell framstilling av brød**

I det foregående er egenskaper i mel og andre ingredienser som inngår i brødbaking omhandlet og hva som skjer i produkter under selve framstilling.

Moderne store bakerier er imidlertid avhengig av at hele prosessen skjer automatisk i temperaturkontrollerte forhold. Gjæringsprosessen er en relativt tidskrevende prosess. Industrien er avhengig av rask prosess og de har klart å forsere heveprosessen ved å regulere forhold og prosesser. Det er utviklet kortgjæringsprosesser. Det finnes f.eks. metoder som bruker dobbelt så mye gjær som i tradisjonell baking, og i tillegg er melet tilsatt hjelpestoffer for å godt resultat.. For å korte ned på heveprosessen kan det brukes en miksing i høy fart i nærvær av hjelpestoffet askorbinsyre (vit C). Det brukes også andre hjelpestoffer som enzymer, emulgatorer og fett.

Når korn spirer dannes det glutation, et svoveholdig tripeptid, Dette tripeptidet overtar raskt SS bindinger og svekker dermed glutenkomplekset. For å hindre glutation i å ødelegge glutenreisverket brukes ascorbinsyre (vit C) som reduksjonsmiddel.

Bruk av emulgatorer ved baking av brød har vist at dette kan gi brød noe større volum, men proteinkvalitet har vist seg å være viktigere for brødvolumet enn emulgatorer.

Det er også vanlig å bruke blekestoffer for å gjøre melet hvitt.

## **8.10 Merking av brød**

I dag er det vanlig å merke grovheten på brød ved hjelp en skala som angir hvor mye grovt mel det er i brødet, se fig 8.1.

Nøkkelhullmerking kan også brukes på mel- og brødvarer.

Merking med begge disse symbolene er frivillig for produsentene, men viktig for forbruker i vurdering i å vite grovhet og sunnhet av produkter som utgjør så stor andel av det norske kostholdet.

Fig 8.1 Grovhetsmerking

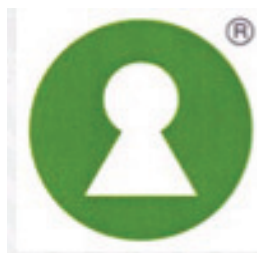


Kilde: regal Lest 01.03.10

<http://www.regal.no/Nyttig-a-vite/Brodskalan/>

Fig 8.2 Nøkkelhull

Kriteriene for nøkkelhullmerkingen er de nordiske anbefalingene som sier at vi



gjennomsnittlig hver dag bør få i oss 25-35 g kostfiber, maks 30 % fett og maks 10 % sukker av energiinntaket. Saltinntaket (NaCl) skal ikke overstige 5 g

Kilde: Regal, lest 01.03.10

<http://www.regal.no/Nyttig-a-vite/Nokkelhull/>

Brød er en viktig kilde for kostfiber. I perioden 2005-2007 spiste vi i Norge bare 18 g pr dag i følge forbruksundersøkelser og av dette kom 46 % fra kornvarer. Dette viser at vi bør spise med grovt brød på bekostning av finere typer.

## Litteratur

Aamodt, A. Magnus, E.M., Hollung, K., Uhlen, A.K. & Færgestad, E.M. (2005). *Dough and Hearthbread characteristics influenced by protein composition, protein content*. DATEMang their interactions. Journal of food Science, Vol 70, 3, pp 214-221

Helsedirektoratet (2009). *Utviklingen i Norsk kosthold 2008*. Lest 1.3.10 [http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00100/Utviklingen\\_i\\_norsk\\_100159a.pdf](http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00100/Utviklingen_i_norsk_100159a.pdf)

Lean, M.E.J (2006). Fox and Cameron `s *Food Science, Nutrition and Health*. London: Edward Arnold

Pals.Llest 1.04.10 <http://www.pals.no/web/cms.nsf>.

Pedersen T. (2002) *Kemien bag gastronomien*. København: Nyt Nordisk forlag. Arnold Busck

Regal. Lest 1.3.10 <http://www.regal.no/Nyttig-a-vite/Nokkelhull/>

Regal. Lest 1.3.10 <http://www.regal.no/Produkter/Melblandinger/>

Regal. Lest 1.3.10 <http://www.regal.no/Nyttig-a-vite/Brodskalan>

Store Norske Leksikon. Hvete. Lest 03.03 <http://www.snl.no/hvete> Lest 03.03.10

Ulen, R. (1991) *Råvarer, framstilling og oppbevaring av brød*. Bærum: Stabekk Høgskole.

## 9. Matteknologiske reaksjoner i Kjøtt

Både som profesjonell yrkesutøver innen restaurant og matfaget og som forbruker kjenner vi nedturen, du har servert et perfekt stekt kjøttstykke, rosa og fin. Godt tilbehør og en god rødvin står klar. Når settes tennene i kjøttstykket er nedturen et faktum, dette kjøttstykket egner seg bedre til en langtidskokt gryterett; hva har skjedd?

Det er mange forhold som påvirker mørhet i kjøtt; genetikk, alder, rase, kjønnsforskjeller, transport og behandling av dyret rett før slakting har alle betydning. Men størst betydning har forhold som skjer etter avliving av dyret.

I Norge har det vært utført få meningsmålinger om hva forbrukeren setter som høyeste kvalitetsmål for kjøtt. Undersøkelser foretatt i land vi kan sammenligne oss med setter mørhet som viktigste parameter for kjøttkvalitet (Rødbotten 2010). Saftighet og kjøttsmak er også viktig, men det hjelper ikke dersom kjøttstykket er seigt. Andre faktorer som har stor betydning for valg av stkningsdel er; kjøtt som stammer fra friske dyr, lavt bakterieinnhold og utseende. Sunnhet er et parameter den Norske forbrukeren setter høyt. Innen industrien har de teknologiske egenskapene til stykningsdelen stor betydning, vi kan nevne evnen til å binde vann og fett som sentrale stikkord.

Kjøtt har høy ernæringsverdi i kostholdet. Det inneholder protein av høy kvalitet, B-vitaminer, er god kilde for jern som er opptas lett i kroppen samt flere andre mineraler. Fett fra slaktedyr inneholder mye umettet fett, det anbefales derfor å skjære bort fettete eller bruke magre stykningsdeler.

### 9.1 Anatomisk og kjemisk oppbygging av kjøtt

Kjøtt består av vann, proteiner, fett, mineraler og ekstrativstoffer<sup>15</sup>. Som en hovedregel sier man at kjøtt inneholder 20 % proteiner og at vann og fett til sammen utgjør ca 80 %. Dersom fettinnholdet øker synker vanninnholdet, men proteininnholdet er forholdsvis konstant selv

---

<sup>15</sup> Ekstrativstoffer er vannløslige organiske forbindelser som ikke er proteiner. Hemmer, 1997 s.21

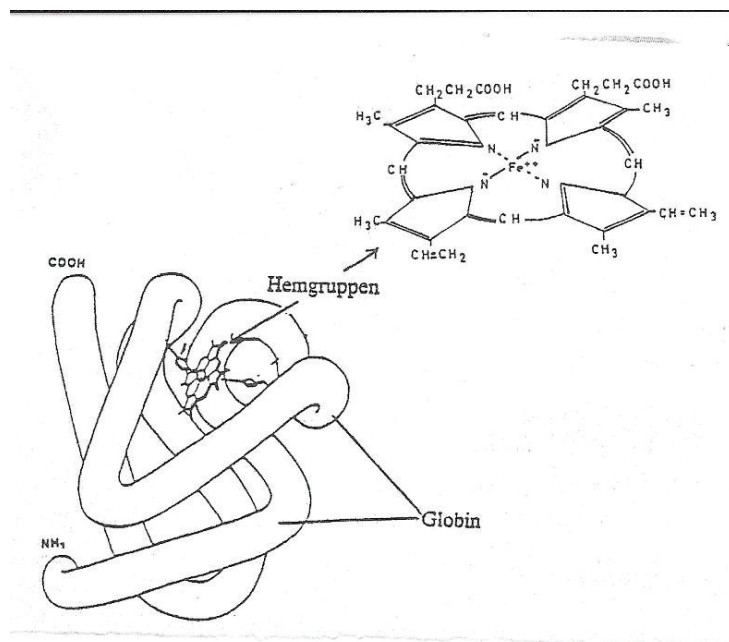
om vann og fettinnholdet varierer noe fra stykningsdel til stykningsdel mellom de ulike dyreslag. Innholdet av mineraler er 1 – 2 % og innholdet ekstrativstoffer er ca 1 %.(Hemmer 1997, 2001)

## Proteiner

I en kjøttmuskel finnes det hovedsakelig tre hovedtyper proteiner; sarkoplasmaproteiner, fibrillproteiner og bindevevsproteiner.

**Sarkoplasmaproteiner** er et fellesbegrep for de vannløslige proteinene som finnes i sarkoplasma (muskelfibrenes celledsaft). Disse er hovedsakelig enzymer som er en del av cellenes stoffskifte og styrer (katalyserer) biokjemiske reaksjoner i muskelcellen. Sarkoplasmaproteinene – enzymene flyter fritt i sarkoplasma eller er innkapslet i lysosymene.

Sarkoplasmaproteinet myoglobin gir kjøttet dets røde farge. Ulik myoglobinkonsentrasjon i ulike kjøttslag gir ulik farge. Oksekjøtt har normalt høyere konsentrasjon av dette enn svin og fjørfe, derfor er oksekjøtt rødere enn de andre kjøttslagene, og inneholder mer jern (Fe) fordi Fe er en bestanddel av myoglobin.



Figur 9.1. Skisse av myoglobinmolekyl og hemgruppe (Hemmer 1997 s.74)

**Myoglobin** har en mørk rød farge. Ved oksygentilgang er formen ustabil og vil raskt omsettes til oksymyoglobin eller metmyoglobin. Dette er årsaken til at kjøtt misfarges etter kort tid i snittflatene, eller at kjøttdeig blir grå på overflaten når den ligger en tid. Fargen er ikke varmemestabil og derfor vil kjøtt ”gråne” under varmebehandling.

*Kjemisk formel myoglobin*

Globin  $N_4Fe_2+H_2O$

**Oksymyoglobin** har en frisk rød farge som dannes når det er god tilgang på oksygen. Det var denne kunnskapen som ble brukt ved pakking av kjøttdeig i  $O_2$ , som gjorde at vi ikke fikk den mørke hinna under lagring. Det er ikke lenger tillatt å bruke  $O_2$  som pakkegass, da dette i dag regnes som matsminke. Ved varmebehandling vil kjøttet bli grått, siden oksymyoglobin ikke er varmemestabil.

*Kjemisk formel oksymyoglobin*

Globin  $N_4Fe_2+O_2$

**Metmyoglobin** har en gråbrun farge. Denne tilstanden dannes ved lav oksygentilgang, for eksempel vanlig atmosfæriske tilstander. Lav pH og lys fremmer prosessen. Vi ser dette tydelig ved kjøtt som har ligget en stund med tilgang på luft og lys. Anaerob (uten luft) atmosfære vil hemme prosessen, dette utnyttes ved vakuumpakking av kjøtt. Metmyoglobin er ikke varmemestabil.

*Kjemisk formel Metmyoglobin*

Globin  $N_4Fe_3+H_2O$

**Nitrosomyoglobin** har en frisk rød farge. Denne fargen dannes ved tilsetning av nitritt. Dette er en av grunnene til at nitritt brukes som tilsetning til farseprodukter og ved salting. Det har vært store helsemessige diskusjoner rundt bruken av nitritt i kjøttvarer, eks rød salami, røde Danske pølser. Fargen er stabil både ved tilgang på oksygen og ved varmebehandling, den sterke røde fargen holder både ved lagring og varmebehandling.

