



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och
jordbruksvetenskap
Institutionen för livsmedelsvetenskap

Sänkning av vattenaktiviteten i bröd

Lowering of water activity in bread

Cecilia Ström

Institutionen för livsmedelsvetenskap

Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap- kandidatarbete, 15 hp, G2E

Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap, nr 418

Uppsala, 2015

Sänkning av vattenaktivitet i bröd

Lowering of water activity in bread

Cecilia Ström

Handledare: Roger Andersson, Institutionen för livsmedelsvetenskap, SLU.

Examinator: Lena Dimberg, Institutionen för livsmedelsvetenskap, SLU.

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap- kandidatarbete

Kurskod: EX0669

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2015

Serietitel: Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap
nr: 418

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

Nyckelord: Vattenaktivitet, bröd, polyol, sockerart, salt, fiber, hydrokolloid, dextrin

Sammanfattning

Bröd är ett livsmedel med hög vattenaktivitet som gynnar tillväxt av bakterier av släktet *Bacillus*. Syftet med den här rapporten var att med en litteraturstudie undersöka om det går att sänka vattenaktiviteten i bröd utan att brödets organoleptiska egenskaper förändras. Polyoler och NaCl är de ämnen som visat sig ha sänkande effekt på vattenaktiviteten i bröd och sockerarter är beprövade inom andra livsmedel. I vilken utsträckning dessa ämnen kan tillsättas utan att påverka brödets övriga egenskaper måste dock testas på den specifika brödsort som skall påverkas. Den maximala mängden är inte nödvändigtvis stor nog för att påverka vattenaktiviteten.

Nyckelord: Vattenaktivitet, bröd, polyol, sockerart, salt, fiber, hydrokolloid, dextrin

Abstract

Bread is a food group with high water activity, which promotes growth of rope forming bacteria of the genus *Bacillus*. The purpose of this report was to investigate if it is possible to lower the water activity in bread without altering the organoleptic qualities of it. Polyols and NaCl are the substances that have shown to have the most lowering effect on the water activity in bread, and sugars have effect in other types of food. The amount of these substances that can be added to bread without altering its qualities in unwanted ways must be tested through baking. The maximum amount is not necessarily enough to affect the water activity.

Key words: Water activity, bread, polyol, sugar, salt, fiber, hydrocolloid, dextrin

Innehållsförteckning

1. Syfte	1
2. Problemformulering och avgränsningar	1
3. Metod	1
4. Bakgrund	2
4.1 Vatten	2
4.1.1 Bulkvatten och bundet vatten	2
4.1.2 Vattenaktivitet	2
4.1.3 Ångtryck.....	2
4.1.4 Osmotiskt tryck	3
4.1.5 "Solute effect".....	3
4.1.6 Bröd och vattenaktivitet	4
4.2 Lösta ämnen.....	4
4.2.1 Sockerarter utan E-nummer	4
4.2.2 Sirap	5
4.2.3 Relativ sötma	5
4.2.4 Polyoler	6
4.2.5 NaCl.....	6
5. Vattenaktivitet i bröd	7
5.1 Polyoler.....	7
5.1.1 Tortillas	7
5.1.2 Vitt bröd	8
5.1.3 Barbari	8
5.1.4 Ångkokt bröd.....	8
5.2 Dextrin	8
5.3 Gurkmeja	8
5.4 Polysackarider	9
5.4.1 Hydrokolloider	9
5.4.2 Fiber från durumvete.....	10
5.4.3 β -Glukaner	10
5.5 NaCl	11
6. Diskussion	11
6.1 Sockerarter	12
6.2 Polyoler.....	12
6.3 Stärkelse.....	13
6.4 Fiber	13
6.5 Salt	13
7. Slutsats	14
8. Referenser	15

1. Syfte

Syftet med den här rapporten är att med en allmän litteraturstudie undersöka hur vattenaktiviteten kan sänkas i ett mjukt bröd av vete och råg.

2. Problemformulering och avgränsningar

Bröd med en vattenaktivitet på ca 0.92-0.93 ger gynnsamma förhållanden för ropebildande bakterier av släktet *Bacillus*. En metod för att hämma tillväxten är att sänka vattenaktiviteten. Hur mycket vattenaktiviteten behöver sänkas för att hämma tillväxten beror på flera faktorer som t.ex. pH, näringstillgång för bakterierna samt förvaringstemperatur (Barbosa-Cánovas et al. 2007).

Går det att sänka vattenaktiviteten i brödet till en nivå som hämmar tillväxten av bakterier av släktet *Bacillus* utan att förändra smakprofilen? Går detta dessutom att göra utan marknadsmässigt negativa förändringar? I det här fallet innebär de marknadsmässiga bedömningarna att inga tillsatser får användas och den totala socker- och salthalten inte bör öka.

Studien fokuserar på hur vattenaktiviteten i bröd kan sänkas genom en förändring av receptet men med bibehållen smakprofil och näringsdeklaration. Förändringar i tillverkningsprocessen och förpackningsmaterial berörs ej. Studien fokuserar endast på ingredienser och tillsatser godkända för livsmedel. Inga E-nummer får adderas till innehållsförteckningen och den totala socker- och salthalten i brödet får inte öka. Brödet innehåller bland annat vetemjöl, rågmjöl, sirap, socker, vegetabilisk olja, fiber, salt.

3. Metod

”Web of Science” och ”Scopus” användes som primära databaser för artikelsökningen till denna studie. Även facklitteratur har använts inom områdena vattenaktivitet, livsmedelskemi och allmän kemi.

