



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap

Jäst i frysta degar

– Jämförelse av jästsorter, påverkan av infrysning och bakningens tillvägagångssätt

Louise Bergfeldt



Institutionen för livsmedelsvetenskap

Självständigt arbete • 30 hp • Avancerad nivå, A1E

Agronomprogrammet Livsmedel

Uppsala 2012

Jäst i frysta degar

– Jämförelse av jästsorter, påverkan av infrysning och bakningens tillvägagångssätt

Louise Bergfeldt

Handledare: Lena Dimberg, SLU, Institutionen för livsmedelsvetenskap

Btr handledare: Emma Haglund, Jästbolaget

Examinator: Annika Andersson, SLU, Institutionen för livsmedelsvetenskap

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A1E

Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap - magisterarbete

Kurskod: EX0427

Program/utbildning: Agronomprogrammet Livsmedel

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2012

Omslagsbild: Jästbolaget

Serietitel: Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap

Nr: 353

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

Nyckelord: Jäst, frysta degar, volymmätning, fryshjälpmedel

Sveriges lantbruksvetenskap

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap

Institutionen för livsmedelsvetenskap

Sammanfattning

Frysförvaring av deg innan gräddning av bröden är vanligt förekommande hos många bagerier. Metoden har flera fördelar och möjliggör en mer rationell drift. Det sker dock ofrånkomligt en påverkan av brödets kvalitet vilket ställer krav på tillverkningsprocessen. Tillvägagångssätten vid bakning med frysta degar kan variera från att frysa ned ojästa degämnen till att grädda bröden halvklara innan nedfrysningen. Detta projekt fokuserar det på den förstnämnda metoden, dvs. degämnen som jäses och gräddas klart efter upptining. Syftet med projektet, som genomförts i samarbete med Jästbolaget, var att studera hur jäst påverkas i frysta degar, och hur frysningen/jästen i sin tur påverkar det färdiga brödet.

Från Jästbolaget har två jästsorter utvärderats; originaljäst och jäst för söta degar (sötjäst). En jästsort särskilt anpassad för frysta degar i två varianter (original och sötjäst) har också testats liksom en stam särskilt anpassad för frysta degar som odlats upp i labfermentatorer. Genom bakförsök har jästsorterna jämförts i tre olika brödtyper: franskbröd, vetebröd och VR-bröd (vete-råg). En del av bröden har gräddats direkt utan infrysning och använts som referens. Resten har frusits in som degämnen och färdigräddats efter olika perioder av fryslagring, från 1 vecka upp till 8 veckor. För vetebröd har ytterligare försök genomförts. Dessa var försök utan och med olika fabrikat av fryshjälpmedel samt med eller utan liggtid (förjäsning) innan formning. Bakförsöken har kompletterats med jäskraftmätningar samt analyser av torrsubstans, protein och trehalos.

Utvärdering av bröden har gjorts genom mätning av den specifika volymen i en laservolyummätare. Hur texturen och utseendet på bröden påverkas av fryslagring har också bedömts till viss del.

Utseendet på bröden försämrades allmänt i och med fryslagring av degämnena. Brödvolymer sjunker något med ökad fryslagringstid. Skillnaden var liten mellan de olika jästsorterna, men trenden var att bröd bakat med originaljäst bibehöll volymen något bättre efter fryslagring i förhållande till referensbröden, jämfört med bröd bakade på sötjäst. Upprepningar av försöken visade dock i många fall på motstridiga resultat vilket försvårade möjligheten att dra några statistiskt säkerställda slutsatser. Försök på vetebröd utan eller med olika varianter av fryshjälpmedel visade en signifikant volymökning för bröden bakade med fryshjälpmedel medan det inte var någon signifikant skillnad mellan de olika sorterna av fryshjälpmedel. De vetebröd som bakats utan liggtid fick en finare yta än bröd bakade med liggtid, medan volymen var snarlik. Arbetet har visat att jäst endast är en parameter att beakta för slutresultatet vid bakning med frysta degar. De andra ingredienserna i brödet inklusive fryshjälpmedel har stor betydelse liksom tillvägagångssättet vid bakningen.

Summary

Baking with frozen doughs is common in many bakeries since the method have many advantages. However, it is inevitable that the quality of the bread is affected by freezing. The producing methods may vary from freezing unfermented dough to bake bread half finished before freezing. This project focuses on the first method, ie. dough which is fermented and baked after thawing. The aim of the project, implemented in cooperation with Jästbolaget, has been to study how yeast is affected in frozen dough.

By baking-tests different sorts of yeast have been tested with three types of bread; frenchbread, VR-bread (wheat-rye) and sweet wheat bread. Some of the doughs have been oven-baked directly and used as a reference. The rest of the doughs have been frozen during various periods of time, from 1 week up to 8 weeks. Attempts on wheat bread have also been performed with and without different types of bread improvers. Wheat bread has also been tested to be baked with and without pre-fermentation. The bread has been evaluated by measuring the specific volume and also by examining the structure. A new yeast strain particularly adapted for frozen dough have been cultivated in lab scale and then evaluated in baking tests. The experiments have been supplemented by measurements of the gassing power in the yeast and analyzes of dry matter, protein and trehalose.

The results showed only minor differences in freezing tolerance between the different yeast varieties, but with the trend that bread made with original yeast maintained the volume slightly better than bread made with yeast for sweet dough after frozen storage. Repetition of the experiments showed however, in many cases, some conflicting results, impeding the ability to draw statistically significant conclusions. The experiments without and with different types of bread improvers showed that there was a greater difference between using a bread improver or not than between the different types. The wheat bread baked without pre-fermentation had a more uniform crust than bread baked with pre-fermentation. The volume was however relatively similar. A conclusion is that yeast only is one parameter that impacts the final result when baking with frozen dough. The production process and the use of bread-improver is just as important.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING.....	8
1.1 BAKGRUND	8
1.2 SYFTE.....	9
2. LITTERATURSTUDIE	10
2.1. JÄST	10
2.1.1 Påverkan av infrysning.....	10
2.1.2 Jästsorster	11
2.2 INGREDIENSER I BRÖDET OCH HUR DE PÅVERKAR JÄSTEN	11
2.2.1 Mjöl	12
2.2.2 Socker.....	12
2.2.3 Salt.....	12
2.2.4 Fett.....	12
2.2.5 Vatten.....	12
2.3 FRYSHJÄLPMEDEL OCH DESS EFFEKT.....	12
2.3.1 Askorbinsyra.....	13
2.3.2 Emulgeringsmedel	13
2.3.3 Enzymer	13
2.3.4 Gluten	14
2.3.5 Guargummi.....	14
2.4 TREHALOS OCH DESS BETYDELSE VID INFrysNING.....	14
2.5 PROCESSENS PÅVERKAN VID BAKNING MED FRYSTA DEGAR	15
2.5.1 Degbearbetning och förjäsning	15
2.5.2 Infrysning och upptining.....	15
3. MATERIAL OCH METODER	17
3.1 BAKFÖRSÖK	17
3.1.1 Degblandning	17
3.1.2 Formning.....	17
3.1.3 Infrysning.....	17
3.1.4 Upptining och jäsning	17
3.1.5 Gräddning.....	17
3.1.6 Volymmätning.....	18
3.1.7 Strukturbedömning	18
3.1.8 Ingredienser.....	18
3.2 OLIKA VARIANTER AV BAKFÖRSÖK.....	18
3.2.1 Jämförelse av olika jästsorster.....	18
3.2.2 Jämförelse av fryshjälpmedel	18
3.2.3 Vetebröd med respektive utan liggtid	19
3.3 RECEPT.....	20
3.3.1 Franskbröd	20
3.3.2 Vetebröd	21
3.3.3 VR-bröd	22
3.4 UPPODLING AV NY STAM – F81	22
3.5 ANALYSER AV JÄSTEN	23
3.5.1 Torrsubstans	23
3.5.2 Protein och trehalos	23
3.5.3 Jäskraftsmätningar	23
3.6 STATISTISK ANALYS	23