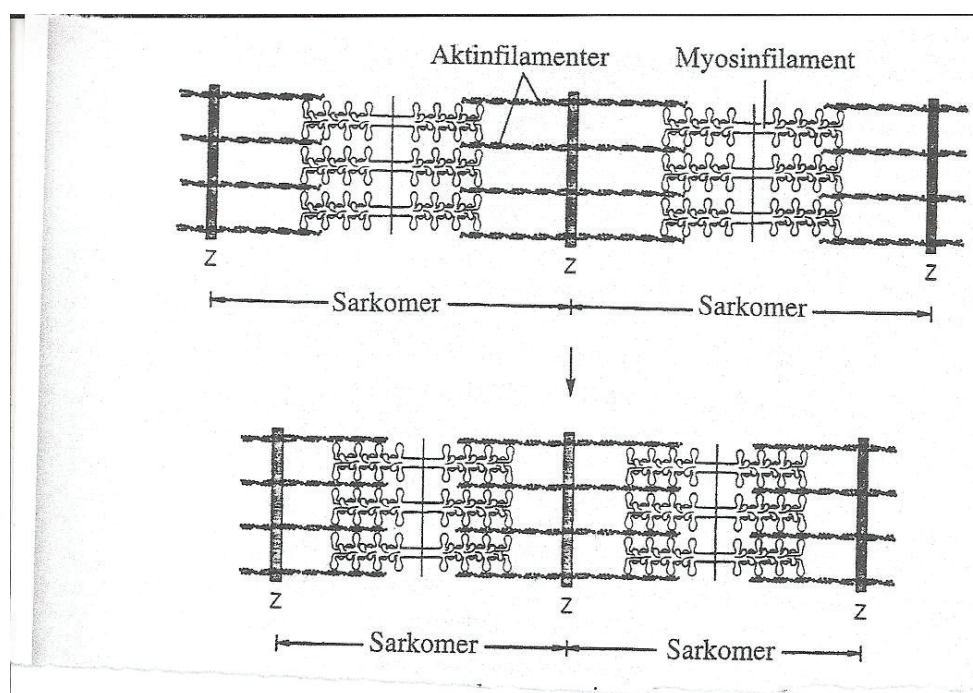


Kjemisk formel nitrosomyoglobin.

Globin  $N_4Fe_2+NO$

Det benyttes også CO gass i gasspakking av kjøtt, for å holde den friske røde fargen. Dette fordi også CO binder seg til hemgruppen og danner stabil rød farge. Imidlertid er det usikkerhet rundt bruken av helsemessige årsaker siden CO gass er svært giftig. I Norge er dette ikke tillatt. Når man bruker treflis til røyking av kjøtt skyldes den rødaktige farge utskillelse av CO gass under røykeprosessen.

**Fibrillproteiner** eller de kontraktile proteinene er de proteinene som gjør muskelen i stand til å trekke seg sammen slik at dyret kan bevege seg. Aktin og myosin utgjør hovedmengden av fibrillproteinene. Disse har stor betydning for mørhet i kjøtt.



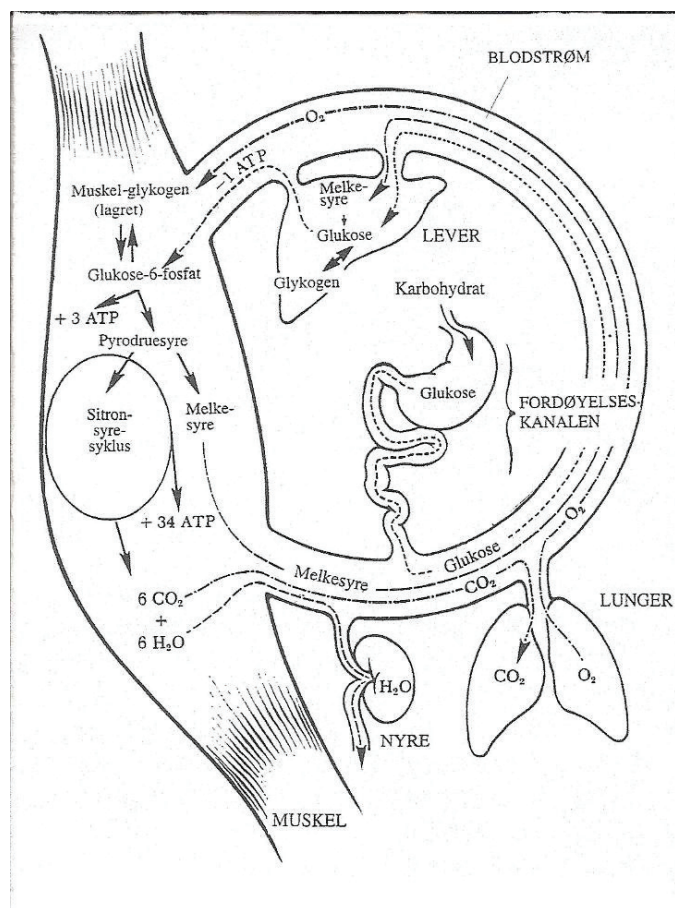
Figur 9.2. Aktin og myosin i i avslappet og kontrahert muskel (Hemmer 1997, s35)

**Bindevevsproteiner** er hovedsakelig bygget opp av proteinene kollagen og elastin. **Kollagen** er uelastisk, bøyelig og har stor strekkstyrke, denne finnes hovedsakelig i sener og hinner

rundt muskelen, men også i hud, bein og brusk. Avhengig av oppvarmingstid og oppvarmingstemperatur vil kryssbindingene mellom kollagenfibre svekkes og kjøtt blir mørere. Hos unge dyr inneholder kollagen lite varrestabile kollagenbindinger og her omdannes de til gelatin ved oppvarming. **Elastin** er elastisk og finnes i hovedsak i blodårer, hud og lunger der vevet er elastisk. Dette proteinet endrer ikke form ved oppvarming. Kjøtt med mye elastin regnes blant de deler som er seige.

## 9.2 Energiproduksjon i en levende kjøttmuskel.

I en levende kjøttmuskel blir næring og oksygen tilført via blodet. Dette fører også bort avfallsprodukter som dannes under energiomsetningen.



Figur 9.3. Energiomsetning i levende kjøttmuskel (Hemmer 1997 s.32)

En kan kort forklare figur 9.3 med følgende hovedtrekk:

- Næringsmidlene – maten, figuren viser hvordan karbohydrater omdannes i tarmen til glukose som absorberes og ledes ut av kroppen gjennom blodbanen.
- Glukose transporteres enten til lever eller til muskelcellen. I lever omdannes glukose til glykogen som lagres. Lever kan tilbakeføre denne prosess dersom det er behov for mer glukose i muskelcellen.
- I muskelcellen omdannes glukose til ATP eller omdannes og lagres som glykogen.
- Glukose omdannes til energi via sitronsyresyklus. Ved en aerob prosess dannes 34 ATP, men ved en anaerob prosess dannes bare 3 ATP pluss melkesyre.
- I energiomsetningen i sitronsyresyklus dannes  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{CO}_2$  transporteres med blodbanen til lungene og utskilles der.
- $\text{H}_2\text{O}$  utskilles via nyrene og urin.
- Fra en levende muskel transporteres melkesyra til lever med blodbanen og omdannes der til glukose.

Etter avliving av dyret stopper transport via blodbanen og avfallstoffer lagres i muskelcella.

### **9. 3 Mørt eller seigt kjøtt?**

Det meste kan diskuteres og slik er det også med mørhet i kjøtt. Vi mennesker har forskjellig standard for hva vi vil definere som mørt eller seigt. Dette er i stor grad bestemt av våre spisevaner. Barn og voksne vil oppfatte mørhet forskjellig. Det et barn oppfatter som seigt vil ofte av en voksen oppfattes som et akseptabelt mørt kjøttstykke. Det samme gjelder for kvinner og menn. Menn vil i større grad akseptere et seigere kjøttstykke enn kvinner (Rødbotten 2010).

Innen forskning verden over er ytrefilet – Longissimus dorsi, den mest beskrevne muskel når det gjelder mørhet. Det er mange grunner til at denne muskelen benyttes, den er stor, man kan gjøre mange tester på samme muskel, den er i toppskiktet – økonomisk verdifull, noe som gjør det viktig for produsenten å behandle den optimalt.

## Hva er konsistens? Måling av konsistens?

Konsistens og måling av konsistens er best bedømt av den som spiser kjøttet. Hvor lett er det å tygge kjøttet før det svelges er subjektive målinger for hver og en som spiser kjøtt. Det finnes imidlertid også objektive målemetoder av mørhet. De mest brukte er sensorisk analyse gjennomført med et utvalgt og trent panel. De andre hovedmetodene er måling av skjærekraft og konsistensmålinger ved ulike standardiserte metoder.

Det er hovedsakelig to metoder som benyttes, den første kalles **Warner-Bratzlermetoden**. Denne registrerer hvilken skjærekraft som må benyttes for å skjære igjennom et kjøttstykke. Dette er en metode som brukes over hele verden og den er svært standardisert, for eksempel sier metoden hvilken stykningsdel som skal brukes og hvordan prøven skal tilskjæres slik at man får sammenlignbare resultater som kan brukes av forskere over hele verden.. Den andre metoden kalles **Volodkevich-test**. Denne metoden simulerer at kjøtt ”bites”, kjøttbiten presses sammen på tvers av fiberretningen av to runde ”kjeve”. Det presses til 99 % sammenpressing, man starter med et kjøttstykke som er 10mm tykt og dette presse til det er 0,1mm tykt.

## Faktorer som avgjør om kjøttet blir mørt eller seigt

Dersom vi får en kraftig sammentrekning av myofibrillene (fibrillproteinene) i det kjøttet går inn i dødsstivhet(rigor) vil kjøttet bli svært seigt. Denne type seighet vil kun i liten grad oppheves av modning/mørning av kjøttet. Derfor er det viktig at vi legger forholdene til rette slik at vi unngår sterk sammentrekning ved inngangen av dødsstivhet.

Også bindevevet har stor betydning for mørhet i kjøttet. Kollagen er det proteinet som betyr mest for seighet i kjøtt. Bindevevet må være sterkt for å oppfylle de oppgavene det har i den levende kroppen. Etter slakting vil dette bli seigt. Eldre dyr har mer bindevev enn unge, samt at kollagen blir mer varmestabilt ved økende alder. Bindevevet fra unge dyr vil bli løst opp under varmebehandling og trekkes ut i krafta hvor det stivner til en gele når krafta avkjøles. Også hos eldre dyr skjer dette men i mindre grad. Derfor vil kjøtt fra eldre dyr alltid være mer seigt enn fra unge dyr.

Det er to hovedfaktorer vi kan regulere; det ene er temperaturen i muskelen i det den går inn i dødsstivhet, det andre er muskelens mulighet til sammentrekning. Forskning utført i New

Zealand viser at dersom temperaturen i muskelen er under 10 grader når dødsstivhet inntreer får vi en kraftigere sammentrekning. Dette kalles kuldeforkortning og oppstår hovedsakelig hos storfe, sau og fjørfe, i mindre grad hos griseslakt. Det ideelle er at slaktet går inn i rigor ved en temperatur på 15 – 20 grader. De norske hygienereglene sier imidlertid at slaktet skal kjøles ned til 7 grader så rakt som mulig dette på grunn av faren for mikrobiell aktivitet ved høyere temperaturer. Væsketapet blir også større ved langsom nedkjøling noe som gir et økonomisk tap (Hemmer 1997 og 2001).

Når det gjelder muskelens mulighet til å trekke seg sammen så har dette resultert i nye måter å henge opp slaktet. Ved denne kjennskapen strekker man muskler slik at de ikke har muligheten til å trekke seg sammen når de går inn i dødsstivhet og vi får et mindre seigt utgangspunkt for modning/mørning av kjøttet.

### **Mørnings og modningsprosesser i kjøtt**

Rett etter slakting er kjøttet seigt, men etter en tid blir det mørere. De største forandringene skjer i løpet av de første 10 til 12 dager. Temperaturen har stor betydning for hastigheten ved disse prosessene, de går raskere ved økende temperaturer.

Tidligere antok man at det var bindevevet som hadde størst betydning for mørhetsgraden i kjøttet, i den seinere tids forskning har man imidlertid funnet at det er myofibrillene eller fibrillproteinene som har størst betydning for mørhetsgraden i kjøttet.

Bindevevet endrer seg lite ved kjøleromstemperaturer. Det er ved oppvarming over 40 grader at nedbrytningen av spesielt kollagen til gelatin skjer. Derfor er det viktig med kontrollert varmebehandling ved koking av kjøtt. Selv om bindevevet brytes raskere ned ved høyere temperaturer har den senere tids forskning vist at allerede det første døgnet etter avlivning starter nedbrytningen (Hannesson m.fl 2003)

Når kjøttet går inn i dødsstivhet er myofibrillene aktin og myosin sammentrukket. I ”møtepunktet” mellom aktin og myosin dannes den såkalte Z-linja. Forskning viser at Z-linja brytes ned av enzymer/proteiner som finnes i cellevæsken/sarkoplasma og i lysosymene. Den forbedring av mørhet som skjer er et resultat av autolyse – den naturlige nedbryting av muskelen. Dette siden aktin/myosin komplekset blir brutt ned i mindre enheter og gir

forbedret mørhet i kjøttet. Det er altså ikke spalting av proteinfibrene, men spalting av bindingspunktet mellom fibrene.

