

Salt og salttransport.

Av: Ivar Storrø, SINTEF Fiskeri og havbruk og Kjell D. Josefsen, SINTEF Materialer og kjemi.



Ivar Storrø

Utdannet ved NTH, Institutt for teknisk biokjemi. Dr grad ved samme institutt hvor han jobbet med bakterielle forhold under konservering av pelagisk fisk. To års opphold som post doc ved Washington State University hvor han studerte bakteriell CO₂ fiksering. Jobbet siden med fermentering og problemer relatert til næringsmiddelindustrien i SINTEF Kjemi i 15 år før han ble ansatt i Mills DA. I Mills Da jobbet han som forskningssjef i 5 år med ansvar for nye prosesser før han begynte ved SINTEF Fiskeri og havbruk. I Sintef Fiskeri og havbruk har han hovedsakelig jobbet med lipider og og spesielt lipidstabilisering og lipidteknologi. Han er i dag forskningsleder ved gruppen for Prosessteknologi.

Salt (natrium klorid) er den vanligste ingrediensen som tilsettes mat. I Norge benytter næringsmiddelindustrien 40 tonn salt per dag. Det er flere årsaker til at salt er blitt en populær ingrediens. Salt benyttes for å forlenge den mikrobiologiske holdbarheten til produktene, salt påvirker konsistensen, salt er en smaksforsterker og salt er en billig ingrediens.

Inntaket av natriumklorid (salt) er høyt i den norske befolkning. Det er antatt at inntaket av salt ligger på ca 12 g/dag, mens vårt saltbehov per dag lett kan dekkes med ca 3,8 g. Da for høyt inntak av natrium er knyttet til forhøyet blodtrykk og hjerte-karsykdommer, har norske ernæringsmyndigheter satt som mål at den norske befolkningen skal redusere saltinntaket til 5-6 g/dag. Dette er på linje med øvrige europeiske ernæringsmyndigheter. Det vil si at den norske befolkningen må redusere sitt saltinntak med 50 %.

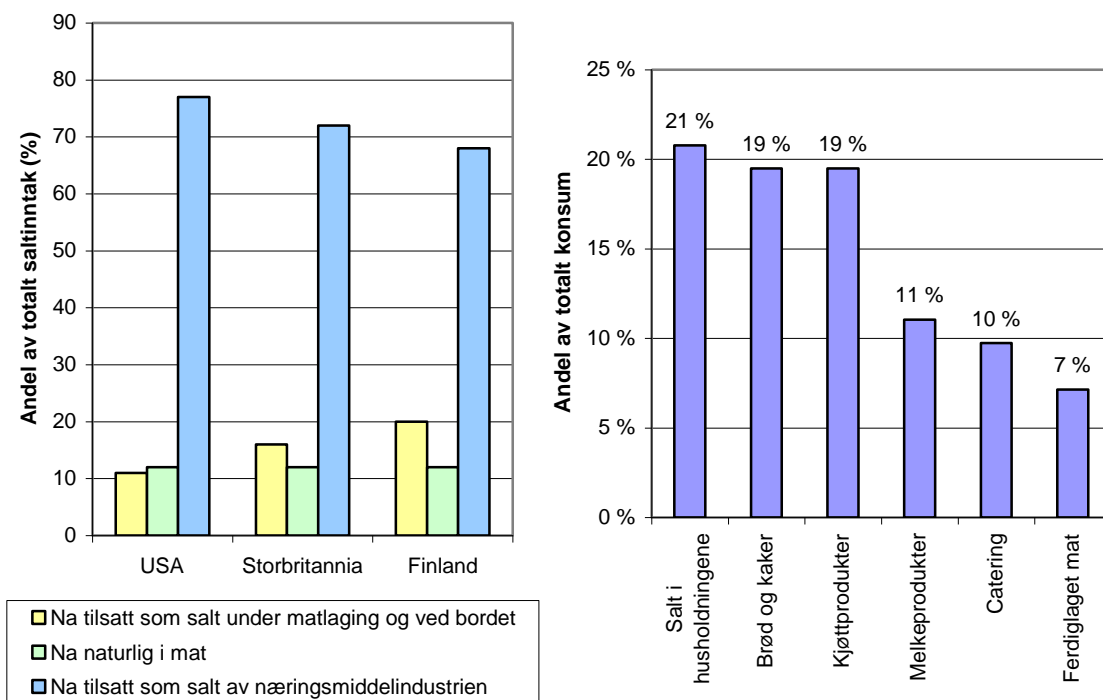
Vårt saltinntak er dominert av salt i ”industrimat”. Ferdigprosessert mat bidrar med 70-80 % av vårt saltinntak. I selve råvaren ligger rundt 10 %, mens 10-20 % tilsettes i husholdningene, noe avhengig av mattradisjoner i ulike land (se figur1). For å nå ernæringsmyndighetenes krav om 50 % reduksjon i saltinntaket, ligger det et stort press på næringsmiddelindustrien som må redusere sitt saltforbruk betydelig.