4. RESULTAT	24
4.1 BRÖDVOLYM	24
4.1.1 Jästbolaget, original- och sötjäst.....	24
4.1.2 Ny stam - F81	25
4.1.3 Original- och sötjäst anpassad för frysta degar.....	26
4.2 VETEBRÖD MED RESPEKTIVE UTAN LIGGTID	27
4.3 BAKFÖRSÖK MED OLIKA FRYSHJÄLPMEDEL	28
4.4 UPPODLING AV NY STAM – F81	29
4.4.1 Etanol	29
4.4.2 Torrsubstans.....	29
4.5 ANALYSER AV JÄST	30
4.5.1 Torrsubstans.....	30
4.5.2 Protein och trehalos	31
4.6 JÄSKRAFTSMÄTNING	31
4.7 STRUKTURBEDÖMNING	32
5. DISKUSSION	36
6. SLUTSATS	40
7. REFERENSER.....	41
TACK.....	43

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Bröd är ett baslivsmedel som används inom de flesta konsumentgrupper. Färskheten är en av de absolut viktigaste kvalitetsparametrarna, vilket förknippas med en krispig yta, god doft samt ett mjukt, elastiskt och saftigt inkråm. Hållbarhetstiden för bröd är dock relativt kort då flera kemiska och fysikaliska förändringar sker under lagringstiden. Processen när brödet åldras kallas för ”staling” och innefattar retrogradering av stärkelse liksom en fuktavgång vilket medför att inkråmet blir torrare och hårdare. Även smaken förändras så att brödet inte längre smakar färskt (Selemulyo, 2007). Detta leder till en utmaning för bagerierna då konsumenter avvisar produkter relativt kort tid efter bakdatumet och svinnet kan bli stort.

En metod för att bättre kunna planera och anpassa bakningen till konsumentens behov, är att baka med degar som kyls alternativt fryses ned. Detta kan göras på flera olika sätt. En variant som är vanlig i hemmen är att baka över kyl. Degen får då jäsa länge i kylskåpet, oftast över natten, med syfte att få ett nybakat bröd direkt på morgonen. En stor mängd aromämnen hinner också bildas under den långa jästtiden vilket påverkar brödets smak positivt. Många bagerier fryser istället in degen under olika steg i tillverkningsprocessen. Antingen fryses halvbakade produkter in som sedan gräddas färdigt när de ska användas, eller så fryses degämnen in som sedan jäses och gräddas efter upptining.

Tiden för hur länge degen förvaras i frysen hos bagerierna kan variera från några dagar upp till ca 12 mån, beroende på bland annat produktionsplanering och fryslagringsmöjligheter. Det är oftast de större bagerierna som använder sig av de längre fryslagringsperioderna medan mindre bagerier oftast inte fryser in degämnen längre tid än några veckor. Metoden att baka genom att frysa in degen ger många fördelar. En mer rationell drift möjliggörs med besparing av tid, lokalutrymme och arbetskraft. Även planeringen av produktionen över en längre tid underlättas.

Kvaliteten på bröd försämras gradvis under fryslagring. Två faktorer anses vara främsta orsak till detta. För det första försämras jästens gasproduktion till följd av en minskad aktivitet samt ett minskat antal överlevande jästceller efter fryslagring. Den andra faktorn är en gradvis nedbrytning av glutennätverket och följaktligen försämrade degstyrka. Den sistnämnda faktorn kan härledas till reduktionen av korsbindningar i glutennätverket orsakad av iskristaller. En annan orsak är reducerande substanser som läcker ut från skadade jästceller (Ribotta, 2004). För bröd som bakas på deg som varit nedfrysad är därför nyckeln att begränsa dessa två försämringsfaktorer.

Jäst är intressant att studera då det är en brödingrediens som påverkas mycket vid infrysning. Förutom eventuella nackdelar med att baka över frys, såsom kostnader för infrysning, förvaring i frysen och transport, sker som ovan nämnt även en oundviklig försämring av både jästens och degens kvalitet vid fryslagring och upptining. Speciella krav ställs därför på såväl jästen som på hela bakprocessen för att degen ska kunna jäsa färdigt efter frystiden och ge en bra slutprodukt.

Den enda svenska producenten av jäst, Jästbolaget, har ingen jäststam specifikt utvalda för att vara bra i frysta degar. Många av kunderna använder dock deras jäst i sådana tillämpningar och det fungerar oftast bra. Intresse finns dock för att eventuellt utveckla en jäststam särskilt anpassad för frysta degar.

1.2 Syfte

Syftet med projektet var att studera hur olika jästsorter påverkas vid bakning i deg som fryses ned innan färdigbakning under olika fryslagringsstider. Vidare studerades hur faktorer under bakningen påverkar jästens frystålighet och brödets slutkvalitet. Detta gäller om degen ska frysas in före eller efter liggstiden (förfrysning) och skillnaden mellan olika fryshjälpmedel.

Arbetet innefattade jämförande bakförsök med olika jästsorter där mätning av brödvolymer användes som utvärderingsmetod av de färdiga bröden. Även strukturen bedömdes till viss del. En ny jäststam särskilt anpassad för frysta degar odlades upp i labfermentatorer. De olika jästsorterna analyserades också med avseende på jäskraft och torrsubstans (ts), samt innehåll av trehalos och protein. Då projektet i huvudsak har mindre bagerier som målgrupp frystes bröden in under kortare infrysperioder på upp till 8 veckor.

2. Litteraturstudie

2.1. Jäst

Jäst är en eukaryot encellig organism tillhörande riket svampar. Förökning sker vegetativt genom knoppning där den bildade dottercellen är en exakt kopia av modercellen. Vid bakning liksom vid framställning av öl, vin och sprit används olika stammar av jästarten *Saccharomyces cerevisiae*. Selektion har skett för att anpassa jästen till sitt respektive syfte. Stammarna för öl-, vin och sprittillverkning har valts ut för sin förmåga att producera etanol medan bagerijästen framförallt producerar stora mängder koldioxid som får degen att häva sig. Den bildar även aromämnen som ger smak till brödet. (Girhammar, 1996)

Tillverkningsprocessen av jäst utgår från en liten mängd startkultur (10 mg) som odlas upp till 1200 kg moderjäst under en veckas tid. Denna moderjäst fryslagras i 6 kg-portioner innan den används vid det första odlingssteget kallat G2 där G har betydelsen generation. Jästen tillväxer mycket kraftigt under gynnsamma förhållanden och flyttas efterhand över till allt större jäskar. De efterföljande odlingsstegen kallas G3, G4 och G5. Starten med 6 kg moderjäst i G2-steget resulterar efter 3 dagar i ca 150 ton jäst i G5-steget. Tillväxten styrs huvudsakligen av tre faktorer: näringstillförsel, syre och temperatur. Kolhydrater ges i form av melass och kväve i form av ammoniak. Andra näringsämnen jästen behöver för sin tillväxt är fosfor, magnesium, biotin, tiamin samt en del övriga tillväxtfaktorer. Även stora mängder luft krävs liksom rätt pH och temperatur. (Girhammar, 1996)

Olika former av efterbehandling ger den odlade jästen varierande torrsubstanshalt. För torrjäst dunstas största delen av vattnet bort i en fluidiserad bädd till en slutlig torrsubstanshalt på ca 95 %. Denna jäst får därmed en mycket lång hållbarhetstid på ca ett år. Färsk jäst är det som vanligen förknippas med just bagerijäst och det som hemmabagare oftast använder när de bakar. Denna har en torrsubstanshalt på 29-30% och säljs i livsmedelsbutiker i 50 grams paket samt till bagerier i 1-kg förpackningar. Större bagerier använder ofta granulat eller jästlösning. Granulat har en något högre torrsubstanshalt än vanlig färsk jäst (32-33%) och får därför en smuligare konsistens vilket förenklar hanteringen. På grund av lägre vattenhalt får den även högre jäskraft per viktenhet. Jästlösning är en flytande form av jäst med 21-22% torrsubstanshalt. Denna levereras vanligen till bagerierna i tankbil eller 900 kg container vilket ger en enkel hantering.