### **Eklektisk stimulering både helt slakt og stykningsdel**

Elektrisk stimulering rett etter slakting brukes til å øke mørhet i kjøttet. Ved å sende strøm gjennom slaktet øker man muskekontraksjonene i muskelcella og denne fortsetter å jobbe som den gjør i levende live. Dette betyr at glykogen i muskelcella brukes opp raskere uten at det dannes så mye melkesyre. Det vil si at dyret går inn i dødsstivhet før pH blir så lav, at man får en kraftig sammentrekning av myofibrillene. Dette fordi glykogen i muskelcella er oppbrukt og energiomsetningen stopper. I utgangspunktet er dyret mindre seigt enn ved å la de naturlige prosesser gå normalt.

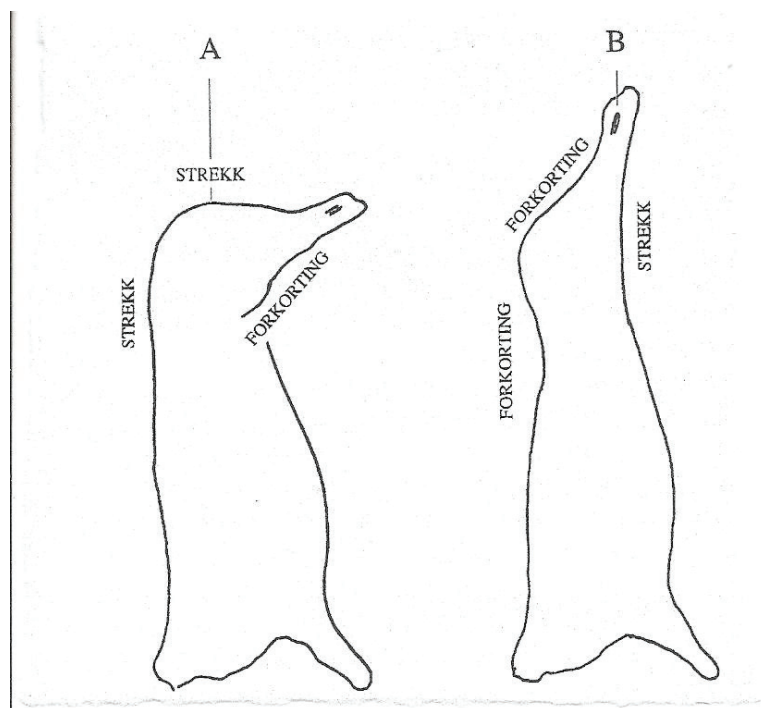
Både elektrisk stimulering med høy spenning rett etter slakting og elektrisk stimulering med lav spenning kombinert med varm nedskjæring av slaktedyr har vist å ha positiv effekt på mørhet i kjøtt (Hollung m.fl 2005). Det er gjort skjærekrafts målinger som viser at allerede etter to dager har man økt mørheten i kjøttet betraktelig.

### **Hengemørning – tradisjonell mørning**

Den tradisjonelle hengemørningen av slaktet hvor man henger dyret etter akillessenen, se figur 9.4 tegning B, i 21 døgngrader har den senere tid blitt betraktelig videreutviklet. Her er det den naturlige nedbrytingen – autolysen, der dyrets egne enzymer mørner kjøttet.

Økonomisk får man stort vekttap på grunn av avrenning fra slaktet. Det trenges stor plass for å ha så mange dyr hengende så lang tid, samt at alle stykningsdeler blir mørnet – også det som skal brukes til produksjonskjøtt som ikke bør mørnes.

Den første endringen som har funnet sted er at man henger dyret opp i ”skinka”, se figur 9.4 tegning A, ved å henge dyret på denne måten hindrer man den kraftige sammentrekningen av myofibrill proteinene i bakparten av dyret, utgangspunktet blir mindre seigt.



Figur 9.4. Opphenging av slakt (Hemmer 1997 s.65)

I den senere tid hvor man har utviklet mer og mer ”varmskjæring” av slakt har man utviklet en metode hvor man strekker den enkelte muskel. Dette gjøres ved å pakke stykningsdelen i en elastisk plastfilmhylse som hindrer muskelen å trekke seg sammen, dette har vist seg å være en effektiv metode for å sikre mørhet i kjøtt brukt sammen med elektrisk stimulering (Sørheim 2000, 2002, Hildrum 2000).

### Vakuummørning av stykningsdeler

I forbindelse med at slakteriene i større og større grad har gått over til varm nedskjæring av slakt har vakuummoding utviklet seg mer og mer. Varm nedskjæring betyr at dyret stykkes før det er blitt kaldt – altså slaktes og stykkes innen kort tid. Dette har flere fordeler økonomisk. De stykningsdelene som skal brukes til produksjonskjøtt kan hakkes mens den optimale bindeevne hos bindevevsproteinene fremdeles er til stede. Man trenger mindre lagerkapasitet, og råstoffet kommer raskere gjennom produksjonsprosessen. Denne metoden stiller imidlertid større krav til hygiene enn tradisjonell nedskjæring av kaldt slakt.

Vakuumlagering eller kjøtt pakket i CO<sub>2</sub> atmosfære begrenser den naturlige mikrobielle aktiviteten. Her er det kun melkesyrebakterier som overlever og disse ødelegger ikke smaksopplevelsen.

Etter at slaktet har blitt elektrisk stimulert og nedskåret blir det pakket i vakuumposer og lagt til mørning. Denne metoden kombinert med ”strekking” av muskelen gir mørt kjøtt som kan omsettes etter 2 – 3 dager. For å sikre optimal utnyttelse av slaktet har, man i den seinere tid begynt å stimulere stykningsdeler, med lavspennings strømpulser. Forutsetningene for at dette kan gjøres er at slaktet nedskjæres varmt (Hollung 2005).

Ved bruk av vakuumlagering ved mørning og lagring oppnår man bedre økonomi siden man får mindre avrenning fra stykningsdelen, samt at mørningen tar kortere tid.

### **Bruk av enzymer ved mørning**

I handelen finnes det såkalte mørningsalter. Dette er vanligvis salt tilsatt enzymene papain utvunnet fra papaya, fisin eller brommelin som er utvunnet fra ananas. Brukt som salt virker dette kun på overflaten av kjøttet og man kan risikere at kjøttet er mørt på overflaten, men seigt inni. En annen måte å bruke dette på er i marinader, her vil man få bedre resultat siden enzymene får tid til å trenge inn i kjøttstykket. Man må imidlertid passe godt på temperatur og tid – ellers så vil prosessen fort gå for langt og kjøttet brytes helt ned. Enzymene bryter ned både fibrillproteinene og bindevevsproteinene.

I USA sprøyter man inn enzymet papain i blodomløpet på levende dyr. Dette gav et godt resultat med tanke på mørhet, men man hadde problemer med hygien siden enzymblandingen ikke var steril og det oppstod en fare for kontaminering av slaktet. Dette har aldri vært tillatt i Norge av dyreværnhensyn.

### **Mekanisk mørning**

Tidligere så ”banket” man kjøttet med ei klubbe eller kjørte det gjennom en mekanisk mørningsmaskin som fantes i mange kjøttutsalgssteder. Maskinen var konstruert slik at den stakk en mengde nåler/kniver gjennom kjøttet slik at dette ble spaltet opp. Denne prosessen mørnet ikke kjøttet, man slo/skar i stykker fibre og cellekjerner slik at mesteparten av væsken sivet ut av kjøttet. Man oppnådde noe mindre tyggemotstand, men man fikk et mye tørrere kjøtt.





Figur 9.5. Mekanisk mørning. KIFF 1998 side 85

#### 9.4 Utvikling av smak i kjøtt

Når vi spiser er det ikke bare for å få i oss næringsstoffer og energi, men først og fremst for å bli mette. Derfor er det viktig at kosten er appetittvekkende. Kjøtt inneholder en rekke smaks- og luktstoffer som vi forbinder med appetittvekkende.

Nyslaktet eller rått kjøtt har en blodaktig smak og lukter lite. Aromastoffene blir utviklet ved varmebehandling av kjøttstykket. Ved nedbrytning av aminosyrene som finnes i kjøtt spaltes det ut svovel og ammoniakk  $\text{NH}_3$  forbindelser. Dette er stoffer som vi vanligvis forbinder med vond lukt. Et eksempel på denne type lukt kommer fra cellulosefabrikker – tenk på ”Mosselukta”. Disse stoffene i riktig sammensetning forbinder vi som kjøttaroma.

Fett inneholder også aromastoffer, de ulike dyreslagene har ulik fettsammensetning dette gir ulik aroma. Derfor får forskjellige dyreslag ulik aroma. Oksidering eller harsking vil påvirke aromastoffene. Harsking forekommer vanligvis i saltet og fryst kjøtt.

Kjøtt inneholder smaksforsterkere. Dette er stoffer som forsterker smaken i kjøttet uten selv å ha egensmak. MSG (monosodiumglutamat) er en smaksforsterker som finnes naturlig i kjøtt og videreutvikles ved varmebehandling. MSG er også ofte benyttet i blandingskrydder og marinader brukt til kjøtt. IMP (innosinmonofosfat) er et nedbrytningsprodukt av ATP

(adesintrifofsfat) som dannes i energiomsetningen. Både MSG og IMP virker på smaksløkene på tunga slik at disse sveller og får større overflate til å oppfatte smak. Kjøtt inneholder såpass mye av disse stoffene at det vanligvis er det ikke er nødvendig å tilsette ekstra ved tilberedning.

### **9.5 Oppvarming – steking – koking av kjøtt**

Vi har tidligere kommentert at oppvarming har forskjellig effekt på de ulike proteinene. Bindevevsproteinene blir mørere ved riktig oppvarming, mens fibrillproteinene aktin og myosin blir seigere ved oppvarming. Dette gir forskjeller i hvordan vi skal behandle de ulike kjøttstykker. Biff er et kjøttstykke som inneholder mye fibrillproteiner, noe som betyr at her må vi varmebehandle lite, mens forpartskjøtt som inneholder mye bindevevsproteiner må varmebehandles over lang tid for å bli mest mulig mørt.

#### **Tradisjonell koking**

Når man tilbereder kokte kjøttretter er det viktig at man kontrollerer temperaturen på kokevannet nøye. Kokekjøtt inneholder mye bindevevprotein og vi ønsker en så stor omdannelse til gelatin som mulig. Kollagen denaturer ved ca 75 grader, det er viktig at varmebehandlingen skjer ved temperaturer under dette nivået for å få størst mulig geledannelse.

Ofte sier man at når man koker kjøtt skal dette legges rett i kaldt vann for å trekke ut mest mulig smak. Dette kan synes riktig hvis man ser på mengden ”skum” som dannes under oppvarming. ”Skummet” er denaturerte proteiner som har trukket ut under oppvarming. Hvis man legger kjøtt i kokende vann får man mindre skum – har trukket ut mindre proteiner i kokevannet. Det er gjort undersøkelser ved det Danske Fødevedirektorat (2002) som konkluderer med at suppe kokt i to timer uten annen tilsetning enn salt virket tyngre/mer konsentrert dersom kjøttet var lagt i kaldt vann.

### **Pannesteking av kjøtt**

Til pannesteking benytter man de stykningsdeler som inneholder lite bindevev og dermed inneholder mye fibrillproteiner. Det er da viktig at tilberedningstiden er kort og at kjernetemperaturen holder seg under den temperaturen hvor fibrillproteinene koagulerer.

Tradisjonelt sier man at det er viktig med høy temperatur for å lukke porene og deretter ferdigsteke ved lavere temperatur. Det er også viktig å la kjøttstykket hvile før man begynner å skjære i dette for å holde mest mulig av væsken inne i kjøttstykket. Undersøkelser gjort ved Fødevaredirektoratet i Danmark (2002) viser at dette ikke er tilfelle. Vekttapet – væsketapet som skjer ved hvile er det samme som skjer dersom man begynner å skjære i kjøttet umiddelbart etter steking. Under hvile trekker mye kjøttsaft ut og kjøttstykker ”svømmer” i væske, dette er sammen mengde som går tapt dersom man skjærer i kjøttstykket og mye væske ”pipler” ut ved anretning. Det sies at man får noe bedre smaks – aromautvikling siden nedbrytningen av proteiner og utvikling av MSG/IMP fortsetter mens kjøttet hviler.

### **Ovnssteking av kjøtt**

De fleste av de oppskrifter vi benytter oss av har opphav langt tilbake. I dag har man ovner som kan stilles inn med større sikkerhet. På storkjøkken benytter man seg av moderne teknologi hvor man kombinerer varme, luft og vandamp ved steking. Ved å utnytte disse mulighetene kan man oppnå mye bedre resultat enn med tradisjonelle metoder.