En bred sökning i ”Web of Science” och ”Scopus” med termen (“water activity” or “equilibrium relative humidity”) and ”bread” ligger till grund för materialet i studien. Polyolerna glycerol och propylenglykol, sockerarterna glukos, maltos och fruktos samt dextrin/modifierad stärkelse och fiber bedömdes som intressanta spår att följa upp utifrån denna sökning.

4. Bakgrund

Bröd är en varierad livsmedelsgrupp innehållandes allt från hårdbröd till baguetter och sirapslimpor. Hållbarheten varierar stort mellan olika typer av bröd och kortas bland annat av mögelangrepp, bakterietillväxt och "staling". "Staling" är ett samlingsnamn för alla de förändringar, förutom mikrobiologiska, som sker i bröd under lagring (Purhagen, Sjöo & Eliasson 2008). Ett sätt att hämma tillväxt av mögel och bakterier i livsmedel är att sänka vattenaktiviteten (Barbosa-Cánovas et al. 2007).

4.1 Vatten

4.1.1 Bulkvatten och bundet vatten

Reid och Fennema (2008) skiljer på bulkvatten och bundet vatten där det senare beskrivs som en kontroversiell, missbrukad och dåligt förstådd term med många olika definitioner. Som övergripande koncept föreslås: vatten som befinner sig i närheten av lösta ämnen och andra beståndsdelar som inte är vatten, och som en konsekvens av sin position uppvisar egenskaper som skiljer sig från bulkvatten i samma system. Det bundna vattnet är det lager av vattenmolekyler som befinner sig närmast hydrofila grupper och därför har hindrad rörelsefrihet på grund av krafter mellan vattenmolekylerna och de hydrofila grupperna. De lösta ämnen som hindrar vattenmolekyler rörelsefrihet i störst utsträckning är enskilda joner och laddade grupper i organiska molekyler eftersom de elektrostatiske krafterna mellan dipoler (t.ex. vatten) och joner är starkare än krafterna mellan två dipoler (Reid & Fennema 2008).

4.1.2 Vattenaktivitet

Vattenaktivitet (a_w) i livsmedel bestäms genom att mäta ångtrycket från en produkt (p) i ett slutet system vid en viss temperatur och jämföra detta med ångtrycket (p°) från rent vatten vid samma förhållanden $a_w \approx (p/p^\circ)_{T_{\text{emp}}}$. Både p och p° definieras som ångtryck vid termodynamisk jämvikt vilket sällan uppnås vid mätning av livsmedel, varför \approx används istället för likhetstecken (Reid & Fennema 2008).

4.1.3 Ångtryck

Ångtryck är det tryck som skapas av ångan i ett slutet system när den är i jämvikt med sin kondenserade fas (Zumdahl & DeCoste 2013). En lösning är en homogen blandning

av ämnen där den dominerande delen definieras som lösningsmedlet och den/de mindre del/delarna kallas lösta ämnen.

Olika vätskor har olika ångtryck och ångtrycket hos en lösning skiljer sig från det ångtryck som skapas av det ämne som utgör lösningsmedlet i lösningen. Icke flyktiga lösta ämnen stannar i en lösning och sänker lösningens ångtryck jämfört med det rena lösningsmedlets. Molekylerna av de lösta ämnen späder ut lösningen så att antalet molekyler av lösningsmedlet per volym minskar. Detta minskar antalet molekyler av lösningsmedlet som befinner sig vid ytan vilket minskar deras möjlighet att avdunsta och lämna lösningen (Zumdahl & DeCoste 2013). Denna typ av endast spädande effekt är en teoretisk modell som antar att krafterna mellan de lösta ämnena och lösningsmedlet är lika stora. Är krafterna större mellan de lösta ämnena och lösningsmedlet än internt mellan molekylerna i lösningsmedlet så minskar avdunstningen av lösningsmedlet ytterligare och lösningens ångtryck minskar (Zumdahl & DeCoste 2013).

4.1.4 Osmotiskt tryck

Om en lösning är separerad från lösningens rena lösningsmedel med ett filter, som endast lösningsmedlets molekyler kan ta sig igenom och inte de lösta ämnena, så kommer lösningsmedlet ta sig igenom och späda ut lösningen tills trycket från lösningen är stort nog för att stoppa vidare nettoinflöde (Zumdahl & DeCoste 2013).

Det osmotiska trycket i omgivningen påverkar bakterier eftersom deras cellmembran släpper igenom vatten. Minskar mängden tillgängligt vatten i omgivningen kommer vatten att lämna bakterierna tills jämvikt med omgivningen är uppnådd och tvärtom. För högt eller för lågt intracellulärt tryck påverkar bakteriers möjlighet till överlevnad, tillväxt och delning. För att klara förändringar i omgivningen måste bakterier kunna reglera det intracellulära trycket. Ett sätt att göra det är att transportera in/ut eller syntetisera ämnen som påverkar den osmotiska balansen men som inte stör cellens vitala funktioner (Kempff & Bremer 1998). Dessa ämnen kallas på engelska "compatible solutes" och är små organiska molekyler med hög löslighet som ofta är neutrala eller zwitterjoniska och som inte påverkar enzymaktiviteten utan till och med kan skydda enzymer från denaturering av salter (Gutierrez, Abee & Booth 1995).

4.1.5 "Solute effect"

"Compatible solutes" gör att ett mått på vattenaktiviteten inte är ett helt tillförlitligt mått på hur gynnsamma förhållandena är för olika mikroorganismer. Ett ämne kan påverka

vattenaktiviteten men olika organismer kan vara mer eller mindre känsliga för ämnet, detta kallas "solute effect" eller "solute-specific effect" (Reid & Fennema 2008).