Kemiskt sett består jästen beräknat på torrsubstans av 45-48% protein, ca 40 % kolhydrater, 2-3% fett och ca 7% aska. Jäst innehåller även en del vitaminer, framförallt B-vitaminer. Proteinerna i jäst utgörs av enzymer som katalyserar cellens livsprocesser. Enzymerna har även funktioner under bakningens jäsprocess. Vidare finns det nukleinsyror som är bärare av cellens arvsanlag samt proteiner som bygger upp cellstrukturen. (Jästteknik, 2012)

2.1.1 Påverkan av infrysning

När temperaturen i degen sjunker under infrysningen sker flera fysikaliska förändringar som påverkar jästen. Iskristaller bildas utanför jästcellerna. Vid vilken temperatur detta sker varierar dock beroende på koncentrationen av lösliga ämnen. I degar med höga halter av salt och/eller socker sker detta vid lägre temperaturer jämfört med i osötade degar. Iskristallerna består av rent vatten, och när dessa växer

ökar koncentrationen av lösliga ämnen i den del av degen som fortfarande inte är fryst. Jästcellerna svarar mot detta förhöjda osmotiska tryck utanför cellen genom att avge vatten vilket samtidigt innebär att koncentrationen av lösta ämnen ökar inuti jästcellen. Fryspunkten sänks därmed vilket minskar risken för bildning av iskristaller inuti jästcellen. (Dunås, 1991)

Jästceller som fryses in och omges av extracellulära iskristaller (t ex i en deg) utsätts för ett flertal olika stressfaktorer. Aktiviteten hos jästen minskar därför mer när den fryses ned innesluten i en deg än när den fryses ner direkt som enskilda jästceller (Havet *et al*, 2000). Exempel på stressfaktorer vid infrysning är temperatursänkningen som sker, den mekaniska effekten av extracellulära iskristaller samt en ändrad viskositet och pH i den extracellulära vätskan. Förutom ovan nämnda faktorer sker även en krympning av cellväggen som riskerar att inte återfå sin ursprungsform vid upptining (Morris *et al*. 1986). En jästs frystålighet kan därför definieras som jästens kapacitet att upprätthålla gasproduktionen efter att den utsatts för stressen som sker vid infrysning. Tillvägagångssätten vid fryshantering av degen har stor betydelse. Exempel på parametrar som påverkar jästens livskraft och gasproduktion är infrysningshastigheten, temperatur i frysen, fryslagrings tiden samt temperaturfluktuationer (Bhattacharya *et al*, 2002).

2.1.2 Jästsorтер

Bagerijäst delas generellt in i två kategorier. Den ena varianten är anpassad till matbrödsdegar och kallas av Jästbolaget originaljäst. Originaljäst använder i första hand maltos som näringskälla vilket produceras vid nedbrytning av stärkelse i mjölet, men den tål inte höga sockerhalter. Den andra jästsorten har en förhöjd osmotolerans och är därmed lämplig att använda till degar med hög sockerhalt. Den kallas jäst för söta degar av Jästbolaget och ger en snabbare jäsningsprocess och ökad brödvolymer till söta, tunga degar (minst 4% socker räknat på mjölmängden). Däremot kräver den en viss omställningstid vid användning i osötade degar (Jästteknik, 2012).

En del jästproducenter säljer även jästsorter särskilt lämpliga till frysta degar. Sådan jäst har vanligen en lägre gasproduktion jämfört med konventionell bakjäst, men istället en högre frystolerans med resultatet att en högre andel jästceller överlever infrysning och upptining. Inte minst kan fryslagrings tiden förlängas väsentligt med bibehållen mängd överlevande jästceller (Lallemand, 1996). Frystolerant jäst förblir inaktiv längre och jäsningsprocessen startar långsammare när jästen blandas i en deg. Detta kan vara positivt då det under jäsningsprocessen bildas fermentationsprodukter som kan skada jästen vid infrysning. Med en långsammare jäsningsprocess bildas en mindre mängd av dessa ämnen. En nackdel är dock att längre jäsningsstider kan behövas efter att degen tagits ut från frysen (Yi & Kerr, 2009).

Det finns några jästsorter på den Europeiska jästmarknaden särskilt marknadsförda för användning i frysta degar. En variant är en sort som förvaras i fryst tillstånd och liknar torrjäst till utseendet men med något lägre torrsustanshalt. Denna anges vara särskilt selekterad för frysta degar där tillvägagångssättet vid uppodlingen ger den dess unika egenskaper. Arten är dock en ren *Saccharomyces cerevisiae* och inte en hybrid mellan andra jästarter. (Pers. med. Hall)

2.2 Ingredienser i brödet och hur de påverkar jästen

Grundläggande ingredienser som krävs för att tillverka bröd är mjöl, vatten, jäst och salt. Socker och någon form av fett är mindre essentiella ingredienser men tillsätts ofta till degen på grund av deras positiva effekter på brödets kvalitet. Inom bageriindustrin och hos de flesta bagerier används ofta även någon form av fryshjälpmedel vid bakning med frysta degar.

2.2.1 Mjöl

Mjöl utgör basen till degen och dess beståndsdelar har stor inverkan på jästens jäsningsförmåga. Enkla sockerarter utgör en mindre del av mjölvikten och finns i form av glukos, fruktos, sackaros och maltos. Största kolhydratkällan i mjölet utgörs av stärkelse och en mindre del av kostfiber. Stärkelse kan brytas ner enzymatiskt till maltos vilket kan förjäsas av jästen. Andra sockerarter som jästen kan använda som näringskälla är glukos, fruktos samt sackaros om det tillsätts till degen. (Girhammar, 1996)

Proteiner, aminosyror, mineraler och vitaminer är andra beståndsdelar som har inflytande på jäsprocessen i degen. Glutenin och gliadin är de proteiner i vetemjölet som utgör glutenstrukturen. Till frysta degar rekommenderas ett starkt mjöl, dvs. ett mjöl med hög proteinhalt och proteinkvalitet. Skälet är att ett extra starkt glutennätverk ska utvecklas då detta delvis bryts ned vid fryslagringen (Kulp, 1995).

2.2.2 Socker

Degar får generellt sett en högre frysstabilitet med tillsatt socker (Girhammar, 1996). Socker har en vattenbindande effekt, vilket ger en minskad andel fritt vatten i degen. Detta är positivt då det fria vattnet kan skada jästcellen vid infrysningen. Osötade degar är därför mer känsliga för infrysning. Förutom att socker har en skyddande effekt på jästen påverkar det även färgen på det gräddade brödet. Högre sockerhalter ger bröd med mörkare skorpa på grund av maillardreaktioner mellan reducerande sockerarter (till exempel glukos, maltos och fruktos) och aminosyror. (Kulp, 1995)

2.2.3 Salt

Salt har flera funktioner i bröd, framförallt ur smaksynpunkt, och i normal dosering bidrar det även till att stärka glutenstrukturen. Salt sänker samtidigt degens fryspunkt på samma sätt som socker och fördröjer aktiviteten hos jästen (Kulp, 1995). Utveckling av glutennätverket går dock snabbare i frånvaro av salt. Generellt rekommenderas därför att salt tillsätts i slutet av degblandningen för att minimera saltets effekt på blandningstiden (Rosell & Gomez, 2007).

2.2.4 Fett

Fett har ett flertal positiva effekter på bröd såsom att motverka uttorkning, fördröja ”staling”-processen, höja den gashållande förmågan hos glutennätverket samt göra inkråmet jämnt och fint. Särskilt för frysta degar är dessa egenskaper av stor betydelse för att erhålla ett bröd av god kvalitet. (Kulp, 1995; Girhammar, 1996; Rosell & Gómez 2007)

2.2.5 Vatten

Vid bakning med frysta degar är temperaturen på degvätskan av stor betydelse för slutresultatet. Temperaturen bör hållas låg för att hindra att jäsprocessen startar innan infrysningen då de fermentationsprodukter som bildas kan skada jästen (Zounis *et al*, 2002; Guinoza Matuda *et al* 2008)

Vattenhalten bör korrigeras så att degen blir något styvare än normalt. Detta för att få ett extra starkt glutennätverk samt även förenkla hanteringen efter upptining (Lallemand, 1996).