**Tradisjonell steking** foregår ved høy temperatur vanligvis i intervallet 175 – 220 grader. Fordelen ved denne tilberedning er at steketiden er forholdsvis kort. Det dannes en kraftig stekeskorpe som mange liker smaken av, men vi vet i dag at stekeskorpa inneholder stoffer som kan være kreftfremkallende – stekemutagener – se eget avnitt om dette til slutt i kapitlet. En annen ulempe er at det er vanskelig å kontrollere kjernetemperaturen i kjøttstykket. Ved rask utvendig oppvarming av kjøttstykket kan man i sentrum av kjøttstykket ha opp til 10 graders forskjell kun på 1 cm (Fødevaredirektoratet 2002). Man skal også kjenne til at kjernetemperaturen kan stige med opp til 10 grader de første 10 minutter etter at kjøttet er tatt ut av ovnen ved så sterk varmepåvirkning.

Steking av kjøtt ved temperaturintervallet 130 – 160 grader kalles **langtidssteking**. Når man benytter seg av langsommere oppvarming vil man få et mer ensartet resultat og det er lettere å kontrollere kjernetemperaturen i kjøttet. Det sies at man får større væsketap ved denne

metoden. Undersøkelser foretatt ved Fødevardirektoratet (2002) viser at det er den samme avrenning ved tradisjonell steking som ved lavtemperatursteking. Forskjellen ligger i at ved høyere temperaturer fordampes væsken raskere enn ved lavere temperaturer.

Steking/varmebehandling av kjøtt ved temperaturer under 100 grader kalles **lavtemperatursteking**. Dette er blant annet brukt ved Sous – vide produksjon, hvor man produserer mat i vakuumposer. Her kan varmebehandlingen foregå både i ovn og i vannbad ved temperaturer under 100 grader. Dersom man vil ha stekeskorpe på kjøttet så må det brunes på en panne før det legges i poser. Ved rask nedkjøling vil man ha en fordel i henhold til lagring. Man kan oppleve gjenoppvarmet smak, dette utvikles over tid ved lagring. Sous-vide egner seg ikke til kjøttstykker som har bein f.eks koteletter eller panerte produkter. Fordelen med denne produksjonsmetoden er at man har bedre temperaturstyring på kjernetemperaturen enn ved tradisjonelle metoder. På grunn av den lave temperaturen er det liten eller ingen kjernetemperaturstigning når kjøttet tas ut av ovnen. Det er også fordeler ved selve produksjonsmetoden i og med at man kan ha flere produkter i ovnen samtidig uten at de tar smak eller lukt fra hverandre.

Lavtemperatur- eller langtidssteking krever tid. Fordelen ved denne metoden er at bindevevsrike eller seige kjøttstykker så som lårtunge kan benyttes. Her innstiller man ovnen 5 – 10 grader høyere enn hva man ønsker som kjernetemperatur. Eventuelt kan man stille inn på 100grader den første tiden og deretter senke temperaturen når man har fått en stekeskorpe, dette av hygieniske årsaker. Denne metoden krever steking på opp til 20 timer. Metoden slow coking og bresering (Pedersen2002) kan sammenlignes med dette. Ulemper er det hygieniske aspektet samt at ved så lang varmebehandling har utsiden av kjøttstykket en tendens til å bli tørt. Undersøkelser ved Fødevardirektoratet(2002) viser også økt svinn ved denne metoden. Det er ikke bare temperaturen som har betydning for svinn, men også tiden.

I brosjyrer fra kombidampovner tilpasset storhusholdning går det frem at man reduserer svinn og at kjøtt blir saftigere og mørere ved damptilsetting under steking. Forsøk har imidlertid avvist dette. Man har ikke kunnet finne noen positiv effekt på svinn og mørhet. Tvert imot kan det tenkes at steken ble mindre mør fordi varmebehandlingen skjedde hurtigere. Fordeler ved denne metoden er at steketiden blir kortere og at overflaten blir mindre tørr (Fødevardirektoratet 2002).

Ved all ovnsstekning av kjøtt er det viktig at man ikke har for mye i ovnen samtidig. Ovnens evne til å fordele varme har vist seg best når det er god plass for den varme luft å sirkulere i stekekammeret (Pedersen 2002).

### **9.6 Stekemutagener.**

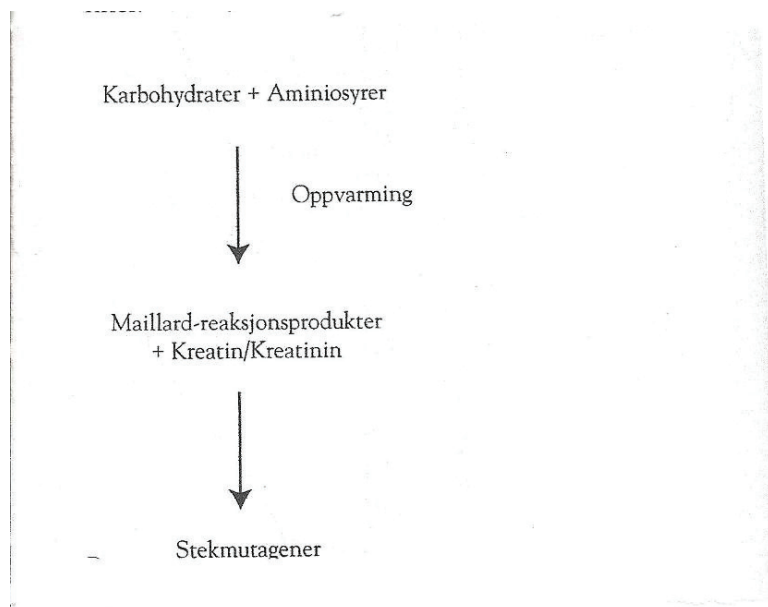
Prosessfremkalte kontaminater dannes under varmebehandling av næringsmidler.

Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner (PAH) dannes i næringsmidler ved høy temperatur.

Ved grilling og steking av kjøtt og fisk er det påvist dannelse av kratige mutagener – såkalte stekemutagener. Data fra forskning på området tyder på at det dannes en rekke ulike mutagener avhengig av steketemperatur, oppvarmingstid og råvaren.

Man deler ofte inn mutagene i to klasser

- **Høy temperaturmutagener** er stoffer som dannes i matvarer under grilling. I dyreforsøk har man funnet indikasjoner på at disse stoffene er kreftfremkallende. Når man griller er det en fordel å bruke elektrisk grill fremfor grillkull – man må hvertfall vente til kullene er blitt helt grå og unngå flammer på maten som grilles. Man bør ikke spise svartbrent mat.
- **Moderat temperaturmutagener** er påvist ved pannesteking og ovnssteking av kjøtt og fisk. Generelt sier man at man finner mutagenaktivitet i all hovedtyper proteinrik mat etter steking. Mutagene finnes bare i overflaten på næringsmidlet – den delen som har vært i kontakt med vaarmekilden. Stekesjyen inneholder like mye mutagener som stekeskorpen. Stekeosen/damp inneholder opp mot 10 % av samlet mutagenitet.



Figur 9.6: Dannelse av stekemutagener (Aune 2007,s 180)

Det viser seg at både steketid og steketemperatur er av betydning for dannelse av stekemutagener. Forskning har vist at mutagenutviklingen øker sterkt de første 10 minuttene man steker. Utviklingen av mutagener øker sterkt når temperaturen økes fra 150 grader til 300 grader celsius. Ved tilberedning i mikrobølgeovn får man minimal mutagenitet.

På bakgrunn av denne forskningen har det vært arrangert flere nordiske møter om stekemutagener de seinere år. For dem som ønsker å minske helserisiko i forbindelse med eksponering av stekemutagener har man kommet frem til følgende anbefalinger:

- Stek med forsiktighet, helst ved lav temperatur
- Fjern svartbrent skorpe
- Ikke bruk stekesjyen
- Unngå overdrevent bruk av hardt stekte eller grillede produkter.

Det har også vært diskutert om den forhøyede frekvens av enkelte kreftformer hos kokker stammer fra mutagener i stekeos. Det har så langt ikke kommet entydige resultater, men man anbefaler at kokkene ikke står rett over stekepanne og at man påser at avsuget i damphetta fungerer bra.

### **Anbefalt litteratur:**

Aune, T. (2007). *Næringsmiddeltoksikologi, Tilsetningsstoffer, miljøgifter og naturlige toksiner*. Kristiansand S: Høgskoleforlaget

Fødevarerdirektoratet. (2002). *Steging av kjøtt – myter fakta og nye metoder*. Søborg Danmark: Ministeriet for Fødevarer, Landbruk og Fiskeri.

Hannesson, K., m.fl. (2003) *Breakdown of large proteoglycans in bovine intramuscular connective tissue early post mortem*. Journal of Muscle Foods, Vol 14, pp 265 – 351.

Hemmer, E. (1997). *Kjøtteknologi*, Trondheim: Tapir forlag.

Hemmer, E., Askim, M., Karlsen, H., Lynnum, L., Nordeng, A. & Nybraaten, G. (2005): *Næringsmiddellære. Råstoff, produksjons- og ferdigvarekunnskap*. Oslo: Yrkeslitteratur

Hildrum, K m.fl. (2000). *Improving beef tenderness by restricting rigor mortis contraction*. 46<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology, Buenos Aires Argentina September 2000.

Hollung, K., m.fl (2005). *Virkningsmekanismer for elektrisk stimulering av storfekjøtt*. Ås: Nofima Mat.

KIFF. (1998) *Kjøttfagene, fra bås til bord*. Oslo: Yrkesopplæring ANS.

Pedersen, T. (2002). *Kemien bak gastronomien*. København: Nyt Nordisk Forlag Arnold Busk.

Rødbotten, R., *Hva påvirker mørhet*. Nofima informasjonsside.

<http://www.nofima.no/mat/artikkel/hva-paavirker-morhet> mars 2010.

Sørheim, O, m.fl. (2000) *Combined effects of aitch bone suspension and chilling rate on tenderness of beef muscles*. 46<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology, Buenos Aires Argentina September 2000.

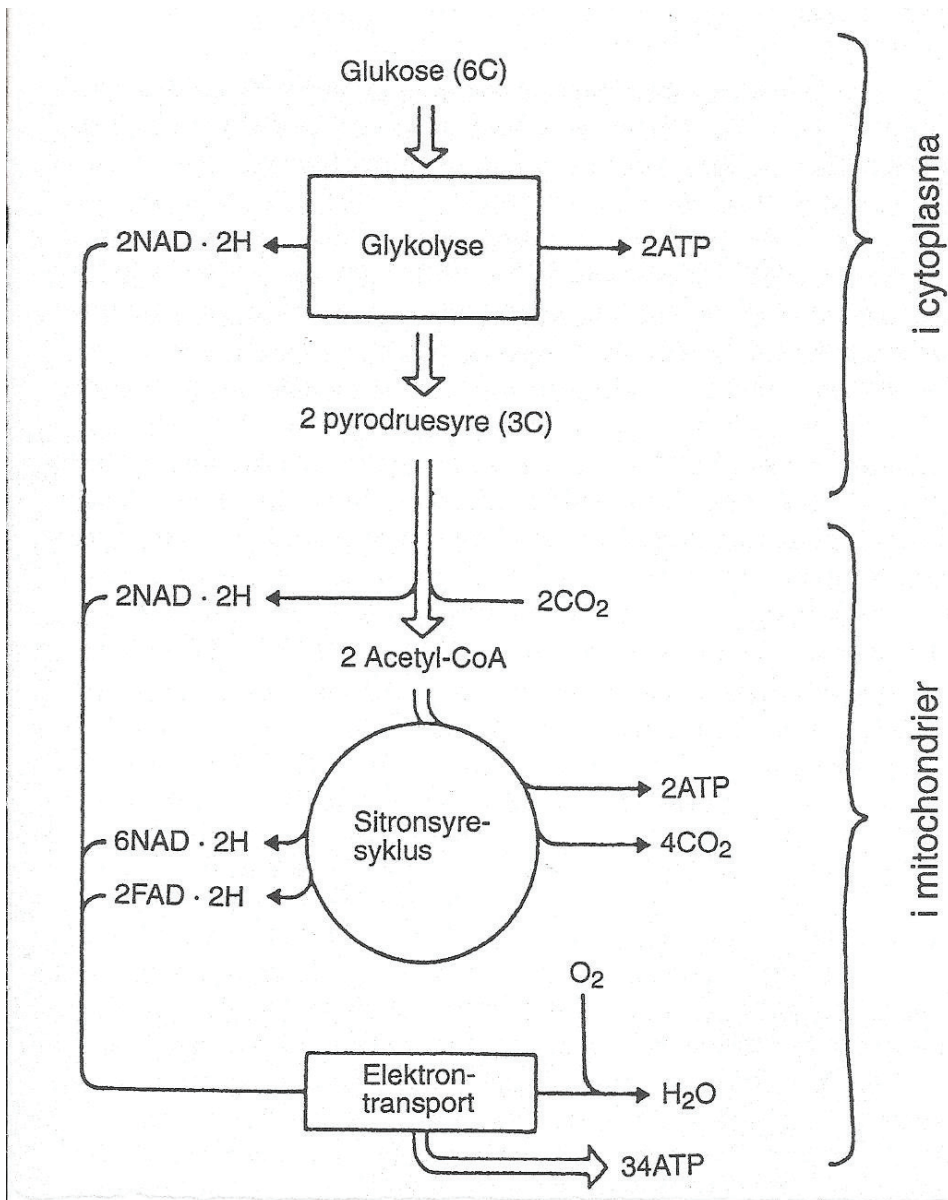
Sørheim O, m.fl. (2002). *Muscle stretching techniques for improving meat tenderness*. Trends in Food Science and Technology, Vol 13, pp 127 – 135.