4.1.6 Bröd och vattenaktivitet

Vattenaktiviteten i olika brödsorter varierar stort men ligger ofta mellan 0.90 och 0.97 (Barbosa-Cánovas et al. 2007). Den höga vattenaktiviteten visar att det finns mycket fritt vatten tillgängligt för bakterier och mögel. För att göra tillväxtförhållandena mindre gynnsamma skulle en del av detta vatten behöva bindas upp av lösta ämnen.

4.2 Lösta ämnen

4.2.1 Sockerarter utan e-nummer

Glukos (druvsocker), fruktos (fruktsocker), maltos, laktos samt sackaros är sockerarter som räknas som ingredienser och därför saknar E-nummer. Vid ungefär samma w/w koncentration (ca 10 %) i en vattenlösning vid 25°C så sänker glukos och fruktos vattenaktiviteten i något större utsträckning än sackaros och maltos (Velezmoro et al. 2000). Denna egenskap skulle kanske kunna utnyttjas i bröd för att påverka vattenaktiviteten. Sackaros är en disackarid bestående av glukos och fruktos, maltos är en disackarid bestående av två glukosenheter (se Bild 1).

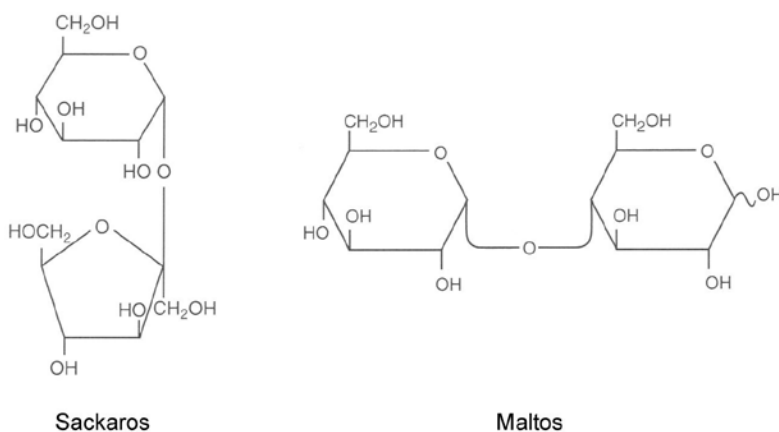


Bild 1. Molekylstruktur sackaros och maltos, adapterad från Reid & Fennema (2008).

4.2.2 Sirap

I EU:s direktiv 2001/111/EG definieras elva olika sockertyper. Den i Sverige använda benämningen sirap motsvarar de produkter som definieras som invertsockersirap. Direktivet definierar invertsockersirap som en vattenlösning av sackaros som delvis inverterats genom hydrolys. Hydrolysen bryter ner sackaros till fruktos och glukos. Torrsubstansen skall uppgå till minst 62 viktprocent och askhalten vara högst 0.4% av torrsubstansvikten. Förhållandet fruktos till glukos skall vara 1.0 ± 0.1 och invertsockerandelen av torrsubstansvikten vara större än 50% (Rådets direktiv 2001/11/EG). Att byta ut sackaros mot sirap i en produkt kan förutom att ge en smakförändring vara ett sätt att öka halten fruktos och glukos i livsmedlet.

4.2.3 Relativ sötma

Det finns flera sockerarter som är mindre söta än sackaros som skulle kunna användas i bröd, eventuellt med förändrade egenskaper som följd (se Tabell 1). Förutom att ha olika sötma så kan olika sockerarter påverka vattenaktiviteten hos sockervattenblandningar i olika utsträckning. Glukos och fruktos sänker t.ex. vattenaktiviteten något mer än sackaros och maltos (se Tabell 2).

Tabell 1. Relativ sötma mellan sockerarter/polyoler och sackaros i 10 procentig vattenlösning. Adapterad från Wang (2012).

Sockerart/polyol	Relativ sötma
Sackaros	100
D-Fruktos	114
D-Glukos	69
Invertsocker	95
Laktos	39
Maltos	46
D-Mannitol	69
D-Mannos	59
D-Sorbitol	51

Tabell 2. Vattenaktiviteten hos olika sockervattenlösningar vid 25°C (Velezmoro et al. 2000).

w/w koncentration	a _w sackaros	a _w maltos	a _w glukos	a _w fruktos
0.0965	0.995			
0.0965		0.995		
0.0966			0.990	
0.0960				0.989

4.2.4 Polyoler

Polyoler liknar kolhydrater i sin molekylstruktur men till skillnad från kolhydrater har de endast hydroxylgrupper som funktionella grupper. Exempel på polyoler är glycerol mannitol och sorbitol (se Bild 3).

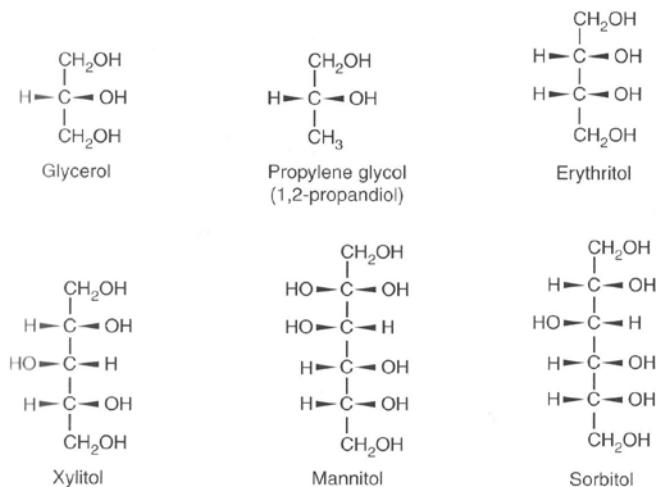


Bild 3. Molekylstruktur polyoler (Reid & Fennema 2008)

4.2.5 NaCl

Salt är ett beprövat sätt att konservera livsmedel. Ökad mängd salt i vattenlösning sänker vattenaktiviteten (se Tabell 3). T.ex. ger en ökning i molalitet från 0.1 till 1.0 mol

NaCl/kg en minskning av vattenaktiviteten från 0.997 till 0.967 (Barbosa-Cánovas et al. 2007).