2.3 Fryshjälpmedel och dess effekt

Vid bakning över frys tillsätts i de allra flesta fall någon form av fryshjälpmedel till degen. Detta syftar till att förbättra brödets kvalitet och begränsa de försämringar som sker när degen fryses in, både av jästen och av glutennätverket. Ingredienserna i fryshjälpmedlet syftar därför både till att förstärka

degens glutenstruktur och stödja jästen för att hindra att jästceller sprängs. Det finns ett stort antal fryshjälpmedel på marknaden av olika fabrikat, oftast i form av pulver men även i fast blockform. Innehållet av ingredienser är relativt likvärdigt där flera av ingredienserna förekommer i samtliga.

2.3.1 Askorbinsyra

Askorbinsyra är en antioxidant som i degen omvandlas till dehydroaskorbinsyra, vilken är en oxidant. Detta stärker degens glutennätverk och därmed bidrar till att förbättra brödets struktur och slutvolym. Även degmognaden påskyndas. Under fryslagringen dör jästceller och läcker ut reducerande ämnen såsom glutation, vilka verkar nedbrytande på glutennätverket. Detta leder till att gluten försvagas då disulfidbryggor som är essentiella i stabiliseringen av glutennätverket bryts. Högre halter av oxidanter krävs därför i frysta degar för att kompensera den oundvikliga reduktionen som sker. Askorbinsyran verkar genom att skapa disulfidbindningar och därmed stärka glutennätverket. (Selomulyo, 2007)

2.3.2 Emulgeringsmedel

Emulgeringsmedel tillsätts i fryspulver med syfte att ge degen en förbättrad gashållande förmåga och därigenom höja brödets volym, samt ge ökad mjukhet och färskhållning. Emulgatorerna bidrar till ökad mjukhet genom att motverka ”staling” hos brödet (Selomulyo, 2006). Teorin bakom detta är att en interaktion mellan emulgatorerna och stärkelsen sker. Detta innebär en fördröjning av retrograderingsprocessen och blockering av vattentransporten mellan gluten och stärkelse vilket i sin tur förhindrar stärkelse från att ta upp vatten (Rao *et al.*, 1992). Emulgatorer kan även interagera med fett som tillsatts degen och reducera gasbubblornas ytspänning vilket innebär ett större antal av små luftbubblor och därmed ett mer finporigt brödkrämm.

Vanligt förekommande emulgatorer i fryshjälpmedel är mono- och diglycerider och mono- och diglyceridestrar av fettsyror. En mycket vanligt förekommande och väl studerad tillsats i bröd är E472e som är beteckningen för mono- och diacetylvinsyraestrar. Dessa delas in i olika kategorier (a, b, c, d och e) beroende på vilken fettsyra estern är baserad på och bidrar till att bygga upp ett starkt glutennätverk och därigenom att stärka degen. När substansen tillsätts till degen ökar blandningstoleransen, gasbevarandet och en högre kollapsresistens hos degen erhålls (Ribotta *et al.*, 2004). Den bidrar även till en ökad brödvolum och gör inkråmet mjukt, spänstigt och finkornigt med bra skivningsegenskaper (Inoue *et al.*, 1995).

Mekanismerna bakom dessa egenskaper är att E472e förhindrar sammanklumpningen av glutenproteiner i degen genom att binda till den hydrofobiska ytan. Detta skapar ett starkt proteinnätverk och därmed ett bröd med bra textur, ökad volym samt en fördröjd åldrandeprocess (”staling”). Den sistnämnda egenskapen förknippas med interaktionen med stärkelse, framförallt amylos men även till viss del med amylopektin. Bildandet av dessa komplex förhindrar ”staling” genom att fördröja retrograderingen av amylos/amylopektin (Selomulyo, 2007).

2.3.3 Enzymer

Det specificeras ofta inte vilka enzymer som tillsätts till fryshjälpmedel. De härrör dock ofta från vete. Exempel på enzymer är α och β -amylas, katalas, hemicellulas, lipas, lipoxigenas, peroxidas och proteas. Effekten av enzymerna varierar men många har en mjukgörande effekt på inkråmet och fördröjer ”staling”-processen. Nedan följer exempel på funktionen hos några av enzymerna.

α -Amylas bildar enkla sockerarter ur amylos och amylopektin (stärkelse) såsom maltos, glukos och maltotriose. Dessa anses kunna fördröja "staling"-processen och därmed hålla brödet färskt längre (Eckardt, 2011). De enkla sockerarter som bildas fungerar även som näring till jästen och påskyndar därmed jäsprocessen. Även graden av brunfärgning genom maillardreaktioner kan öka. β -Amylas har också en stärkelsespjälkande funktion liknande den hos α -amylas med undantaget att endast amylos kan spjälkas fullständigt medan amylopektin endast bryts ned delvis. (Gray & Bemiller 2003)

Proteaser depolymeriserar och försvagar glutenstrukturen. Denna typ av hydrolys är irreversibel och negativ för brödkvaliteten varför det bör undvikas i frysta degar. (Kulp, 1995)

Lipaser kan bidra till en jämnare struktur på inkråmet och därmed öka mjukheten under lagringen av brödet. Lipoxxygenas har en liknande effekt då det bidrar till ett mjukare inkråm (Gray & Bemiller 2003).

2.3.4 Gluten

Det är glutennätverket som bygger upp strukturen i brödet och håller kvar den koldioxid som bildas av jästen under jäsprocessen. Gluten är därför av stor betydelse för att få ett bröd med god volym. Under infrysningen sker en vekning av glutennätverket (Selemulyo, 2007). Tillsats av extra gluten ökar volymen på bröd som bakats på frysta degar till följd av dess stärkande effekt. Gluten har också en positiv effekt på degen vid temperaturfluktuationer under fryslagringen (Rosell & Gomez, 2007).

2.3.5 Guargummi

Guargummi tillhör kategorin hydrokolloider som är brett använt i livsmedelsprodukter för att påverka texturen, öka den vattenhållande förmågan (förbättra saftigheten), kontrollera vattnets rörlighet och generellt förbättra produkters kvalitet under lagring (Linden & Lorient, 1999). Andra vanligt förekommande hydrokolloider är xanthan, agar och pektin. Guar är en polysackarid bestående av en β -D-mannopyranosyl-kedja länkade med 1 \rightarrow 4 bindningar. Till varannan enhet finns en sidokedja bestående av D-galactopyranosyl bundet med α 1 \rightarrow 6 bindningar. Guar tillsätts som en vattenbindande fiberkomponent i fryshjälpsmedel för att öka saftigheten på det färdiga brödet (Ribotta *et al*, 2004).

2.4 Trehalos och dess betydelse vid infrysning

Trehalos är en disackarid uppbyggd av två glukosmolekyler som används av jästen som lagringssocker. Halten varierar beroende på jästens ålder, och minskar med ökad lagringstid. Trehalos skyddar jästen från olika former av stress såsom uttorkning, infrysning, höga halter etanol samt autolys (Soo Kim, 2008). En hög halt av trehalos anses därför vara en av faktorerna bakom en god frystolerans hos jästen (Lallemand, 1996). För att utnyttja denna effekt är det av betydelse att bibehålla en hög halt trehalos vid infrysningsögonblicket av degen. Detta uppnås genom att använda låg degtemperatur och en kort period mellan degblandning och infrysning. Framställning av jäst med höga nivåer av trehalos uppnås genom strikt kontrollerade tillväxtförhållanden och genom att välja en frystolerant jäststam till produktionen.

Studier har visat att extra tillsats av trehalos i frysta degar ökar andelen överlevande jästceller och ger en högre koldioxidproduktion. Däremot har denna höjda koldioxidproduktion inte visat sig signifikant förbättra brödets specifika volym. En förklaring är att glutennätverket skadas vid infrysningen och inte klarar att innesluta den mängd koldioxid som bildas. Tillsats av ämnen som stärker det skadade

glutennätverket kan mildra denna effekt och ha stor betydelse vid bakning med frysta degar (Soo Kim, 2008).