## 10 Matteknologiske reaksjoner i fisk fra fangst til bord.

Med Norges lange kyst og tilgang til et av de meste fiskerike havområdene i verden har fisk tradisjonelt hatt en stor plass i den Norske kostholdet. Fisk er kilde til høykvalitetsprotein vitaminer og mineraler.

### 10.1 Autolyse – naturlig nedbryting av fiskemuskelen

I en levende fiskemuskel tilføres stadig oksygen gjennom blodgjennomstrømningen, dette brukes til oksidasjon av glykogen, i denne prosessen blir det frigjort energi i form av ATP (adenosintrifosfat).

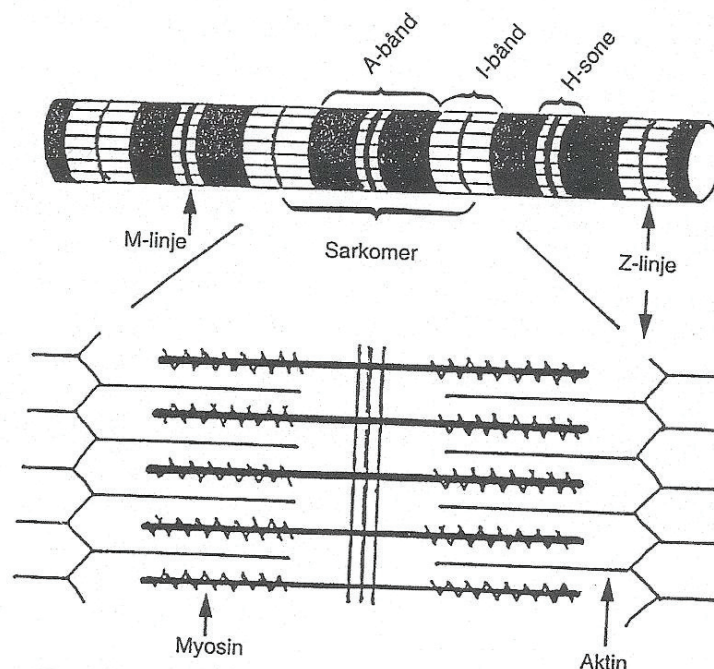




Figur 10.1: Energiomsetning i en levende muskel. Anaerob energiomsetning foregår i cytoplastma, mens aerob fortsetter i mitokondriene (Lynum 1997 s.75)

Ved et aerobt muskellarbeide dannes 34 ATP. Glykolysen fortsetter etter at fisken er avlivet men siden det nå ikke tilføres oksygen får vi en anaerob prosess. Nå dannes det kun 2 ATP pluss melkesyre som lagres i muskelcella, dette fører til en opphopning av syre og muskelens pH endres. De enzymer som styrer glykolysen inaktiveres ved en pH på ca. 5,5. Det er sjelden at pH i en fiskemuskel synker så lavt da glykogen normalt er oppbrukt før pH blir så lav. (Se også kap. om energiproduksjon i en levende kjøttmuskel)

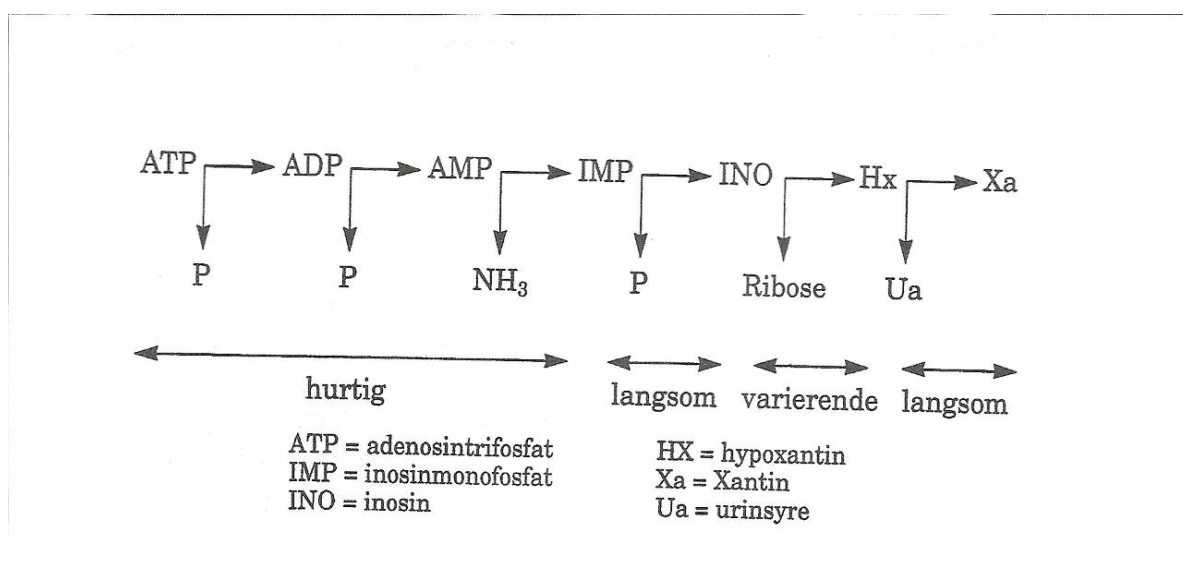
Dødsstivhet – rigor mortis, inntreffer hos alle virveldyr. Dette skjer når pH er kommet under en viss terskelverdi. Det skjer en sammentrekning av muskelfibrene aktin og myosin, og muskelfibrene låser seg i sammentrukket tilstand. Fisken blir nå stiv og uelastisk Etter hvert som rigor/dødsstivhet opphører vil fiskekjøttet bli mykt og elastisk. Dette kan vi se ved et fingertrykk. Dersom fisken fortsatt er i rigor vil fingertrykket ikke sette merke, men når dødsstivhet opphører vil fingertrykket sette merke og vi får en fordypning i fiskekjøttet.



Figur 10.2: Muskelfiberens oppbygning med aktin og myosinfibre (Lynum 1997 s79)

Faktorer som størrelse på fisken, aktivitetsnivå, vanntemperatur og stress har betydning for hvor lang tid det tar før fisken går inn i rigor og hvor lang tid den er i rigor. Stor og rolig fisk som f.eks flyndrefisker, brosme eller lange bruker lengre tid på å gå inn i rigor, mens f.eks torskefisker som er mindre og mer aktive går inn i dødsstivhet raskere. Dette fordi rolig fisk har større glykogenlager i sin muskelcelle, mens mer aktiv eller stresset fisk har mindre glykogenlager i muskelcella.

Ved videre nedbryting av ATP dannes IMP (inosinmonofosfat), dette er en smaksforsterker som fremhever både god og dårlig smak. Det dannes NH<sub>3</sub> som biprodukt i denne prosessen og dette som gir den ammoniakklignende lukt/smak som er tegn på at fisken er gammel. Hvis man nå klemmer eller trykker på fisken vil man kunne få en ”grøtaktig” illeluktenede masse av fiskekjøttet.



Figur10.3: Nedbrytingsprosessen frem til IMP skjer i løpet av ett døgn ved kjølelagring. IMP er en aromafosterker og virker både som smaksforsterker for god og dårlig smak. Nedbryting av INO merkes som tap av smak og lukt, mens økt konsentrasjon av HX merkes som bitter smak og minsker spisekvaliteten (Lynum 1997 s 97)

Det er utviklet en kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer, du finner denne hvis du går inn på lovdata med linken som ligger her.

<http://www.lovdata.no/for/sf/fi/xi-19960614-0667.html>

FORSKRIFT 1996-06-14 nr 667: Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer

Det er nå våren 2010 en ny kvalitetsforskrift for fisk ute til høring, det er forventet at denne vil trå i kraft i løpet av 2011.

I fiskecellens cytoplasma finnes det lysosomer, omtales også ofte som membranposer. Disse inneholder en rekke degraderings eller nedbrytningsenzymene. Disse enzymene gjør ingen skade så lenge membranen er inntakt. Etter at oksygenstrømmen opphører og pH endres i fiskemuskelen brytes membranen eller ”posene” og enzymene blir frigjort og nedbrytingen av fiskemuskelen starter.

I fiskens tarmkanal finnes det en mengde fordøyelsesenzymer. Etter avliving vil disse raskt diffundere over i fiskekjøttet dersom fisken ikke er sløyet forskriftsmessig. Det er derfor viktig at fisk raskt blir sløyet for å motvirke kvalitetsforringelse.

Tabell 10.4: Fiskeridirektoratet har utgitt et skjema kvalitetsbedømmelse av blant annet torskefisker.

Tall-karakter	Utseende	Lukt	Konsistens	Harskhet	Konklusjon
9	Glinsende farge som i levende live, på skinn, blod og snittflater m.v.	Sjøfrisk, karakteristisk for arten	Fast, elastisk til stiv	Ingen harskhet	Særs god
8	Ubetydelig tap av glans og farge. Ingen misfarge	Sjøfrisk til nøytral	Stiv og hard	Knapt merkbar harskhet (tvil)	Meget god
7	Noe redusert glans og farge. Knapt merkbar misfarge	Nøytral	Stiv men mindre hard	Spor av harskhet (ikke tvil)	God
6	Merkbart redusert glans og farge. Spor av misfarge	Såvidt merkbar fiskelukt. Svak, emmen. (TMA, NH <sub>3</sub> )	Bøyelig. Gir etter for fingeravtrykk uten å sette varig merke	Svakt harsk	Mindre god
5	Naturlig glans og farge tapt. Grå, matt og blass. Snittflater og blod m.v. misfarget	Godt merkbar fiskelukt. Emmen til svakt syrlig (TMA, NH <sub>3</sub> )	Noe bløt. Lett fingeravtrykk setter varig merke	Tydlig harsk	Dårlig
4	Gulsleipe (bakteriesleipe) til stede. Svak rosa kjøttfarge langs ryggbein	Meget sterk og avvikende fiskelukt. syrlig til sur (TMA, NH <sub>3</sub> )	Bløt, men kjøttet hefter til skinn og ryggbein ved fingerpress	Sterkt harsk	Dårlig
3	Kraftig, utbredt gulsleipe til stede. Rosa til rødt kjøttfarge langs ryggbein	Frastøtende, stikkende (TMA, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S)	Meget bløt. Kjøttet kan løses fra skinn og ryggbein ved fingerpress		Bedrevet
2	Skinn skrukket. Fisken deformert. Kjøttet rødfarget	Frastøtende, rått (TMA, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S)	Plastisk, deigaktig. Svak vevstruktur, fibre i ferd med å oppløses		Råtten
1	Skinn skrukket. Fisken formløs, oppløst i vevet	Indol, skatol	Flytende som suppe eller velling		Selv-oppløst

Harskning av fiskefett er kjemiske reaksjoner. Det er to hovedformer; den ene hydrolytisk eller enzymatisk harskning. Her bryter enzymet lipase ned triglyserider og vann til glyserol og frie fettsyrer.

Usløyd fet fisk vil raskt få et økende innhold a frie fettsyrer dersom lagringstemperaturen er for høy. Frie fettsyrer har en sterk og uappetittlig lukt. Den andre hovedformen er oksidativ harskning. De lange flereumettede fettsyrene brytes ned av en reaksjon produsert av frie radikaler og oksygen. På grunn av lengden og antallet dobbeltbindinger i fettsyrene hos fisk oksideres de lett. Dette påvirker smak, lukt farge og konsistens hos fisken.