Tabell 3. Vattenaktivitet i saltvattenlösningar med olika halt NaCl vid 25°C, adapterad från Barbosa-Cánovas et al. (2007).

molalitet (mol/kg)	~vikt % NaCl	a_w
0.1	0.6	0.997
0.5	2.8	0.984
1.0	5.5	0.967

5. Vattenaktivitet i bröd

5.1 Polyoler

Polyoler, eller sockeralkoholer, är reducerade kolhydrater med flera hydroxylgrupper. De är ofta minde söta och kalorifattigare än sackaros och kan till viss del användas för att ersätta sackaros i bageriprodukter (Ghosh & Sudha 2012).

Propylenglykol (E 1520) är i Sverige endast godkänt som livsmedelstillsats i snus och tuggtobak men det får förekomma i låg halt i lösningsmedlet för vissa tillsatser och aromer (Livsmedelsverket 2015)

5.1.1 Tortillas

Vetetortillas med tillsats av 4 % (av mjölvikten) propylenglykol eller glycerol minskade vattenaktiviteten till 0.90 jämfört med kontrolltortillans 0.93, 2 % glycerol gav en vattenaktivitet på 0.91. Tillsats av 4 % sorbitol eller maltitol gav en vattenaktivitet på 0.92. Resultaten förklaras med att propylenglykol och glycerol har lägre molekylvikt än sorbitol och maltitol och därför är effektivare på att öka det osmotiska trycket och sänka vattenaktiviteten om samma mängd tillsätts (Suhendro et al. 1995).

De olika tortillavarianterna med 4 % polyoler och kontrollen bedömdes alla ha liknande färg, textur, smak och "acceptability" av en sensorisk panel. Några i panelen bedömde polyoltortillas som mer "chewy" än kontrollen (Suhendro et al. 1995).

5.1.2 Vitt bröd

Bhise & Kaur (2014) fann att vitt bröd som berikats med 2 % (av mjölvikten) glycerol, 4 % sorbitol eller 4 % mannitol hade en lägre vattenaktivitet på bakdagen än ett kontrollbröd utan tillsatta polyoler. Polyolbröden hade 0.8 (glycerol), 0.81 (sorbitol) respektive 0.8 (mannitol) i vattenaktivitet jämfört med kontrollbrödets 0.83. På dag två vid förvaring i 30°C i plastpåsar av polyetylen hade vattenaktiviteten i polyolbröden stigit till 0.82, 0.83 respektive 0.82 medan kontrollbrödet låg kvar på 0.83. Samma mönster observerades om bröden förvarades i påsar av polypropylen.

Skillnader i höjd, vikt och volym uppmättes mellan de olika bröden men inga signifikanta skillnader i "overall acceptability" fanns när en sensorisk panel bedömde bröden (Bhise & Kaur 2014).

Även Feeherry et al. (2003) visade att vattenaktiviteten i inkråmet från vitt bröd sjönk med ökad halt glycerol medan vattenhalt och pH var nästan oförändrade.

5.1.3 Barbari

Barbari, iranskt bröd delvis bakat med sojamjöl, fick lägre vattenaktivitet om det bakades med 1 % och 5 % (av vetemjölsvikten) propylenglykol. De uppmätta värdena var 0.871 (1 %) och 0.867 (5 %) jämfört med kontrollbrödets 0.883. Inga signifikanta skillnader i vattenaktivitet uppmättes när glycerol, sorbitol eller maltitol tillsattes. Resultaten förklaras med att propylenglycol har lägre molekylvikt än de andra polyolerna och därför är effektivare på att öka det osmotiska trycket och sänka vattenaktiviteten om samma mängd tillsätts (Pourfarzad et al. 2009).

Få signifikanta skillnader fanns mellan de olika barbaribröden när de bedömdes av en sensorisk panel. Form, övre och undre skorpa, porositet, lukt och smak skilde sig inte åt mellan något av bröden. "Firmness and softness of texture", "Chewing ability" och "Overall Quality score" bedömdes som bättre hos brödet med 5% propylenglycol jämfört med övriga polyolbröd och kontroll, som alla fick likvärdiga betyg i dessa kategorier (Pourfarzad et al. 2009).

I en studie av Karimi et al. (2013) fick barbaribröd höjd vattenaktivitet när sorbitol, glycerol, propyleneglykol eller polysorbitat60 tillsattes (0.5 % av mjölvikten). Störst höjning dag 1 jämfört med kontrollbrödet gav propylenglykol följt av polysorbitat60, sorbitol och glycerol.

5.1.4 Ångkokt bröd

Vattenaktiviteten i ångkokt bröd sänktes från 0.97 till 0.908 och 0.880 när 15 % respektive 18 % (av mjölvikten) glycerol tillsattes (Lombard et al. 2000).