2.5 Processens påverkan vid bakning med frysta degar

Den generella arbetsgången vid bakning av bröd över frys ser ut som följer: Blandning och bearbetning av ingredienserna, eventuell ligg tid (förjäsning), formning, infrysning, eventuell paketering, fryslagring, upptining, jäsning och avslutningsvis gräddning. Nedan beskrivs delstegen mer ingående.

2.5.1 Degbearbetning och förjäsning

Vid bakning med degämnen som skall frysas in rekommenderas att en lägre degtemperatur används jämfört med bakning av bröd som färskgräddas direkt. Skälet till detta är att jästen inte skall aktiveras och att inte jäsprocessen ska komma igång. Temperaturen på degvätskan och eventuellt även de övriga ingredienserna bör därför hållas lägre än normalt. Temperaturer mellan 18°C och 25°C rekommenderas för bäst resultat. Höga degtemperaturer har visat sig drastiskt försämma brödkvaliteten och jästens gasproduktion i den frysta degen. (Zounis *et al*, 2002)

Under degbearbetningen ökar temperaturen på degen till följd av friktionen som bildas. Långa blandningstider leder följaktligen till en högre degtemperatur. Blandningstiden kan förkortas genom tillsats av reducerande ämnen som verkar nedbrytande på glutennätverket. Detta rekommenderas dock inte till frysta degar där ett så starkt glutennätverk som möjligt bör eftersträvas. Skälet är att det vid fryslagringen oundvikligen sker en nedbrytning av glutennätverket med minskad gashållande förmåga som följd (Inoue & Bushuk, 1991; Lallemand, 1996). Salt har motsatt effekt då det förlänger degblandningstiden (Rosell & Gómez, 2007). Även typen av degblandare påverkar blandningstiden och värmeutvecklingen i degen.

Under degbearbetningen sker ett flertal reaktioner. Mjölet tar upp vatten samtidigt som salt och socker löses upp. Glutennätverket utvecklas vilket är en förutsättning för en god textur hos brödet. Under gräddningen gelatiniserar stärkelsen (Gil *et al.*, 1997). En fördröjd tillsats av salt och jäst kan vara positivt. Salt fördröjer utvecklingen av glutennätverket och utan salt går det därmed att använda kortare degbearbetningstider vilket ger en lägre degtemperatur. Risken att jästen aktiveras minskar på så sätt. Av samma skäl kan fördröjd tillsats av jäst vara positiv (Rosell & Gómez, 2007; Kulp, 1995).

2.5.2 Infrysning och upptining

Flera studier visar att degämnen bör frysas in direkt efter degbearbetning och formning. Ett skäl som anges är att jästceller under aktiv fermentering har ett tunnare plasmamembran än vilande celler vilket gör dessa mer känsliga för cellskador (Ribotta, 2002). Under infrysningen ökar också koncentrationen av organiska föreningar i vattenfasen av degen vilket kan orsaka autolys av jästcellerna (Stauffer 1993). Ett argument för att använda en kortare ligg tid innan formning och infrysning är främst att degen får möjlighet att vila och att glutennätverket hinner byggas upp. Om degtemperaturen är tillräckligt låg aktiveras jäsningsprocessen endast i begränsad omfattning (Zounis *et al*, 2002).

Jäst kan skadas mer vid infrysning i en deg jämfört med om den fryses ned i ren form på grund av det förhöjda osmotiska trycket i degen. Under infrysningen koncentreras halten lösliga ämnen i vattenfasen vilket kan leda till autolys av jästcellerna. (Selomulyo, 2007)

Vid snabb infrysning (10°C/minut eller snabbare) finns det risk för att transporten av vatten ut ur jästcellen inte är tillräckligt snabb, vilket ökar risken för bildning av iskristaller intracellulärt. Detta kan skada jästcellen och bör undvikas (Dunås, 1991). Det råder dock ett motsatsförhållande då en snabb infrysning och låg frystemperatur begränsar skadorna på glutennätverket medan en

långsammare infrysningshastighet och något högre frystemperatur är positiv för jästens överlevnad och gasproduktion. En kompromiss är därför nödvändig (Yi & Kerr, 2009). Enligt studier av Mazur (1970) var en fryshastighet på 7°C/minut optimal för överlevnad av isolerad jäst. För jäst i ett degsystem bör dock fryshastigheten vara långsammare. Enligt Gélinas *et al* (1995) var en optimal fryshastighet under 2°C/minut. För att kompensera de jästceller som dör vid infrysning/fryslagring och de förluster i gasproduktion som sker används generellt sett en större mängd jäst vid bakning med frysta degar (Lallemand, 1996).

Upptining kan ske på olika sätt beroende på bland annat brödtyp, bageriets platstillgång och tidresurser. Under upptiningen sker en rehydrering av jästcellerna och glutennätverket som är nödvändig för att degen senare skall prestera väl. För bäst kvalitet på brödet bör kärntemperaturen på degen när den sätts in i ugnen vara densamma som för vanlig deg, dvs ca 25 grader. Minimum temperatur är 15 grader. Det bör även eftersträvas att ha en så jämn temperatur som möjligt mellan kärnan och de yttre delarna av degämnet. Detta för att de yttre delarna inte ska hinna jäsna mycket medan kärnan fortfarande är halvtinad. Idealt är därför att öka temperaturen gradvis, t ex genom att degämnen får tina i kylskåp för att sedan stå ett tag i rumstemperatur innan de jäsas färdigt i jässkåp (Kulp, 1995). Temperaturen och den relativa fuktigheten i jässkåpet bör även sänkas för att anpassas till den frysta degens lägre degtemperatur och långsammare jäsning (Girhammar, 1996) En relativ fuktighet som överstiger 75% kan bidra till mörka fläckar på brödets yta till följd av kondensation (Rosell & Gómez 2007).

3. Material och metoder

3.1 Bakförsök

Tre olika typer av bröd av standardtyp användes vid bakförsöken; vetebröd, franskbröd och Vete/Rågbröd (VR). Recepten liksom övrig arbetsmetodik under bakförsöken utarbetades med hjälp av Jästbolagets/KåKås egna bagare. För recept och arbetsbeskrivningar se avsnitt 3.3. Bakförsöken utfördes vid Jästbolagets innovationscenter med befintlig utrustning. Brödens volym mättes och jämfördes efter olika infrysningsperioder. Som referens gräddades även ofryst deg. Försöken utfördes två till fyra gånger beroende på typ av försök.

3.1.1 Degblandning

Samtliga ingredienser i recepten vägdes upp på digitalvåg (tiondel grams noggrannhet). Degarna blandades samman i två maskinella degblandare av samma modell. Vattnet tillsattes när alla övriga ingredienser hällts i degbunken. Degblandaren startades på den lägsta hastigheten för att därefter höjas till den högre degblandningshastigheten. Degblandningstiderna skiljde sig åt beroende på brödtyp (3.3). Efter degblandningen fick degen vila i 15 minuter (liggtid) innan formning av bullarna. Även försök utan liggtid utfördes (3.2.3).

3.1.2 Formning

Alla brödtyper bakades som bullar och formades i en rundrivare. Av varje degsats erhöles 30 bullar. Från en total degvikt på 2,1 kg fick varje bulle en vikt på i genomsnitt 70 gram. Degämnen placerades efter formning på bakplåtspappersklädda plåtar. Ett antal bröd från varje degsats gräddades direkt efter jäsning och användes som referens. Resten av degämnen frystes in under olika tidsperioder (3.1.3).

3.1.3 Infrysning

Degämnen förvarades i frys som höll temperaturen -20 grader. Frysen som användes var av vanlig hushållstyp. Degämnen förvarades på plåtar övertäckta av plast ("plåt-Olle") och ställdes direkt efter formning in i frysen i denna temperatur. Degämnen lagrades i frysen 1 till 8 veckor. Prover togs ut efter 1, 2, 4, 6 och 8 veckor.