Figur 10.5: Oversikt over de to harskningsprosesser.

Hydrolytisk: triglyserid + H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{\text{lipase}}$  glyserol + fettsyrer

Oksidativ: Umettede fettsyrer  $\rightarrow$  O<sub>2</sub> og frie radikaler  $\rightarrow$  illeluktende oksidasjonsprodukter.

## 10.2 Fangstmetoder og førstegangsbehandling av fisk

Den beste kvaliteten på råstoffet får man ved levendefanget ustresset fisk som raskt blir bløgget/sløyet om bord i båten. Det er store forbedringspotensialer om bord i fiskebåten. Klem, støt og slagskader ved fangst og behandling gir raskt kvalitetsforringelse. Fersk konsumfisk skal være levendefanget. Sjødød fisk – fisk som er død før den kommer om bord på båten kan kun brukes til produksjon.

I Norge er det lovbestemt at all fersk konsumfisk skal bløgges. Dette gjøres ved å kutte over blodårer der blodtrykket er høyest, dette er der hovedpulsåren går gjennom strupen. Fisken legges deretter i et vannbad til utblødning. Ved lav temperatur holder blodet seg flytende opptil en halv time etter avlivning. Bløgging er viktig for å tømme fisken for blod slik at man ikke får misfarging på fiskekjøttet. Blod er også et godt vekstmedium for mikroorganismer, så for å sikre en best mulig kvalitet er god utblødning viktig.

En annen lovbestemt plikt er å sløye de fleste fiskeslag. Dette gjøres vanligvis ved et langsgående snitt. Dette gjøres for å fjerne fiskens fordøyelsesenzymmer samt enzymer, bakterier og avfallstoffer i tarmen, som raskt vil ødelegge fiskeråstoffet dersom det diffunderer over i fiskemuskelen.

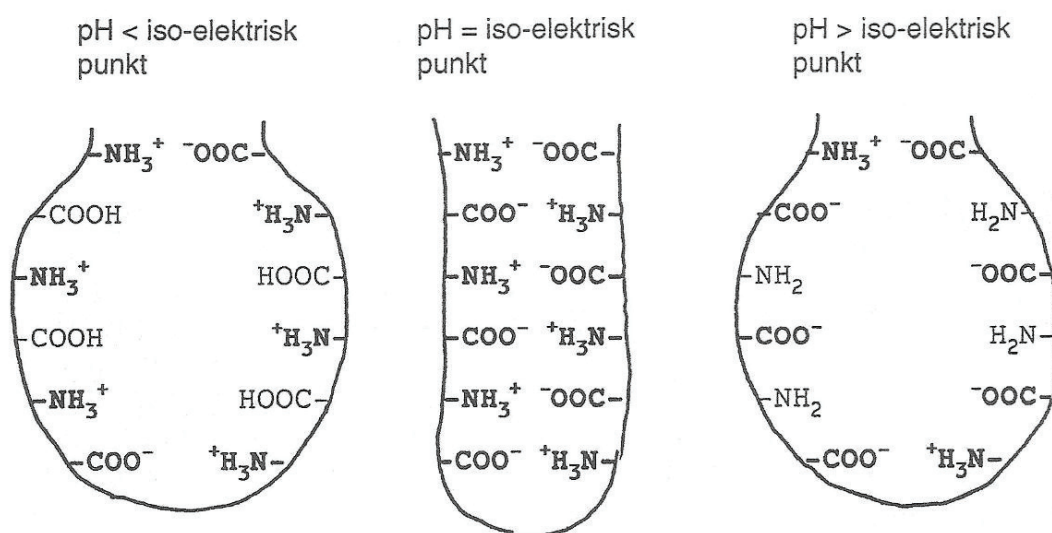
## 10.3 Vannbinding i fisk

Ved farseproduksjon utnytter vi fiskens vannbindingsevne. Dette er næringsmidlets evne til å holde på vann når det utsettes for en vannutskillende kraft som f. eks oppvarming. Vannbinding har betydning

for saftighet og smak på ferske varer, drypptap ved opptining av frosne varer og spesielt ved fremstilling av farsevarer til fiskemat.

Når saltvannsfisk fryselagres spaltes TMAO (trimetylaminoksid) til DMA (dimetylamin) og formaldehyd. Formaldehyd denaturerer muskelprotein slik at fryst og opptint fiskeråstoff får nedsatt vannbindingsevne. Dryppsvinn eller tinevann inneholder mye denaturerte proteiner. Dette kan i noe grad oppheves ved å blande inn Kvitlaks i råstoffet da TMAO fra kvitlaks ikke danner formaldehyd ved fryselagring. Ferskvannsfisk inneholder ikke TMAO, så her kan man bruke frosset råstoff med godt resultat.

Et sentralt begrep for å forstå hva som skjer er isoelektrisk punkt. Dette er et nøytralt punkt hvor det vil være likt antall positive og negative ladninger. Hos fisk er Isoelektrisk punkt ca pH 5,2 – 5,5 Her skjer det ingen frastøting – det er ikke plass til å binde vann, proteinfibrene har ikke plass til å svulle. Hvis man tilsetter syre – noe surt f.eks askorbinsyre vil isoelektrisk punkt bevege seg mot den sure siden og man får økt vannbindingsevne. Dette skjer fordi proteinfibrene ”åpner” sin struktur og får plass til å ta opp vann – svulle. Ved pH lavere enn det isoelektriske punkt har vi en pH på 3,5 – 4, og et overskudd av positive ladninger som frastøter hverandre. Den beste vannbindingsevne får vi ved pH over det isoelektriske punkt. Ved pH 7,5 – 9, på den basiske siden av pH skalaen. Dette oppnår vi ved å tilsette salt og/eller polyfosfater. Vi får her et overskudd av negative ladninger som skyver/støter proteinfibrene fra hverandre slik at disse sveller og vi får plass til å binde vann.



Figur10.6: Denne viser hvordan proteinstrukturen åpnes og gir plass til å binde vann ved forskjellig pH. (Lynum 1997 s116).

Vann bindes til proteinstrukturen ved hjelp av hydrogenbindinger. Dette er en forholdsvis svak binding som skyldes elektriske ladninger. Vann er en dipol, kan bindes seg til både negative og positive ladninger. Dette vil si at man får økt vannbinding både ved pH lavere enn det isoelektrisk punkt, f. eks en marinade eller ved pH over det isoelektriske punkt f. eks farse til fiskekaker.

Ved oppvarming svekkes vannbindingsevnen. Dette skyldes at proteinene begynner å denaturere allerede ved temperaturer rundt 25 - 30 grader. Den totale denaturering skjer ved temperaturer rundt 75 grader. Ved denaturering ”skrumper” – ”krøller” proteinkjedene seg sammen og det blir mindre plass til vann mellom dem. Foruten dette endres pH ved oppvarming slik at det blir færre ladninger hvor vann kan bindes. *(Se kapittel om proteiner)*

Man bruker stivelse i fiskemat for å binde vann under oppvarming – dette kalle også forklistring.

#### **10.4 Praktisk eksempel tilberedning av fiskefarse**

Ved tillaging av fiskefarse benytter vi oss gjerne av magre fiskeslag som har lange proteinfibre f.eks hyse eller lange til forskjell fra for eksempel torsk som har korte fibre.

Det er en fordel å bruke ferskt råstoff hvis man lager fiskemat fra saltvannsfisk. Hvis man skal lage fiskemat fra ferskvannsfisk tåler denne frysing bedre, så f. eks frossen Gjedde kan godt brukes til farseproduksjon. Hvis man skal lage fiskemat fra feite fiskesorter, f. eks laks eller makrell får disse en tekstur som er svampaktige og uelastiske, likner mer på kjøttfarse. Feite fisker som makrell og sild gir en karakteristisk kraftig smak på farsevarene.

Fisken males for å skaffe større overflate, slik at de kjemiske reaksjonene går hurtigere. I industrien bruker man ofte hurtighakke for å male/hakke råstoffet. Denne virker på samme måte som en matmølle, robot cupe eller food prosessor. En ulempe er at man raskt kan få varmgang. Man må passe mengden og tiden nøye.

Man tilsetter salt. Når malt fisk blandes – røres med salt endrer man pH mot den basiske siden, dette er får å få større vannbindingsevne. Man tilsetter så krydder og eventuelle tilsetningsstoffer. Krydder gir ingen kjemisk reaksjon. Tilsetningsstoffer som f. eks polyfosfater vil gi en ytterligere økt vannbinding gjennom at disse skaper ytterligere kjemiske ladninger mellom proteinfibrene. Bruken av tilsetningsstoffer i fiskemat er strengt regulert.

Man blander inn væske. Her er det viktig med kald væske eventuelt en blanding av væske og is. Dette er fordi man vil hindre varmgang i farsen og denaturering av proteinfibrene. Dersom temperaturen i farsen blir for høy og denaturering starter, vil man få en såkalt ”kort” fiskefarse hvor vannbindingsevnen blir lavere og fiskekakene får en kornete konsistens.

Til slutt tilsetter vi stivelse. Det skjer ingen kjemisk endring under farseproduksjonen, stivelse virker ved oppvarming hvor den binder vann gjennom forklistring. Dersom man tilsetter stivelse tidlig i farseproduksjonen vil man skape mer motstand og økt varmgang i farsen. Dette gir større mulighet for en kort farse enn hvis man tilsetter stivelse til slutt i produksjonen.

Ved oppvarming av fiskematen svekkes vannbindingsevnen på grunn av denaturering av proteinene. Her har stivelsen sin funksjon ved at denne binder vann gjennom forklistring.

## ***10. 5 Transport***

For å sikre best mulig kvalitet er en ubrutt kjølekjede svært viktig ved transport av fisk. Fiskeridirektoratet har utarbeidet regler for hvordan transport av fersk fisk skal foregå. Her tar man opp forhold som størrelse og materiale på transportkassene, ulike fiskeslag kan ikke blandes i kassene, hvor mye kassene kan fylles med fisk, innhold av is/vann. Dette er alle forhold for å hindre trykk/klemmeskader på fisken.

Det har vært tilsatt askorbinsyre i isen som brukes under transport. Dette vil føre til en endring av pH i fiskemuskelen og den naturlige nedbrytingen - autolysen stopper. Dette er ikke tillatt i Norge da det regnes som matsminke.

## ***10. 6 Koking/steking av fisk***

I Norge er koking av fisk som er i pre(før)rigor regnet som den ypperste kvalitet. Fisken vil da gå inn i dødsstivhet ved varmebehandlingen og denne vil ”krølle” seg i under koking. Vi får en såkalt ”krøllfisk” som blir regnet for å være den beste kvalitet. Laks, kveite og andre flyndrefisker lar man gjerne ligge noen dager for at man skal få frem den karakteristiske aroma som kommer frem under modning.



## **Anbefalt litteratur:**

Aune, Tore. (2007). *Næringsmiddel toksikologi, Tilsetningsstoffer, miljøgifter og naturlige toksiner*. Kristiansand S: Høgskoleforlaget.

Hemmer, E., Askim, M., Karlsen, H., Lynnum, L., Nordeng, A. & Nybraaten, G. (2005): *Næringsmiddellære. Råstoff, produksjons- og ferdigvarekunnskap*. Oslo: Yrkeslitteratur

Lynum, L., (1997). *Fisk som råstoff*. Trondheim: Tapir Forlag.

[WWW.lovdata.no](http://WWW.lovdata.no)

## 11 Hjelp- og tilsetningsstoffer

Hjelp- og tilsetningsstoffer er en gruppe ingredienser som er nøye kontrollert og regulert av myndighetene. Disse skal godkjennes før de tas i bruk i næringsmidler, det er detaljerte bruksbetingelser og de er underlagt internasjonale merkekrav. Det sentrale ved bruken av hjelp- og tilsetningsstoffer er at de tilsettes for å oppfylle et bestemt teknologisk behov. Behovet kan defineres som; under produksjon, pakking, transport, lagring og frambud. Disse stoffene skal ha effekt på eller i næringsmidlet, men skal ikke ha negative virkninger på forbruker.

I forskriften for tilsetningsstoffer er det fire hovedgrupper; disse er:

Konserveringsmidler og antioksidanter

Fargestoffer

Søtstoffer

Diverse

Hovedgruppene betegner den funksjon stoffene har i maten. Det er mer spesifikke undergrupper til hver av hovedgruppene, som betegner virkningene i mat enda grundigere.