5.2 Dextrin

Stärkelse kan genom hydrolys brytas ned till glukos, maltos och oligosackarider och kallas då dextrin. Dextrin klassificeras bland annat med dess dextrosekvivalens (DE). DE är ett mått på mängden reducerande socker jämfört med ren glukos och anges i %. Dextrin med högt DE innebär att stärkelsen till stora delar brutits ner och består av sockerarter/stärkelse med i genomsnitt låg molekylvikt, medan stärkelsen i dextrin med lågt DE inte är lika nedbruten och i genomsnitt består blandningen av sockerarter/stärkelse med hög molekylvikt (Reid & Fennema 2008).

Inkråmet i vitt bröd där 2.5 % av mjölet ersatts med olika dextrin (DE 3-40) får sänkt vattenaktivitet på bakdagen jämfört med ett kontrollbröd utan dextrin. Sänkningen är olika stor beroende på DE. DE 11 gav den största sänkningen av de testade varianterna, från a_w : 0.953 i kontrollbrödet till a_w : 0.943. Hårdheten på bröden förändras inte med en tillsats på 2.5 % dextrin (Miyazaki et al. 2004).

5.3 Gurkmeja

Lim et al. 2011 rapporterade att tillsats av gurkmeja i vitt bröd korrelerade negativt med vattenaktiviteten. En tillsats av 2 % (av mjölvikten) gav a_w : 0.952 och 4 % gav a_w : 0.949 jämfört med kontrollbrödets a_w : 0.955. Med ökande mängd gurkmeja ökade hårdheten på brödet och färgen förändrades. Tillsats av 2 % gurkmeja (av mjölvikten) bedömdes av en sensorisk panel inte förändra smak, arom, textur och allmänt gillande.

5.4 Polysackarider

5.4.1 Hydrokolloider

Rosell, Rojas & Benedito de Barber (2001) rapporterar en något förhöjd vattenaktivitet i inkråmet i vitt bröd bakat med natriumalginat, k-karragenan, xanthangummi eller hydroxypropylmethylcellulosa (0.5 % av mjölvikten). Den förhöjda nivån förklaras med hydrokolloiders goda vattenhållande kapacitet.

Bárcenas et al. (2004) rapporterade i motsats till Rosell et. al (2001) en sänkning av vattenaktiviteten i vitt bröd som bakats med 0.5 % (av mjölvikten) hydroxypropylmethylcellulosa eller κ -karrageenan, från 0.983 i kontrollbrödet till 0.977 i bröden med hydrokolloider. Mätningarna gjordes dag 0 i 25°C. Brödet hade gräddats delvis, frysts och sedan gräddats färdigt.

Sahraiyan et al. 2013 visade att bröd bakat på vete- och ris mjöl där guar gummi och/eller kolloider utvunna ur smörgåskrasse (*Lepidium sativum*) tillsatts inte fick förändrad vattenaktivitet. Kolloiderna tillsattes enskilt eller i kombination i mängderna 0.3 %, 0.6 % och 1 %.

I en studie på vitt bröd bakat med olika hydrokolloider hade guar gummi (0.15 % av mjölvikten), xantangummi (0.15 %) och karrageenan (0.075 %) ingen effekt på vattenaktiviteten 2h efter gräddning jämfört med kontrollbrödet. Karboxymethylcellulosa (0.2 %) och carobgummi (0.15 %) gav en liten sänkning men det framgår inte om den är statistiskt signifikant (Mikuš et al. 2013).

5.4.2 Fiber från durumvete

Fiber från durumvete kan öka vattenaktiviteten i bröd. Curti et al. (2013) visade att bröd där en del av vetemjålet bytts ut mot olika typer av fiber från durumvete till en total fiberhalt på 6.5 % får ökad vattenaktivitet. Vattenaktiviteten ökade från ca 0.96 till ca 0.97.

5.4.3 β -Glukaner

β -Glukaner är linjära polysackarider bestående av glukos. Till stor del består β -Glukaner av segment av 3-4 glukosmolekyler sammanbundna av 1,4- β -bindningar som i sin tur binds ihop med 1,3- β -bindningar. Dessa segment kallas cellotriosor om de består av tre glukosmolekyler (DP3) och cellotetraoser (DP4) om de består av fyra glukosmolekyler. Den totala andelen och molkvoten mellan DP3 och DP4 används för att karaktärisera och jämföra β -Glukaner från olika arter (Daou & Zhang 2012). DP3:DP4-kvoten ligger på 4.2-4.5 hos β -Glukaner från vete, 2.8-3.3 hos β -Glukaner från korn och 2.0-2.4 hos β -Glukaner från havre (Cui & Wood 2000 se Li, Cui & Kakoda 2006).

Johansson (2006) undersökte vattenslösliga β -Glukaner från havre och korn och kom fram till att β -Glukaner från korn hade högre DP3:DP4-kvot. Ration var 2.2 hos β -Glukaner från korn och 1.9 från havre. Molekylvikten hos β -Glukanerna skiljde sig inte

mellan de olika sädeslagen och var ca 500×10^3 g/mol. Johansson påpekar dock att molekylvikten kan påverkas av hur isoleringen går till, vilken analysmetod som används, vilken sort av en viss art som är källan och om startmaterialet utsätts för värmebehandling.

Skendi et al. (2010) bakade bröd med olika halt (0.2-1.4 % av mjölvikten) och olika typer av β -Glukan från korn. En typ hade lägre molekylvikt (10^5 g/mol) och DP3:DP4-kvot 2.6 medan den andra typen hade högre molekylvikt (2.03×10^5 g/mol) och DP3:DP4-kvot 2.1. Efter 24 h skiljde sig inte de fiberberikade bröden från kontrollbrödet nämnvärt gällande vattenaktivitet, förutom brödet med störst tillsatts (1.4%) av β -Glukan med den högre molekylvikten. Detta bröd hade högre vattenaktivitet än resterande bröd. Efter 4 dagars förvaring hade dock alla fiberberikade bröd högre vattenaktivitet än kontrollbrödet. Skillnaderna hade i de flesta bröd jämnat ut sig efter 8 dagars förvaring.