Det er stor variasjon i saltinnholdet i ulike produkter som vist i tabell 1.

Tabell 1: Innhold av natrium i ulike produkter. Natrium klorid inneholder 40 % natrium. (referanse: Matvaretabellen [1])

Matvare	Natrium (g/100 g vare)	NaCl (g/100g vare)
Birkebeiner brød	0,36	0,90
Corn flakes	0,84	2,10
Gudbrandsdalsost	0,29	0,73
Norvegia	0,51	1,28
Jarlsberg	0,50	1,25
Ridderost	0,64	1,60
Smør	0,60	1,50
Stabburspølse	1,92	4,80
Spekeskinke	3,56	8,90
Fiskeboller	0,57	1,43
Kaviar (torsk)	2,45	6,12

I kategorien melkeprodukter, er det sannsynlig at ost står for en stor del av saltinntaket (figur 1) I USA sent på 80-tallet sto ost for 10 % av saltinntaket.

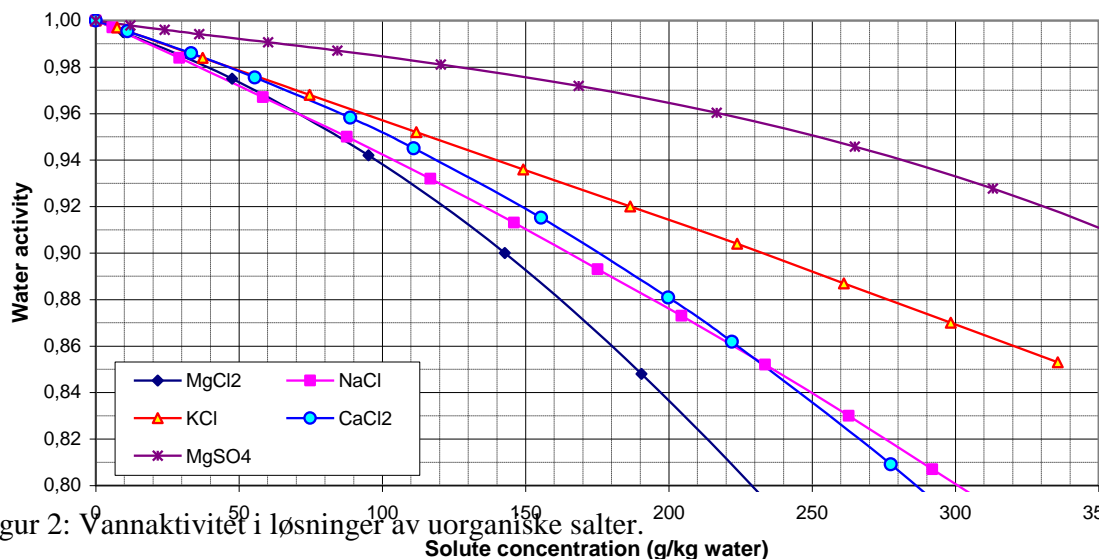


Figur 1: Fordeling av saltinntak i vanlig kosthold i USA (sent på 80-tallet), Storbritannia (rundt århundreskiftet) og Finland (1997-99), samt hovedkilder for saltinntak i finsk kosthold [2-4].