Tidligere inngikk også aromastoffer som en undergruppe til tilsetningsstoffer, disse er nå tatt ut og er regulert i en egen forskrift.

I Norge er hjelp- og tilsetningsstoffer regulert i en positivliste. Dette betyr at det er listet opp bruksområde for det enkelte stoff. Dette innebærer at enhver annen bruk enn det som er listet opp i positivlista er forbudt.

### 11.1 Merking av hjelp- og tilsetningsstoffer

Et felles verdensomspennende merkesystem brukes i de fleste land. Her kreves det at bruk av tilsetningsstoffer skal merkes på matvarens emballasje. Norge har en noe strengere forskrift. Her forlanges det at også uemballerte næringsmidler skal merkes. Dette vil for eksempel si at Norske forbrukere kan be om deklarasjon av vannet i springen som kommer fra det kommunale vannverk.

For å unngå bruk av lange og ofte svært kompliserte navn på varedeklarasjonen er det utviklet et merkesystem. Her har det enkelte stoff en kode som begynner med "E" og et nummer. Bokstaven E har sin opprinnelse i at dette er et merkesystem utviklet av EU. Ved deklarasjon på næringsmidlet

emballasje kan man velge å bruke kode og funksjonen til hjelpe- og tilsetningsstoffet, eller navn på stoffet og funksjonen; for eksempel E300 antioksidant eller Askorbinsyre, antioksidant.

Undersøkelser har vist at mange forbrukere tror at jo høyere nummeret bak E-en er jo farligere er stoffet. Dette er selvfølgelig ikke riktig fordi numrene er strukturerte i forhold til gruppeinndelingen.

Struktureringen er som følger:

E100 Fargestoffer

E200 Konserveringsmidler

E300 Antioksidanter

E400 Konsistensmidler

E500 – E949 Diverse stoffer

E950 Søtningsstoffer

E999 – E1520 Diverse stoffer

Det har i flere år vært distribuert lister over såkalte helsefarlige tilsetningsstoffer over hele Europa. Disse listene påstås å være utviklet av blant annet et fransk forskningsinstitutt. Det er ingen seriøs institusjon som står bak disse listene, og denne mangler enhver faglig basis. Det fremkommer en mengde påstander som for eksempel at sitronsyre er kreftfremkallende. Dette er en naturlig organisk syre som finnes og skal finnes i alle kroppens celler. Dette stoffet er ikke forbundet med noen generell helserisiko brukt som tilsetningsstoff, en liten del av befolkningen har allergireaksjoner mot organiske syrer, frukt og bær.

Forskning viser at de fleste tilsetningsstoff ikke representerer noen helserisiko for forbrukeren. Noen få som har en kraftig biologisk effekt kan representere en viss risiko dersom de brukes i for høye konsentrasjoner for eksempel nitritt og sulfitt. Det kan også stilles spørsmålsteget ved det betydelig antall fargestoffer som brukes internasjonalt / i EU, og som vi i Norge har vært tvunget til å gjeninnføre. Vi vil komme tilbake til disse stoffene senere i kapitlet.

## ***11.2 Vurdering av grenser og humane overfølsomhetsreaksjoner***

Det sentrale i godkjenningprosessen av tilsetningsstoffer er risikoanalyse av kjemiske stoffer. Denne er en trinnvis prosess:

Fareidentifisering er definert som identifisering av en risikokilde (kjemisk, biologisk eller fysisk) som kan ha helseskadelig effekt..

Farekarakterisering er en kvantitativ evaluering av de skadelige helseeffekter som mennesker er utsatt for i sammenheng med eksponering av risikokilden i næringsmidlet.

Eksponeringsvurdering er en kvalitativ eller kvantitativ evaluering av sannsynlig inntak av stoffet via næringsmidlet så vel som inntak fra andre kilder.

Risikokarakterisering er en kvantitativ beregning av potensielt skadelige effekter av stoffet i en populasjon.

Alle tilsetningsstoffer gjennomgår denne type analyse før de blir godkjente for bruk i næringsmidler. Foruten dette vil stoffene gjennomgå en ny vurdering dersom det foreligger ny forskning på området som tilsier at nye grenser for bruk av tilsetningsstoffet bør vurderes.

### **Internasjonale/Nasjonale retningslinjer – institusjoner som overvåker bruk**

Arbeidet med toksikologisk vurdering av tilsetningsstoffer og kontaminanter i mat bygger på viktig internasjonalt samarbeid. Innen FN er det FAO/WHO som har ekspertkomiteer innen området. Innen EU er det en vitenskapelige komiteer på næringsmiddelsikkerhet. I Norge er det Mattilsynet som følger opp forskriften om tilsetningsstoffer i næringsmidler.

### **ADI – akseptabelt daglig inntak**

På bakgrunn av risikoanalyse og ekspertkomiteenes vurdering av de enkelte stoffer blir det beregnet en ADI for det enkelte stoffet. Dette tallet sier hvor mange mg av tilsetningsstoff/pr. kg. kroppsvekt mennesket kan eksponeres for.

Formelen som brukes er:

$$\frac{\text{Nulleffektsdose}}{\text{Sikkerhetsfaktor } 100} = \text{ADI mg/kg kroppsvekt}$$

Nulleffektsdose er kommet frem gjennom dyreforsøk, sikkerhetsfaktoren er usikkerhet om overføring av data fra dyr til mennesker samt individuelle ulikheter hos mennesker. På denne måte kommer man frem til ADI. Dette er en verdi som kan endres dersom det kommer nye opplysninger. For eksempel ble ADI for søtningstoffet aspartam – hovedingrediens i nutrasweet som brukes i søtning av blant annet Light brus satt ned fordi forbruket hadde gått betraktelig opp, og man måtte dermed regulere grensene for bruk.

## **Overfølsomhetsreaksjoner**

Dette kan defineres som symptomer som opptrer hos visse personer når de kommer i kontakt med bestemte stoffer. Samlebegrepet overfølsomhet dekker flere reaksjonsmekanismer, men symptomene er sammenfallende:

Hudforandringer slik som elveblest, kløe, rødme, oppsvelling, utslett eller eksem.

Irriterte slimhinner som rennende øyne, høysnue, astmaanfall og diaré.

Muskereaksjoner som kramper og smerter med mer.

Væskeutskillelse fra blodkar slik som blodtrykksfall eller sjokk.

Generelle ubehagsreaksjoner som kvalme og hodepine med videre.

Overfølsomhetsreaksjoner deles inn i to etter virkningsmekanismen allergi og inntoleranse.

**Allergi** karakteriseres ved at det er immunapparatet som starter en reaksjon i kroppen. Det er makrofager, lymfocytter og antistoffer som nøytraliserer antigenet – stoffet som har startet den allergiske reaksjonen. Allergi vil bestandig starte når man blir eksponert for stoffet uansett mengde.

**Intoleranse** reaksjoner har stort sett de samme symptomer som allergi, men kan ha andre årsaker. Her er det ikke immunapparatet som skaper reaksjon men det kan være enzymatisk reaksjon for eksempel mangel på enzymet laktase som spalter laktose i tarmen, symptomer er diaré, gassdannelse, magesmerter og kramper.

Irritasjonseffekter slik som halsbrann som kan utløses av ulike krydder

Ukjente årsaker, i svært mange tilfeller kjenner man ikke til årsaksammenhengen mellom matinntak og intoleransereaksjoner.

Det har de senere år vært spekulert i om hyperaktivitet hos barn har sammenheng med overfølsomhetsreaksjoner enten til næringsmidler – ofte satt i sammenheng med sukker eller tilsetningsstoffer ofte i sammenheng med fargestoff. Det er ingen enighet innen det vitenskaplige miljøet om noen slik sammenheng.

Det er en kjensgjerning at en betydelig del av befolkningen lider av overfølsomhetsreaksjoner, og det virker som om andelen er sterkt økende. Typiske eksempel på denne type reaksjoner er:

Kumelk-/ melkeproteinallergi

Kumelk og laktoseintoleranse

Cøliaki

Nøtter

Fisk og skalldyr

Egg

Soyaallergi

Organiske syrer, frukt bær og grønnsaker

Erteplanter.

I befolkningen er det en utbredt oppfatning at tilsetningsstoffene er årsak til en betydelig andel av overfølsomhetsreaksjonene. Vitenskaplige studier viser det motsatte. Det er riktignok noen få tilsetningsstoffer som utløser overfølsomhetsreaksjoner, men da er stoffet ofte identisk med et stoff som gir næringsmiddelallergi eller intoleranse. Eksempel på slike stoff er:

Konsistensgivere som johannesbrødmel eller guarkjernemel som er utvunnet fra erteplanter

Fargestoffer – de naturlig forekommende fargestoffene karmin og annattoekstrakt er utvunnet fra insekter kan gi histaminreaksjoner hos allergikere.

Syntetiske fargestoff kan gi intoleransereaksjoner spesielt de sterkt røde, oransje og grønne farger.

Konserveringsmidlene benzosyre, sorbinsyre og sulfitt kan være med på å utløse astmaanfall

Syntetiske antioksidanter har man rapportert intoleransereaksjoner hos kroniske urtikaria pasienter.

I den reviderte norske forskriften om merking av næringsmidler skal man merke/deklare alle næringsmidler hvor det er kjente ingredienser med allergener. Dette er bygget på prinsippet om at alle forbrukere skal ha rett til og tilgang til trygg mat.

### ***11.3 Konserveringsmidler og antioksidanter***

For ca 10.000 år siden begynte menneskene å lagre matvarer og de første konserveringsmetoder oppstod. Dette var svært enkle metoder i form av stabling – lagring mot dyr og fiender. De første egentlige konserveringemetoder var salting og tørking. Fisk og kjøtt ble hovedsakelig saltet og brød som man bakte 2 – 3 ganger om året ble tørket for å forlenge holdbarheten.

Fremover i tid ble spekteret at konserveringsmetoder betydelig videreutviklet med metoder som alkohol, røyking, svovel og syrer som eddiksyre og melkesyre. De siste 50 – 100 år har man i industrien ikke bare vært opptatt av å hindre bederelse av maten, men også arbeidet for å beholde ernæringsverdi og smak med videre.

#### **Konserveringsmidler**

Konserveringsmidlenes oppgave er å hemme vekst og metabolisme av mikroorganismer (bakterier, sopp og muggsopp).

Hovedeffekten på mikroorganismene er:

1. Virkninger på cellevegg/cellemembran
2. Virkninger på enzymaktivitet

Ofte kombinerer man kjemisk konservering med fysikalske faktorer slik som konservering og varmebehandling som gir redusert behov for konserveringsmidler eller konservering og kjøling som også gir redusert behov for konserveringsmidler.

Konserveringsmidler er i henhold til forskriften tillatt brukt i lett bederlige matvarer disse har vanligvis en pH høyere enn 4,5 samtidig som vannaktiviteten ( $a_w$ ) er høyere enn 0,90. Dersom enten pH eller vannaktivitet ligger under disse grensene regnes produktet som betraktelig mer holdbart og produktet regnes ikke som et lett bederlig næringsmiddel og følgelig kan man ikke bruke konserveringsmidler i dette produktet.

Det er strenge krav om merking av ferdigpakkede lett bederlige næringsmidler. Pakkedato, holdbarhetsdato og lagringsmetode skal komme frem på etiketten. Forskriften sier også at når holdbarhetsdatoen er utgått for lett bederlige matvarer skal varen straks fjernes fra salgslokalet. Varen kan ikke ompakkes eller selges til en lavere pris.

Et av de konserveringsmidler som har vært mest diskutert i media er nitrat og nitritt. Nitrat kjenner vi for eksempel fra salpeter som brukes til å salte både kjøtt og fisk. Dette har en god konserverende effekt på anaerobe bakterier slik som Clostridium Botulinum, mens for aerobe bakterie kan dette virke som nitrogenkilde i metabolismen. Nitrat omdannes i kroppen til nitritt. Nitritt E249/250 brukes i kjøttindustrien sammen med koksalt for å endre vannaktiviteten i farsevarer. Forsøk har vist at nitritt binder seg til hemoglobin molekylet og hinder O<sub>2</sub> binding, nedsetter dermed oksygentransporten i blodet. Dette er årsaken til at nitrat/nitritt verdiene er blitt betraktelig minsket i de senere forskrifter og dette ser vi ved at for eksempel salamipølsa er mindre rød enn tidligere.

EU's ekspert komité har uttalt at det er en direkte sammenheng mellom mengde nitritt tilsatt i kjøttvarer og dannelse av de kreftfremkallende nitrosaminer i nitrittbehandlet kjøtt. Det er derfor kun tillatt å bruke nitritt i minste mengde som er nødvendig for å oppnå beskyttelse mot botulisme.