3.1.4 Uptining och jäsning

Degämnen som fryslagrats förbereddes för gräddning genom att tina i kylskåp (5°C) över natt i ca 17 timmar övertäckta med plast ("plåt-Olle"). Efter att degämnen tagits ut ur kylskåpet stod de i rumstemperatur i 40 minuter oövertäckta innan de ställdes in i raskskåp (jässkåp) i 1 timme (35°C och 70% luftfuktighet). Degämnen som användes som referensbröd gräddades som ofrysta. Dessa fick direkt efter formning jäsa 1 timme i raskskåp innan de gräddades.

3.1.5 Gräddning

Till gräddningen användes en roterande stickugn. Franskbröden sattes in i en ugnstemperatur på 240°C som direkt sänktes till 220°C efter att ugnsluckan stängdes. Total gräddningstid var 15 minuter. Till VR-bröden användes samma ugnstemperaturer som till franskbröden men gräddningstiden var förkortad till 14 minuter. Till båda ovanstående bröd blåstes ånga in under 7 sekunder i startskedet av gräddningstiden. Vetebröden gräddades i 200°C under 9 minuter. En tom plåt placerades över brödplåtarna på sticket för att erhålla en jämnare värmebestrålning i ugnen. Efter att bröden tagits ut

från ugnen fick de svalna till rumstemperatur i minst 1 timme genom att ligga kvar på plåtarna, innan volymmätning utfördes (3.1.5). Även strukturen studerades okulärt (3.1.6).

3.1.6 Volymmätning

Lasermätaren VolCalc från Texas Instruments användes för att utvärdera och jämföra brödens volym. Utifrån mått av vikt, höjd och bredd erhöles ett värde på brödens specifika volym. Detta värde sammanräknar alla ovanstående parametrar och användes för att jämföra bröden sinsemellan. Till varje volymmätning togs 5 bröd ut från varje degsats och ett medelvärde räknades ut.

3.1.7 Strukturbedömning

Strukturen på bröden dokumenterades visuellt genom fotografier. Under varje bakförsök togs foton både på ett helt bröd samt på bröd som skurits itu på höjden och på bredden.

3.1.8 Ingredienser

Samtliga ingredienser som användes vid bakförsöken var inköpta via bagerigrossisten KåKå. Vetemjålet var bagerivetemjöl med tillsatt askorbinsyra och enzymer. Rågsiktet var oblandad rågsikt med tillsatt askorbinsyra. Båda mjölsorterna var producerade av Nord Mills. Margarinet var vetebrödsmagarin med 80 % fetthalt bestående av vegetabiliska oljor med tillsatt emulgeringsmedel, citronsyra, salt, arom, vitamin A och D. Sirapen kom från Nordic Sugar. Vanligt bagerisalt samt strösocker användes och fryspulvret var av fabrikatet Ymer från KåKå. Vattnet som användes hade temperaturen 8°C +/- 1°C och togs direkt från kranen. Temperaturen kontrollerades med hjälp av en digitaltermometer.

3.2 Olika varianter av bakförsök

3.2.1 Jämförelse av olika jästsorter

Olika jästsorter utvärderades i bakförsöken för att jämföra hur dessa påverkades av infrysning. Från Jästbolagets testades originaljäst och jäst för söta degar (sötjäst). En ny stam särskilt anpassad för frysta degar odlades också upp i labfermentator och användes i bakförsök. Även en jästsort i två varianter (original och sötjäst) särskilt anpassad för frysta degar utvärderades vid bakförsöken. Denna jäst förvarades i frys och var en variant av torrjäst men med något lägre torrsubstans. De övriga jästsorterna var samtliga färsk jäst.

Vid bakförsöken med fryst torrjäst användes torrsubstanshalten som faktor för att räkna ut en jästmängd motsvarande samma mängd färsk jäst. Denna mängd var något lägre än den som rekommenderades på förpackningen (1 kg fryst torrjäst mot 2,5 färsk jäst). Även extra vatten tillsattes så den totala vikten för torrjäst plus vatten blev densamma som mängden färskjäst.

3.2.2 Jämförelse av fryshjälpmedel

Fyra fryshjälpmedel från olika producenter användes i bakförsök med vetebröd för att studera skillnaden dem emellan och till bröd bakat utan fryshjälpmedel. De jästsorter som användes var originaljäst och sötjäst från Jästbolaget. Vid respektive försök, som utfördes två gånger, gjordes 4 degar med olika fryshjälpmedel och en deg utan fryshjälpmedel för respektive jästsort, totalt 10 degar. Degämnen fryslagrades i en respektive två veckor innan de tinades och gräddades med samma metodik som i de övriga bakförsöken, d.v.s. upptining i kylskåp (5°C) över natten, 40 minuter i rumstemperatur och till sist en timme i raskskåp. Efter gräddning och avsvälning mättes volymen. Som referens användes bröd som gräddades direkt efter formning och en timmes jäsning i raskskåp.

Den rekommenderade doseringen given på förpackningen följdes för respektive fryshjälpmedel. För Ymer som använts i tidigare bakförsök användes samma dosering. För "D" där rekommendationen var 0,5-1,5 %, användes den mittersta doseringen, dvs 1 %. De fryshjälpmedel som testades anges i Tabell 1.

Tabell 1 Olika fryshjälpmedel som användes vid bakförsöken och dess dosering

Typ av fryshjälpmedel:	Rekommenderad dosering (% av mjölvikten):	Tillsatt mängd (g):
A (Ymer)	1-1,5	17,5
B	1	12,5
C	4	50
D	0,5-1,5	12,5

Innehållet i respektive fryshjälpmedel redovisas nedan enligt specifikation på förpackningen:

A: Vetemjöl, E472e, dextros, askorbinsyra, vegetabilisk olja (raps), enzymer

B: Vetemjöl, vetegluten, diacetyl tartaric acid esters of mono and diglycerides E472e, askorbinsyra E300, enzym

C: Vetegluten, dextros, E472e, vetemjöl, vegetabilisk olja, kalciumkarbonat CaCO₃ (anti-caking agent klumpförebyggande medel E170), askorbinsyra E300, enzymer

D: Vetemjöl (25%), vegetabilisk olja (palm, raps) (20%), emuguleringsmedel E472e, E471 (20%), dextros (15%), förtjockningsmedel E412 (15%), surhetsreglerande medel E516 (2%), askorbinsyra E300 (2%), enzymer (vete) (<1%)

3.2.3 Vetebröd med respektive utan liggtid

Jämförande försök utfördes mellan vetebröd som bakats med respektive utan liggtid. En dubbel sats vetedeg tillreddes där halva mängden formades till bullar och frystes ned direkt. Andra halvan av degen tillreddes på samma sätt som i övriga bakförsök med 15 minuters liggtid innan formning. Fryslagring skedde i 1 respektive 2 veckor innan degämna tinades och gräddades enligt samma metodik som i övriga bakförsök. Som referensbröd användes degämna som utan fryslagring jästes och gräddades direkt efter formning. Försöket utfördes två gånger med samma recept och tillverkningsprocess som i övriga bakförsök med vetebröd.

3.3 Recept

Nedanstående recept och arbetsbeskrivning användes under bakförsöken. Dessa recept avser användning av färsk jäst. Vid bakning med fryst torrjäst räknades mängden jäst om till samma torrsubstansmängd. Samtidigt korrigerades vattenmängden så att totalvikten blev densamma som för färsk jäst.