Helsemyndighetene i de fleste europeiske land har fokus på befolkningens saltinntak. Et av de landene som er kommet lengst er Finland som har klart å redusere saltinntaket fra 13 til 8 g/dag. Dette har de gjort ved en tett dialog med næringsmiddelindustrien, men det har tatt 30 år for å få til denne reduksjonen.

Skal man redusere saltet i næringsmidler, kan det gjøres på flere måter. Man kan som i Finland få til en omforrent reduksjon i saltforbruket ved at hele næringsmiddelindustrien i takt reduserer sitt saltforbruk. En annen metode er å bytte ut salt (dvs natrium) med andre ingredienser. De vanligste uorganiske salterstattere som til dels benyttes i dag, er kaliumklorid, kalsiumklorid og magnesium klorid/sulfat. Skal man redusere saltinntaket med ca 5 g/dag, er det av helsemessige grunner begrensninger på hvor mye man bør inkorporere av andre salter. Kalium kan substituere natrium 100 % ved en reduksjon på 5 g/dag, men man skal være oppmerksom på den delen av befolkningen som har nyreproblemer. Kalsiumtilsats må begrenses pga nyresteinsproblematikk og bør ikke substituere natrium med mer enn 25 %, mens magnesium på grunn av sin lakserende effekt ikke bør erstatte mer enn 10 % av dagens natriumtilsats.

Når det gjelder natriumklorids konserverende effekt, er denne knyttet opp til den reduksjon i vannaktivitet som tilsats av salt bevirker, og denne reduksjonen må opprettholdes når natriumklorid erstattes med andre uorganiske salter. Som vist i figur 2 er det ikke tilstrekkelig å erstatte gram per gram for å opprettholde samme vannaktivitetsreduksjon. Med unntak av magnesium klorid må det tilsettes en større mengde av substituerende salt enn natrium klorid.



Figur 2: Vannaktivitet i løsninger av uorganiske salter.

I tillegg til den konserverende effekten har salt en egen smak. Byttes natriumklorid ut med andre uorganiske salterstattere oppstår lett en bitter og metallisk smak, som i mange tilfeller begrenser bruken av slike salterstattere. Erfaring viser at det som regel går greit å bytte ut opptil 25 % natriumklorid med kaliumklorid uten for mye smaksavvik, men det faller litt dyrere enn å benytte natriumklorid.

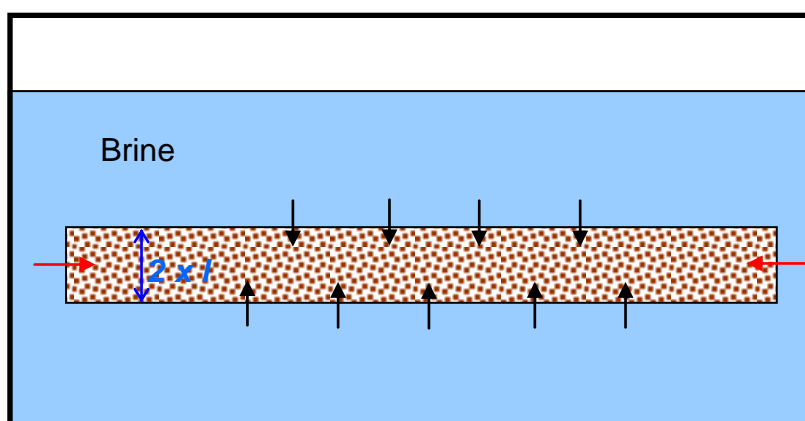
Organiske smaksforsterkere kan tilsettes for å oppveie den smaksforsterkende effekt som salt har. I tillegg kan organiske smaksforsterkere tilsettes for å maskere smaken av salt-