Det er imidlertid viktig å kjenne til at eksponering av nitritt kommer fra mange andre kilder enn kjøttvarer hvor det er brukt som tilsetningsstoff. Som eksempel kan nevnes alle grønne grønnsaker, økologiske grønnsaker, drikkevann med videre.

## **Antioksidanter**

Dette er stoffer som skal hindre at oksidasjonsprosesser ødelegger næringsmidlene. Disse stoffene brukes vanligvis i juice, saft, øl og vin, samt i en rekke fettholdige matvarer for å forhindre enzymatisk eller oksidativ harskning.

Antioksidanter kan både forekomme naturlig i matvarer eller være tilsatt. Vitamin E, betakaroten og vitamin C er viktige antioksidanter i kostholdet.

I kroppen forhindrer antioksidanter frie radikaler å gjøre skade på cellene våre. Når kroppen forbrenner oksygen produserer den frie oksygenradikaler som biprodukter – såkalte frie radikaler. Blir det for mye frie radikaler kan disse gjøre skade på kroppens celler, proteiner og arvestoff. Dette kalles oksidativt stress.

Antioksidantene er kroppens eget forsvar mot de frie radikaler og utgjøres blant annet av kroppens enzymsystemer. Kroppen produserer selv antioksidanter, men man vet enda ikke om det hjelper på helsa å tilføre antioksidanter via kostholdet.

Enkelte forskere tror at det kan være sunt å spise matvarer med mye antioksidanter. I dyreforsøk har man for eksempel vist at et antioksidantrikt kosthold kan ha gunstige effekter på sykdommer som er relatert til oksidativt stress. Dette er sykdommer som kreftformer i svelg og lunge, aterosklerose og øyensykdommer som grå stær og degenerativ øyensykdom. Det er også holdepunkter for at antioksidanter kan gi en delvis beskyttelse mot nevrologiske degenerative tilstander og reumatiske betennelser.

## **11.4 Fargestoffer**

Bruk av fargestoffer har en mer enn 2000 årig historie. Farging av vin er beskrevet tilbake til rundt år 0. På 1800 tallet økte bruken av farger i matvarer kraftig, spesielt skapte en ukritisk bruk av mineralfarger store problemer. Ost kunne være farget med kvikksølvulfid og blymønje, dette bekom ikke konsumentene vel. Gamle og brukte teblader kunne bli farget med kobberarsenikk, blykromat og indigo for å se ferske/og ubrukte ut. Dette var direkte dødelig. Situasjonen er betydelig forbedret i den seinere tid, men det kan være ulik syn på bruken av fargestoffer, og hvilke fargestoffer som benyttes i næringsmidler.



Norge innførte strenge regler for bruken av fargestoffer på 1970 tallet, med blant annet forbud mot syntetiske fargestoffer. I forbindelse med harmoniseringsprosessen med EU/EØS prosessen ble de syntetiske fargestoffene gjeninnført på det Norske markedet i 2001.

Fargestoffene klassifiseres vanligvis etter deres opprinnelse:

Naturlig forekommende farger, disse ekstraheres vanligvis fra vegetabiliske eller animalske produkter. Naturidentiske farger. Dette er en gruppe fargestoffer som er naturlig forekommende men som kan fremstilles syntetisk. Dette vil si at fargene fremstilles syntetisk med samme kjemiske formel som de har i naturen.

Syntetiske farger. Disse fargestoffene finnes ikke i naturlig form, men fremstilles ved kjemiske prosesser.

Semisyntetiske farger. Disse stoffene lages ved en kjemisk prosess hvor man modifierer naturlige farger. Dette vil si at man har endret den kjemiske formel i forhold til fargenes opprinnelse i naturen.

Andre inndelinger systematiserer fargestoffene ut fra deres kjemiske formel eller etter deres farge.

Forskning har vist at de sterke fargene har en tendens til å gi overfølsomhetsreaksjoner hos personer med disposisjon for allergier. Dette har medført at mange personer får uønskede ubehagsreaksjoner. Det har vært mange og store diskusjoner i det vitenskapelige miljøet, men så langt er det ikke kommet begrensninger i bruken av fargestoff.

## **11. 5 Søtningsstoffer**

Dette er stoffer som gir næringsmidlet søt smak. Det finnes to hovedkategorier innen denne klassen.

**Svakt søtende stoffer** er den første gruppen. Dette er stoffer som har omtrent samme søtningsgrad som sukker. I denne gruppen inngår alle sukkeralkoholene (sorbitol, xylitol, isomalt, mannitol, laktitol og maltitol). Disse stoffene inneholder også omtrent like mye energi som sukker. Fordelen med denne gruppen er at bakteriene i munnhulen ikke kan bryte ned disse stoffene slik at de er mer tannvennlige.

Det er registrert at stort inntak av disse stoffene kan virke lakserende - avførende. Derfor skal produkter som inneholder mer enn 10 % sukkeralkoholer merkes med at de kan virke avførende ved høyt inntak.

**Sterkt søtende stoffer** er en gruppe stoffer som søter 30 – 3000 ganger mer enn sukker. De gir nesten ikke energi, eller brukes i så små mengder at de ikke tilfører produktet energi av betydning. Det er vanlig å bruke flere stoffer i kombinasjon for å gi en god smak på næringsmidlene.

Eksempler på intense søtstoffer:

Acesulfam K søter 130 – 200 ganger i forhold til sukker

Aspartam søter 200 ganger i forhold til sukker

Cyklamat søter 25 – 30 ganger i forhold til sukker

Sakkarin søter 300 ganger i forhold til sukker

Sukralose søter 600 ganger i forhold til sukker

Taumatococcus søter 2000 - 3000 ganger i forhold til sukker

Neohesperidin Dc søter 1000 – 1800 ganger i forhold til sukker.

De er få helsemessige bekymringer knyttet til de sterkt søtende stoffer. Det stoffet som har vært mest oppe til diskusjon er Aspartam. Dette fordi at aspartam består av de to aminosyrene asparaginsyre og fenylalanin. For personer med Føllings sykdom er det nødvendig å føre nøye kontroll med inntaket av fenylalanin. Det har tidligere blitt rapportert en sammenheng mellom Cyklammat og forekomst av blærekreft, dette er senere tilbakevist, men det har vist seg at cykalmat kan være en promotor for andre stoffer som induserer denne kreftformen.

## ***11.6 Diverse tilsetningsstoffer***

Dette er en stor og uoversiktlig gruppe tilsetningsstoffer. Enkelte stoffer har en bestemt effekt i næringsmidlet, mens andre har ulike teknologiske funksjoner avhengig av type næringsmiddel. Det er også stoffer som fungerer i henhold til produksjonsmåte som temperatur og pH. Det er produsenten som avgjør hovedhensikten med stoffet og merker matvaren i henhold til dette.

### **Konsistensgivende midler**

Dette er en stor og heterogen gruppe som består av mer enn 80 stoffer. Disse blir ofte omtalt som: fortykningsmidler, gjør sausen tykk. Disse stoffene fungerer som gelateringsmidler ved at de binder væske og dermed gjør maten mer tyktflytende.

emulgatorer, tillater blandinger av fett og vannfase. Tillater å blande stoffer med ulik løselighet som vann i fett (margarin) eller fett i vann (majones)

stabilisatorer, geleringsmidler, gjør syltetøy tyktflytende samt puddinger og geleer faste. Disse kan stabilisere næringsmidler på ulik måte, for eksempel ved å hindre bunnfelling av syltetøy eller at

produkter skiller seg for eksempel puddinger og geler. I Norge er det vanlig å bruke mindre sukker enn i andre land i Europa. Derfor brukes pektin (E440) for at ikke syltetøyet skal bli rennende.

Konsistensbevarere, holder brødet mykt. Dette gjøres ved at fuktighet bindes slik at brødet ikke blir tørt.

Mulighetene for at forbrukeren kan villedes ved bruk av disse stoffene er mange. Konsistensgivende midler kan medvirke til at forbruker ikke får den kvalitet på varen som forventes.

Ketchup inneholder lite tomater

Iskrem inneholder for mye luft

Kjøttfarsen kan inneholde for mye vann (Polyfosfater muliggjør innblanding av vann)

Kjøttfarsen kan inneholde for mye stivelse.

### **Fuktighetsbevarer**

Dette er stoffer som beskytter maten mot uttørring. Det vil si at det er stoffer som binder fuktighet – vann i næringsmidlet slik at det holder seg ”ferskt” lenger.

### **Fyllemidler**

Disse stoffene brukes til å gi fylde uten å øke energiinnholdet i næringsmidlet. Disse brukes ofte sammen med intensive søtstoffer for å forenkle doseringen.

### **Modifiserte stivelser**

Denne gruppen matvarer brukes i næringsmidlene for at de skal kunne tåle temperaturendringer uten å miste evnen til å binde vann. Eksempler på denne gruppen er stoffer brukt i farseprodukter av fisk eller kjøtt for å hindre vannutrenning og at fiske- eller kjøttkaka blir ”kort”.

### **Antiklumpe midler**

Dette er en gruppe stoffer som hovedsakelig brukes i saus og suppeposer samt i ulike melblandinger. Disse stoffene begrenser pulverprodukters tendens til å klumpe seg sammen.

### **Drivgasser**

Dette er stoffer i gassform som brukes til å presse næringsmidler ut av beholdere. For eksempel brukes dinitrogenoksid (E942) til å spraye ut krem ut fra en sprayflaske.

### **Hevemidler**

Dette er stoffer som brukes i bakeindustrien. Disse stoffene vil ved oppvarming avgi CO<sub>2</sub> som virker hevende på næringsmidlet. Hevemidler er for eksempel natriumhydrogenkarbonat (E500) bedre kjent som natron eller ammoniumhydrogenkarbonat (E503) bedre kjent som hjortetakksalt.

### **Melbehandlings midler**

Dette er stoffer som brukes for å forbedre melets bakeegenskaper. For eksempel bruke vitamin C – askorbinsyre i mel.

### **Overflatebehandlingsmidler**

Dette er en gruppe stoffer som brukes i noen typer næringsmidler til å oppnå blank overflate. For eksempel brukes parafinolje og parafinvoks til drops og pastiller for å gi en skinnende overflate. Alginater kan brukes for å forhindre klebing eller celluloseestere og kan brukes i brødindustrien for glansing av overflaten.

### **Skumdempende midler**

De skumdempende midlene brukes for å begrense eller forhindre skumming. Disse brukes blant annet i forsyning av drikkevann.

### **Smaksforsterkere**

Smaksforsterkere en gruppe som brukes mye i krydderblandinger, marinader og farsevarer. Disse stoffene forsterker matens egen smak eller aroma. Mange av disse stoffene er krydder. Et eksempel er monosodiumglutamat (E621) også kalt MSG. I store mengder kan dette stoffet gi en intoleransereaksjon, denne reaksjonen kalles også ofte Kinamatsyndromet, fordi den først ble kjent ved innføring av Kinarestauranter i den vestlige verden. Reaksjonen karakteriseres ved kaldsvette og hjertebank. Den vil gå over etter en tid, men er en ubehagelig opplevelse.

### **Smeltesalt**

Smeltesalt brukes i meieriindustrien for å holde smelteoster smørbare. Dette gjøres ved å binde fett og fordele vann.

### **Surhetsregulerende midler**

Dette er stoffer som brukes til å endre eller regulere matens surhetsgrad eller alkaliet – pH regulering. Et eksempel fra denne gruppen er melkesyre (E270). Ofte beskrives stoffer i denne gruppen som buffere – stoffer som forsøker å stabilisere matens pH verdi.

## 11.7 Oppsummering

I dagens moderne samfunn er tilsetningsstoffer trolig en nødvendighet for å sikre matproduksjon og distribusjon. Dersom stoffene er brukt i tråd med myndighetenes retningslinjer er ingen enighet innen det vitenskapelige miljøet om sammenheng mellom sykdommer og bruk av tilsetningsstoffer.

### **Anbefalt litteratur:**

Aune, Tore. (2007). *Næringsmiddeltoksikologi, Tilsetningsstoffer, miljøgifter og naturlige toksiner*. Kristiansand S: Høgskoleforlaget 2007.

Forskrift om tilsetningsstoffer til næringsmidler.

Dato: 21.12.1993 nr. 1378

Sist endret: 25.05.2010 nr. 714

Tilsetningsstofforskriften med vedlegg (positivlisten)

Forfatter: Mattilsynet

Publisert: 01.03.2004 Sist oppdatert: 02.05.2006