β -Glukan från ostronskivling (0.14 % av mjölvikten) gav en något höjd vattenaktivitet i vitt bröd både två timmar efter gräddning och efter 48 timmars förvaring (Mikuš et al. 2013). Ingen analys av molekylvikt eller DP3:DP4-kvot redovisades i denna studie.

Havrlentova et al. (2013) gjorde en studie där de berikade vitt bröd med β -glukangel (50 ml/1000 g mjöl) från vete, råg, korn och havre. Gelerna innehöll upp till 2 % β -glukan. Ett av bröden berikat med β -Glukan fick sänkt vattenaktivitet (från 0.962 till 0.917) medan de andra fiberbröden fick något höjd vattenaktivitet jämfört med kontrollbrödet. I rapporten går det dock inte att med säkerhet utläsa vilket sädeslag som gav sänkningen. Författarna skriver i texten att det var havre men refererar samtidigt till brödet berikat med β -Glukan från vete. Någon analys av DP3:DP4-kvot eller molekylvikt hos de olika β -Glukanerna redovisades inte i denna studie.

5.5 NaCl

Få studier är gjorda där det har mätts vilken effekt tillsatt salt har på vattenaktiviteten i bröd. I en studie av Lombard et al. (2000) minskade vattenaktiviteten i ångkokt bröd med ökande mängd salt. 0.8 % salt (av mjölvikten) gav a_w : 0.960, 1.6 % gav a_w : 0.958 och 2.4 % gav a_w : 0.949.

6. Diskussion

Att sänka vattenaktiviteten handlar om att binda upp vatten, ju mer vatten som binds upp desto mer sänks vattenaktiviteten. I lösning korrelerar mängden lösta ämnen med vattenaktiviteten då varje jon/molekyl binder upp ett antal vattenmolekyler. Bröd är

komplikerat jämfört med en vattenlösning men i de studier där glycerol, salt och propylenglykol använts för att sänka vattenaktiviteten så har ökad mängd inneburit en större sänkning. Så länge de tillsatta ämnena inte reagerar med övriga ingredienser på oväntade sätt så bör detta samband finnas. Eventuell "solute effect" måste tas i beaktande om sänkning av vattenaktiviteten önskas för att stävja tillväxt av mikroorganismer. Exakt hur mycket vattenaktiviteten måste sänkas för att hämma tillväxten av en specifik bakterie i ett visst bröd går därför inte att förutse utan måste testas.

De lösta ämnenas laddning, molekylstorlek och funktionella grupper med vattenbindande egenskaper påverkar vilken effekt de har på vattenaktiviteten. Monosackarider sänker vattenaktiviteten något mer än disackarider vid samma w/w-koncentration. Polysackarider som stärkelse, fiber och andra hydrocolloider påverkar inte vattenaktiviteten i bröd i någon given riktning men de flesta studierna visar en oförändrad eller höjd vattenaktivitet.

6.1 Sockerarter

Glukos sänker vattenaktiviteten något jämfört med sackaros i 10 % vattenlösning och är bara ca 70 % så söt, så mer glukos än sackaros skulle teoretiskt kunna användas utan att brödet smakar sötare. Höjd sockerhalt bör sänka vattenaktiviteten. Glukos får anges som "druvsocker" i innehållsförteckningen.

Maltos, sänker inte vattenaktiviteten jämfört med sackaros i 10 % vattenlösning men är endast 50 % så söt så dubbelt så mycket kan teoretiskt användas utan att brödet blir sötare, vilket bör sänka vattenaktiviteten.

Hur stor del av sackarosen som kan bytas ut mot glukos och/eller maltos utan att brödet påverkas negativt i smak eller konsistens måste testas.

Även om glukos och fruktos sänker vattenaktiviteten något mer än samma mängd sackaros så är skillnaden liten och den totala sockerhalten i bröd är troligtvis inte tillräckligt hög för att ett skifte av sockerarter skulle ge någon stor sänkning av vattenaktiviteten. Att byta ut sackarosen mot sirap ger därför troligtvis ingen stor effekt.

6.2 Polyoler

Polyoler är de ämnen som är mest beforskade när det gäller att sänka vattenaktiviteten i bröd, glycerol (E 422) och propylenglykol (E 1520) har i vissa fall visat sig fungera. Om

socker- eller salthalten ej ska höjas så är troligtvis glycerol det mest effektiva sättet att sänka vattenaktiviteten då propylenglykol inte är tillåtet som tillsats i bröd (Livsmedelsverket 2015). Deras effektivitet kan förklaras med att de är små och har många hydroxylgrupper. De är ofta mindre söta än flera sockerarter vilket gör att större mängd kan användas utan att brödet uppfattas sötare.

6.3 Stärkelse

Dextrin, främst DE 11, visade sig i en studie sänka vattenaktiviteten i vitt bröd när det ersatte en del av vetemjölet. Dextrin får kallas modifierad stärkelse i en innehållsförteckning och kan vara ett sätt att tillsätta glukos utan att skriva ut det. Den totala sockermängden ökar dock om mjöl ersätts med dextrin.