3.3.1 Franskröd

Ingredienser	(g)
Vatten	700
Bagerivetemjöl	1344
Salt	21
Rapsolja	17,5
Fryspulver (Ymer)	21
Socketer	35
Jäst, färsk	56

Arbetsbeskrivning

Degbearbetning:	3+6 min
Liggtid:	15 min
Rasktid:	60 min
Rasktemp:	35°C
Raskfuktighet	70%
Ånga i ugn:	7 sek
Ugnstemp start:	240 °C
Baktemp:	220 °C
Baktid:	15 min (stickugn)
Uppslagning:	2,1 kg till rundrivaren = 30 bullar à 70 g

3.3.2 Vetebröd

Ingredienser	(g)
Vatten	500
Bagerivetemjöl	1250
Strösocker	200
Margarin	200
Salt	9
Fryspulver (Ymer)	17,5
Kardemumma	12,5
Jäst, färsk	75

Arbetsbeskrivning

Degbearbetning :	3 +8 min
Liggid:	15 min
Rasktid:	60 min
Rasktemp:	35°C
Raskfuktighet	70%
Ugntemp start:	200 °C
Baktemp:	200 °C
Baktid:	9 min

Uppslagning: 2,1 kg till rundrivaren ger 30 bullar à 70 g

3.3.3 VR-bröd

Ingredienser	(g)
Vatten	1000
Bagerivetemjöl	1200
Oblandad rågsikt	500
Sirap (mörk)	100
Salt	30
Rapsolja	30
Fryspulver (Ymer)	25
Jäst färsk	80

Arbetsbeskrivning

Degbearbetning:	6+3 min
Liggtid:	15 min
Rasktid:	60 min
Rasktemp:	35°C
Raskfuktighet	70%
Ånga i ugn:	7 sek
Ugntemp start:	240 °C
Baktemp:	220 °C
Baktid:	14 min

Uppslagning: 2,1 kg till rundrivaren ger 30 bullar à 70 g

3.4 Uppodling av ny stam – F81

En ny stam särskilt anpassad för frysta degar odlades upp i labfermentatorer och utvärderades senare i bakförsök och kemiska analyser. Stammen fick beteckningen F81 och odling skedde i två parallella fermentatorer med olika varianter av recept, varav det ena var anpassat för originaljäst och det andra för sötjäst. Dessa fick beteckningen Fe1 respektive Fe2. Under odlingsprocessen togs prover som senare analyserades med avseende på etanolhalt och torrsbstans (ts). Dessa tester indikerar hur jästens tillväxt fortlöper. För bagerijäst är det inte är önskvärt att etanolproduktionen är för hög. TS mättes både under olika tidpunkter i odlingsprocessen samt efter att den färdiga jästlösningen separerats och urvattnats. Båda dessa metoder syftar till sänka vattenhalten i jästen. Odlingen följde samma procedur som vid tidigare labodlingar hos Jästbolaget. Metodiken är densamma som vid storskalig produktion, men i betydligt mindre skala. En fermentator rymmer 12 liter.

3.5 Analyser av jästen

3.5.1 Torrsubstans

Torrsubstanshalten (TS) i jästen är nödvändig att känna till vid uträkning av halten kväve och trehalos i jästen. Den kan även kopplas till jästens egenskaper och jäskraft vid bakförsöken och är en viktig faktor vid jämförelse mellan olika jästprover. TS analyserades genom att en uppvägd mängd jäst löstes upp med avjoniserat vatten i en liten vågkopp som därefter fick stå i ett 105 grader varmt värmeskåp över natten. Vägning skedde därefter igen och torrsubstansen räknades ut genom att dividera den torkade vikten med den ursprungliga.

3.5.2 Protein och trehalos

Samtliga kemiska analyser följde Jästbolagets utarbetade instruktioner. Halten av kväve i jästproverna analyserades genom Kjeldahl-metoden i analysinstrumentet FIA (flow injection analysis), Foss. Proteinhalten räknades sedan ut med hjälp av en omräkningsfaktor. Trehalos analyserades enzymatiskt. Analyser genomfördes framförallt av de externa jästproverna från andra producenter liksom för den nya tyska stammen för frysta degar som odlades upp i labskala. Även vissa batcher av jäst från Jästbolaget analyserades som jämförelse.

3.5.3 Jäskraftsmätningar

Jästen som användes vid bakförsöken utvärderades genom mätningar av jäskraften. Detta är ett mått på den totala volymen CO₂ som jästen utvecklar i en definierad deg under en bestämd tid (60 min) och vid en viss temperatur (30°C). Det förhöjda trycket som bildas, med ökad mängd CO₂, mäts och räknas sedan om till volym CO₂. Jäskraften anges som ml CO₂/ g jäst under 60 minuter. Jäst, bagerivetemjöl, saltlösning och eventuellt socker blandades i ett degkärl enligt ett standardiserat recept. Både sockrad och osockrad deg användes till varje jästprov. Den sockrade degen innehöll 16,7% socker beräknat på mjölmängden. Den metod som användes är densamma som rutinmässigt används i produktionen hos Jästbolaget. Jäskraften ger en indikation på jästens hävningsförmåga vid bakning och kan korreleras till resultaten vid bakförsöken.

3.6 Statistisk analys

Till den statistiska analysen av resultaten från bakförsöken användes analysprogrammet Minitab och modellen ANOVA. Resultat med ett p-värde under 0,05 ansågs vara statistiskt signifikanta.

4. Resultat

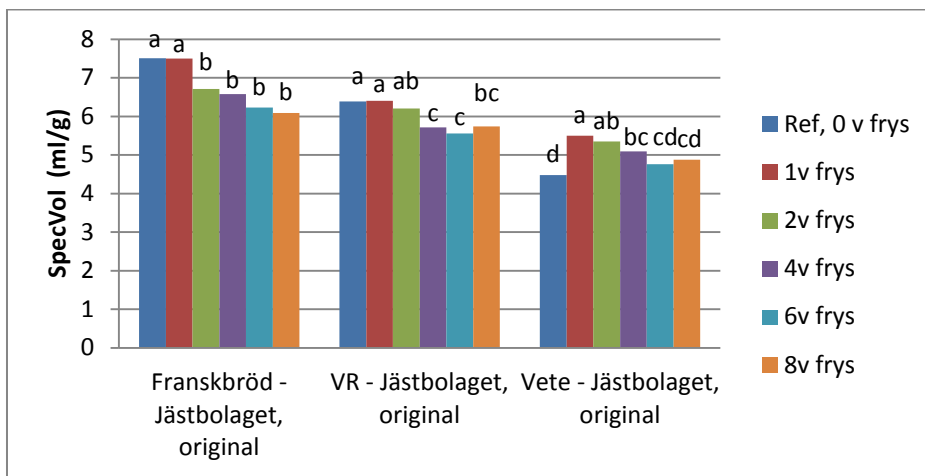
4.1 Brödvolymer

I följande avsnitt redovisas resultat från brödvolymmätningar för olika jästsorter.

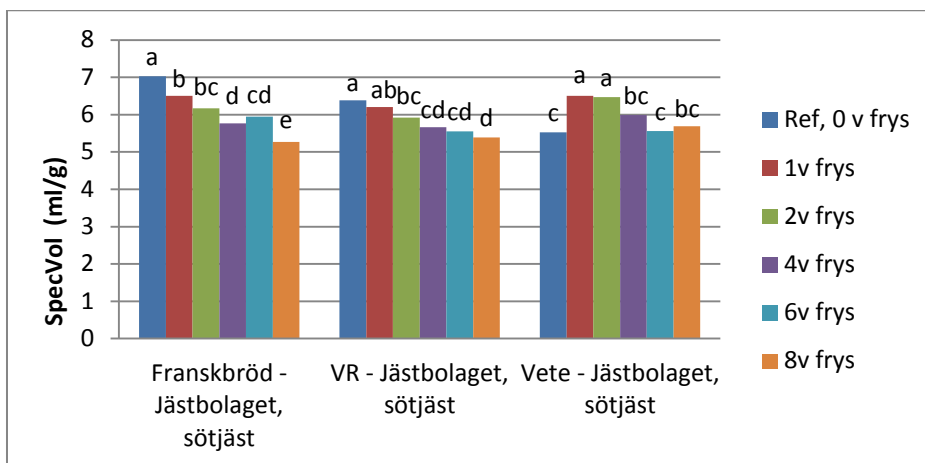
4.1.1 Jästbolaget, original- och sötjäst