erstatte. Disse har, med unntak av laktatsalter, ikke konserverende effekt i den konsentrasjonen de benyttes i. De mest benyttede smaksforsterkere er krydder, gjær-ekstrakt, 5-nukleotider og aminosyrer. Hvilke som passer best i de ulike næringsmidlene er det vanskelig å si noe generelt om og disse smaksforsterkerne eller maskerings-substansene må derfor testes ut i de ulike næringsmidlene.

Tilførsel av salt til et næringsmiddel kan skje på ulike måter. Enklest er det om saltet kan blandes direkte inn som for eksempel i en farse. Skal saltet derimot inn i et kjøttstykke eller i en ost, må saltet transporteres inn i strukturen eller matriksen ved hjelp av diffusjon. To hovedmetoder benyttes for å tilføre saltet til matriksen; tørrsalting og lakesalting. Ved tørrsalting tilsettes saltet direkte til matriksen og saltet trekker vann ut av matriksen og saltet løses opp i vannet. Slik kan saltet begynne å diffundere inn matriksen. Denne metoden benyttes når det er ønskelig at saltingen skal fjerne vann fra matriksen, slik at en eventuell tørking av matriksen i etterkant blir enklere.

Den andre metoden er lakesalting. Da legges matriksen i en løsning av salt. Ved lakesalting er det enklere å styre vanntapet ved salting, og enklere å tilføre riktig saltmengde om man lar saltingen gå til likevekt mellom konsentrasjonen i lake og i matriks. Det er en vesentlig forskjell mellom lakesalting og tørrsalting. Ved tørrsalting er saltkonsentrasjonen på overflaten til matriks lik konsentrasjonen til en mettet saltløsning, mens ved lakesalting vil saltkonsentrasjonen på overflaten være lavere og i enkelte tilfeller også meget lavere, enn den konsentrasjonen av salt som måles i væskefasen. For å transportere salt raskest inn i matriksen er tørrsalting metoden å benytte.

Ettersom transporten av salt i matriks skjer vha diffusjon, kan denne hastigheten beregnes med bakgrunn i Ficks andre lov. Diffusjonsligningen er løst for enkle geometriske former som en plate, en sylinder og en kule. For en plate er det antatt at diffusjonen ikke skjer via endeflatene. Se fig 3.



Figur 3: Diffusjon inn i en plate.

Løsningen for Ficks andre lov for en plate med uendelig utbredelse (dvs diffusjon fra endeflatene blir neglisjerbar) er gitt i figur 4. Da de fleste produkter ikke har eksakt form som en plate, kan man for varierende tykkelse benytte en midlere tykkelse. At ligningen ikke beregner diffusjonen inn i sidene vil ligningen likevel gi god approksimasjon om arealet på over og undersiden er vesentlig større enn arealet av sidene. Ligningen i figur 4 gir den relative konsentrasjonen (massen) av salt som diffunderer inn i en flat matriks som funksjon av tiden. Den relative konsentrasjonen angir hvor langt man er fra likevektskonsentrasjonen og er derfor uavhengig av den absolutte saltkonsentrasjonen.

$$\frac{M(t)}{M_\infty} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-D_e(2n+1)^2 \frac{\pi^2 t}{4l^2}\right)$$

Figur 4: Diffusjonsligningen løst for diffusjonen inn i en plate [5].

$M(t)$: masse diffundert inn ved tidspunkt t

M_∞ : masse diffundert inn ved likevekt.