6.4 Fiber

I de flesta studier får bröd som berikats med fiber oförändrad eller höjd vattenaktivitet jämfört med kontrollbröden. Endast en studie visar på sänkt vattenaktivitet i bröd när β -Glukaner tillsätts. Då denna studie är tvetydigt formulerad och inga analyser på β -Glukanerna i fråga om DP3:DP4-ratio eller molekylvikt gjorts är det svårt att dra några slutsatser utifrån den. Den sammanvägda bilden är att β -Glukaner inte visat sig sänka vattenaktiviteten i bröd.

En möjlighet skulle kunna vara att bryta ner β -Glukanerna eller andra fibrer i små fragment med låg molekylvikt vilka skulle kunna ha en vattenaktivitetssänkande effekt. Kanske kan β -Glukanerna brytas ner till enskilda cellotriosor och cellotetraoser eller till fragment bestående av några få av dessa enheter. Vilken effekt dessa fragment skulle ha på bröd är dock oklart. Ett annat alternativ är att minska andelen fiber i brödet och därmed möjligtvis sänka vattenaktiviteten.

6.5 NaCl

Salt är inte beforskat i någon stor utsträckning när det gäller att sänka vattenaktiviteten i bröd men bör fungera väl. Kraftig smak och eventuellt andra effekter på brödet begränsar dock mängden som kan användas.

7. Slutsats

Det finns metoder för att sänka vattenaktiviteten i bröd, huruvida de kan användas utan att förändra brödets övriga egenskaper måste dock testas genom provbakningar av varje specifik brödsort. En stor sänkning av vattenaktiviteten är svår att uppnå utan en förändring av receptet där tillräcklig mängd ämnen tillsätts. Att detta inte skulle påverka de organoleptiska egenskaperna är inte troligt. Förändringar kommer ske men kanske kan de bedömas som acceptabla.

Att sänka vattenaktiviteten i någon större utsträckning utan att använda tillsatser, höja socker- och/eller salthalten eller acceptera ett torrare bröd är dock inte realistiskt.

8. Referenser

Barbosa-Cánovas, G.V., Schmidt, S. & Fontana, A (2008) Water Activity in Foods : Fundamentals and Applications. [Elektronisk] Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, USA ss. 240-241, 397, 407-409. Tillgänglig:

<http://site.ebrary.com.proxy.ub.umu.se/lib/UMEAUB/detail.action?docID=10296651>
[2015-05-15].

Bárceñas, M. E., Benedito, C. & Rosell, C. M. (2004). Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids* [Elektronisk], vol. 18 (5), ss. 769-774. Tillgänglig:

<http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0268005X03002078>
[2015-05-05]

Bhise, S. & Kaur, A. (2014). Baking quality, sensory properties and shelf life of bread with polyols. *Journal of Food Science and Technology* [Elektronisk], vol. 51 (9), ss. 2054-2061. Tillgänglig: <http://link.springer.com.proxy.ub.umu.se/article/10.1007/s13197-014-1256-3> [2015-04-19]

Curti, E., Carini, E., Bonacini, G., Tribuzio, G. & Vittadini, E. (2013). Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science* [Elektronisk], vol. 57 (3), ss. 325-332. Tillgänglig:

<http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0733521012002597>
[2015-05-18]

Daou, C. & Zhang, H. (2012). Oat Beta-Glucan: Its Role in Health Promotion and Prevention of Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [Elektronisk], vol. 11 (4), ss. 355-365. Tillgänglig:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2012.00189.x/epdf> [2015-05-20]

Europeiska rådets direktiv 2001/111/EG. Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0111&from=SV> [2015-05-13]

Feeherry, F. E., Doona, C. J. & Taub, I. A. (2003). Effect of water activity on the growth kinetics of *Staphylococcus aureus* in ground bread crumb. *Journal of Food Science* [Elektronisk], vol. 68 (3), ss. 982-987. Tillgänglig:

<http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.ub.umu.se/doi/10.1111/j.1365-2621.2003.tb08274.x/epdf> [2015-04-27]

Ghosh, S. & Sudha, M. L. (2012). A review on polyols: new frontiers for health-based bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. [Elektronisk], vol. 63 (3), ss. 372-379. Tillgänglig:

<http://web.a.ebscohost.com.proxy.ub.umu.se/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=65bfb2eb-0b61-4947-93ca-6949075bbba5%40sessionmgr4005&vid=1&hid=4209> [2015-04-21]

Gutierrez, C., Abee, T. & Booth, I. R. (1995). Physiology of the osmotic stress response in microorganisms. *International Journal of Food Microbiology* [Elektronisk], vol. 28 (2), ss. 233-244. Tillgänglig:

<http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/0168160595000593> [2015-04-17]

Havrlentova, M., Petrulakova, Z., Burgarova, A., Gavurnikova, S., Cervena, V., Sturdik, E., Kraic, J. & Zofajova, A. (2013). Properties of Cereal beta-D-Glucan Hydrocolloids and their Effect o Bread and Ketchup Parameters. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* [Elektronisk], vol. 63 (2), ss. 79-86. Tillgänglig:

<http://www.degruyter.com.proxy.ub.umu.se/view/j/pjfn.2013.63.issue-2/v10222-012-0074-4/v10222-012-0074-4.xml> [2015-05-18]

Johansson, L. (2006). *Structural analyses of (1→3),(1→4)-β- D-glucan of oats and barley*. Diss. University of Helsinki. [Elektronisk] tillgänglig:

<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/skemi/vk/johansson/> [2015-05-25]

Karimi, M., Sahraiyani, B., Naghipour, F., Sheikholeslami, Z. & Davoodi, M. G. (2013). Functional effects of different humectants on dough rheology and flat bread (Barbari) quality. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* [Elektronisk], vol. 5 (11), ss. 1209-1213. Tillgänglig: <http://ijagcs.com/wp-content/uploads/2013/05/1209-1213.pdf> [2015-05-5]

Kempf, B. & Bremer, E. (1998). Stress responses of *Bacillus subtilis* to high osmolarity environments: Uptake and synthesis of osmoprotectants. *Journal of Biosciences* [Elektronisk], vol. 23 (4), ss. 447-455. Tillgänglig:

<http://link.springer.com.proxy.ub.umu.se/article/10.1007%2FBF02936138> [2015-04-17]

Li, W., Cui, S. W. & Kakuda, Y. (2006). Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat and β-glucans. *Carbohydrate polymers* [Elektronisk], vol. 63 (3), ss. 408-416. Tillgänglig:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861705004637> [2015-05-20]

Lim, H. S., Park, S. H., Ghafoor, K., Hwang, S. Y. & Park, J. (2011). Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chemistry* [Elektronisk], vol. 124 (4), ss. 1577-1582. Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0308814610010034#> [2015-04-28]

Livsmedelsverket (2015-02-26). *E 1520 - Propan-1,2-diol*. <http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-1520---propan-12-diol/? t id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%3d%3d& t q=e+1520& t tags=language%3asv%2csiteid%3a67f9c486-281d-4765-ba72-ba3914739e3b& t ip=88.129.136.77& t hit.id=Livs Common Model PageTypes EN umberItemPage/ 315c1fb8-3f4f-4dae-9da5-98fe5e17e9c3 sv& t hit.pos=1> [2015-05-11]

Lombard, G. E., Weinert, I. A. G., Minnaar, A. & Taylor, J. R. N. (2000). Preservation of South African steamed bread using hurdle technology. *Food Science and Technology* [Elektronisk], vol. 33 (2), ss. 138-143. Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0023643899906266> [2015-04-28]

Mikus, L., Kovacova, M., Dodok, L., Medvedova, A., Mikusova, L. & Sturdik, E. (2013). Effect of enzymes and hydrocolloids on physical, sensory, and shelf-life properties of wheatbread. *Chemical Papers* [Elektronisk], vol. 67 (3), ss. 292-299. Tillgänglig: <http://link.springer.com.proxy.ub.umu.se/article/10.2478%2Fs11696-012-0286-4> [2015-05-15]

Miyazaki, M., Maeda, T. & Morita, N. (2004). Effect of various dextrin substitutions for wheat flour on dough properties and bread qualities. *Food Research International* [Elektronisk], vol. 37 (1), ss. 59-65. Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0963996903001388> [2015-04-28]

Pourfarzad, A., Khodaparast, M. H. H., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Davoodi, M. G., Sourki, A. H. & Jahromi, S. H. R. (2009). Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering* [Elektronisk], vol. 34 (5), ss. 1435-1448. Tillgänglig: <http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.ub.umu.se/doi/10.1111/j.1745-4530.2009.00541.x/abstract> [2015-04-19]

Purhagen, J. K., Sjöo, M. E. & Eliasson A. (2008). Staling Effects When Adding Low Amounts of Normal and Heat-Treated Barley Flour to a Wheat Bread. *Cereal Chemistry*, vol. 85(2) ss. 109-114.

Reid, D. S. & Fennema, O. R. (2008). *Fennema´s food chemistry*, 4th edition. Boca Raton: CRC Press, ss. 31-34, 42-43, 128-130, 723.

Rosell, C. M., Rojas, J. A. & Benito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids* [Elektronisk], vol. 15 (1), ss. 75-81. Tillgänglig:

<http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0268005X00000540>
[2015-04-19]

Rådets direktiv 2001/111/EG. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0111&from=SV> [2015-05-28]

Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M. & Davoodi, M. G. (2013). Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food Hydrocolloids* [Elektronisk], vol. 30 (2), ss. 698-703. Tillgänglig:

<http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0268005X12001853>
[2015-05-15]

Skendi, A., Billaderis, C. G., Papageorgious, M. & Izydorczyk, M. S. (2010). Effect of two barley beta-glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry* [Elektronisk], vol. 119 (3), ss. 1159-1167. Tillgänglig:

<http://www.sciencedirect.com.proxy.ub.umu.se/science/article/pii/S0308814609010243>
[2015-05-18]

Suhandro, E. L., Waniska, R. D., Rooney, L. W. & Gomes, M. H. (1995). Effects of polyols on the processing and qualities of wheat tortillas. *Cereal Chemistry* [Elektronisk], vol. 72 (1), ss. 122-127. Tillgänglig:

http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72_122.pdf [2015-04-19]

Velezmoro, C. E., Oliveira, A. L., Cabral, F. A. & Meirelles, A. J. A. (2000). Prediction of water activity in sugar solutions using models of group contribution and equations of state. *Journal of Chemical Engineering of Japan* [Elektronisk], vol. 33 (4), ss. 645-653. Tillgänglig: Via ResearchGate och Fernando A. Cabral. [2015-04-22]

Wang, D., Sun, J., Huang, G., Zhou, X. & Sun, L. (2012). Carbohydrates. I: Wang, D. (red), *Food Science and Technology: Food Chemistry*. New York: Nova Science

Publishers, Inc., s. 54. [Elektronisk] Tillgänglig:
<http://site.ebrary.com.proxy.ub.umu.se/lib/UMEAUB/detail.action?docID=10654638>
[2015-04-20]

Zumdahl, S. S. & DeCoste, D. J. (2013). *Chemical principles*, 7th edition. Cengage Learning, ss. 823 och 864, 866, 871.