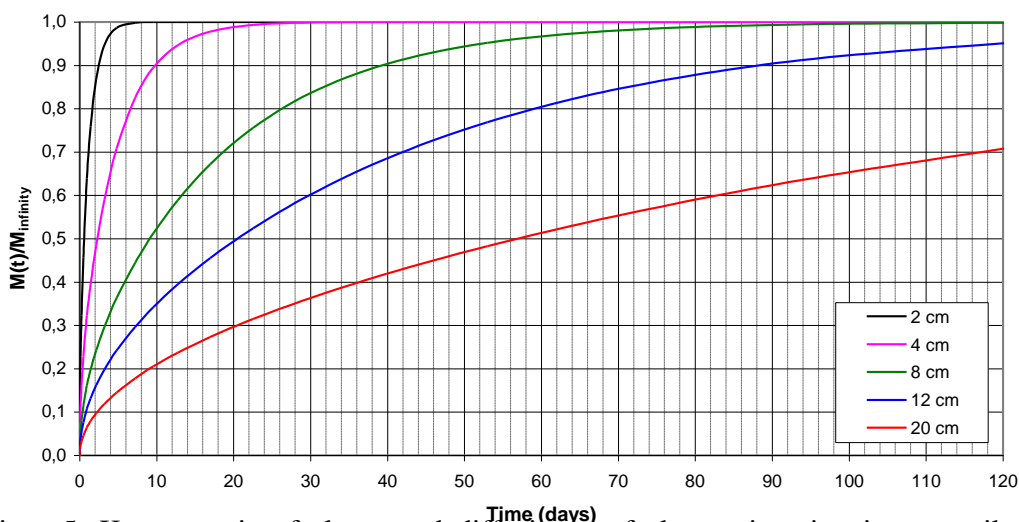
D_e : diffusjonskonstanten

t : tiden

l : halve tykkelsen av platen.

n : beregningskonstant

Ut fra ligningen gitt som eksempel i figur 4 kan diffusjonsforløpet lett beregnes og det kan fremstilles grafisk som vist i figur 5. Fra grafen i figur 5 ser man at om tykkelsen øker med en faktor på to firedobles diffusjonstiden. Det man også ser er at det tar meget lang tid før likevekt er innstilt. Under praktiske forhold vil det være svært tidsbesparende å benytte en lake med en saltkonsentrasjon som tilsvarer den dobbelte saltkonsentrasjonen som man skal ha i matriks og la bare 50 % av likevektskonsentrasjonen diffundere inn før matriksen fjernes fra saltlaken. Den videre fordeling av saltet i matriksen skjer da etter at matriksen er tatt opp fra laken. For et 8 cm tykt kjøttstykke vil tiden da reduseres fra 90 dager til 9 dager, og for et stykke på 4 cm er reduksjonen fra ca 25 dager til 2 dager. Slike enkle modelleringer gir et godt innblikk i hvordan salteprosessen skjer og hvordan den enkelt kan effektiviseres.



Figur 5: Konsentrasjonsforløpet ved diffusjon av f eks natrium inn i en matriks hvor natrium har en diffusjonskonstant på $4 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$ som tilsvarer en midlere diffusjonskonstant for natrium i kjøtt. Saltkonsentrasjonen i laken er holdt konstant.

Referanser

1. Matvaretabellen 2006. Utarbeidet av Mattilsynet, Sosial- og helsedirektoratet og Univ. i Oslo. Tilgjengelig på: <http://matportalen.no/matvaretabellen>

2. Mattes, R.D. og Donnelly, D. 1991. Relative contribution of dietary sodium sources. *J. Am. Coll. Nutr.* **10**: 383-393
3. FSA. 2004: UK salt intakes: Modeling salt reduction. Adults. The Foods Standards Agency model as revised 2005. Tilgjengelig på <http://www.food.gov.uk/healthiereating/salt/saltmodel>
4. Roininen, K. 2007. Can salt be reduced without affecting pleasantness of foods. Presentasjon på konferansen "Salt! – sensoriska aspekter på vårt saltande", Uppsala Livsmedelcentrum, Sverige 29.5.2007
5. Crank, J. (1975) *The mathematics of diffusion*. Oxford: Clarendon Press, side 44-68.