Figur 1a visar att volymen av franskbröd bakat med originaljäst minskade signifikant efter 2 veckors fryslagring av degen jämfört med bröd från ofryst deg. VR-bröd minskade signifikant i volym efter 4 veckors fryslagring. Samma trend återfanns i motsvarande bröd bakat med sötjäst (Figur 1b). Vetebrödets volym ökade först under fryslagring för att sedan minska till den volym som erhöles för ofryst deg. Denna trend gällde för båda jästsorterna.

a)



b)

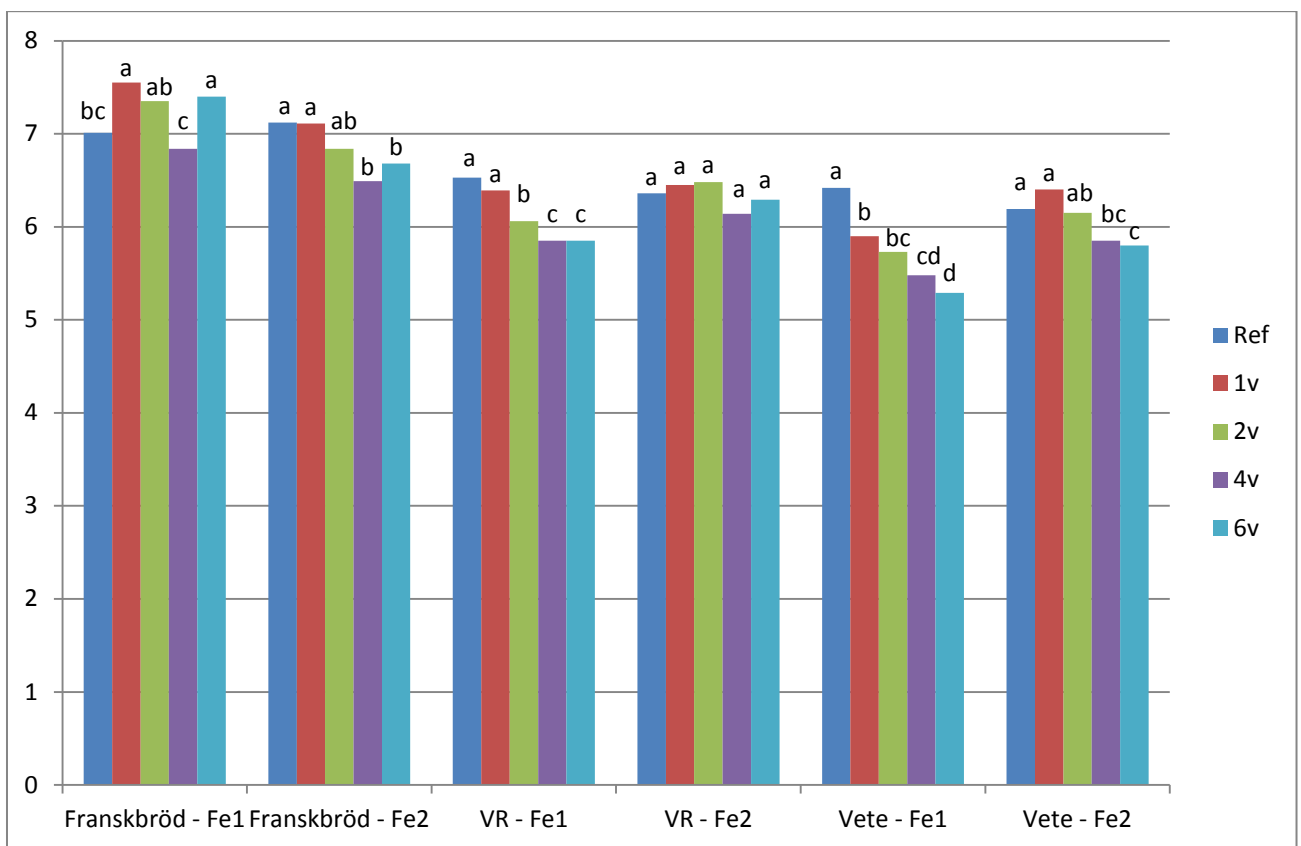


Figur 1 (a och b). Specifik volym för tre brödtyper som bakats med Jästbolagets originaljäst (a) respektive sötjäst (b). Varje stapel utgör ett medelvärde av 5 bröd avseende specifik volym efter olika frystider av degen. Degarna har fryslagrats olika tidsperioder från 0 till 8 veckor innan avbakning. Referensen avser bröd som bakats utan infrysning av degen. Olika bokstäver inom varje brödssort indikerar signifikant skillnad mellan volymerna inom varje grupp ($p < 0,05$).

I ett andra upprepande försök erhöles inte samma trend avseende sänkning i volym. Orsaken till detta är inte känt, annat än att andra jästbatcher användes.

4.1.2 Ny stam - F81

Figur 2 visar att brödvolymer minskade under fryslagringen i fyra av sex fall vid användning av F81, jämfört med brödvolymer hos bröd bakat med ofryst deg. Två olika odlingsrecept användes vid uppodling av stammen F81, benämnda Fe1 och Fe2. För franskbröden bakade på Fe1 skedde en signifikant volymökning vid det sista mätillfället efter 6 veckors fryslagring av degen medan bröden bakade på Fe2 istället minskade i volym under fryslagringen. VR-bröden bakade med Fe1 minskade däremot signifikant i volym medan de bakade på Fe2 bibehöll sin volym under fryslagringen. Vetebröden minskade i volym över tid för båda jästsorterna, dock med en kraftigare volymminskning av bröden bakade med Fe1.



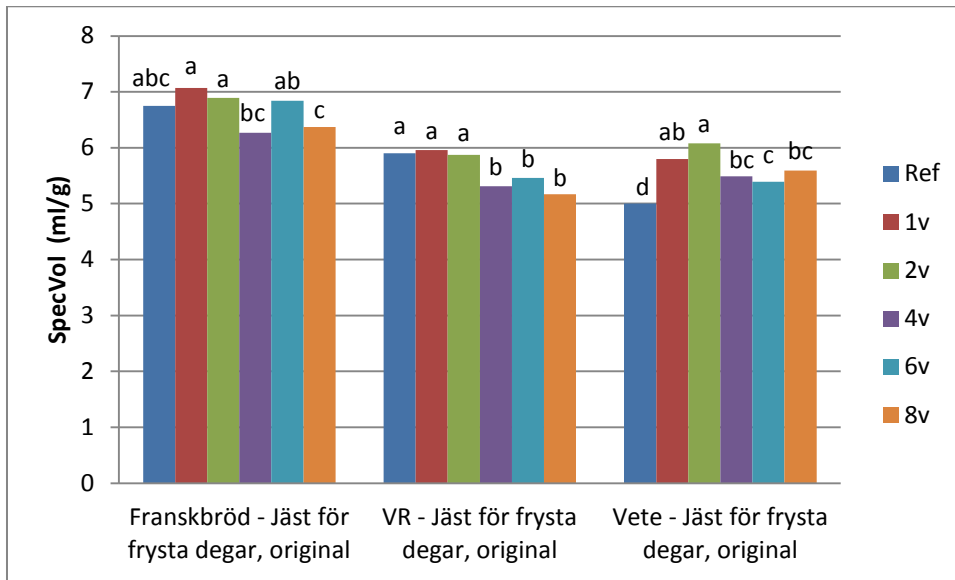
Figur 2. Specifik volym för tre olika brödtyper som bakats med den nya stammen F81. Fe1 respektive Fe2 är olika odlingsrecept. Fe1 är ett recept anpassat för originaljäst och Fe2 är ett recept anpassat för jäst för söta degar. Varje stapel utgör ett medelvärde av 5 bröd avseende specifik volym efter olika frystider av degen. Degarna har fryslagrats olika tidsperioder från 0 till 6 veckor innan avbakning. Referensen avser bröd som bakats utan infrysning av degen. Olika bokstäver indikerar signifikant skillnad mellan mätningarna inom varje grupp ($p < 0,05$).

Försöket upprepades inte varför resultaten ej går att verifiera, men indikationen är att Fe2 hade en något bättre frystolerans än Fe1 i både vetebröd och VR-bröd medan Fe1 gav en högre volym till franskbröden.

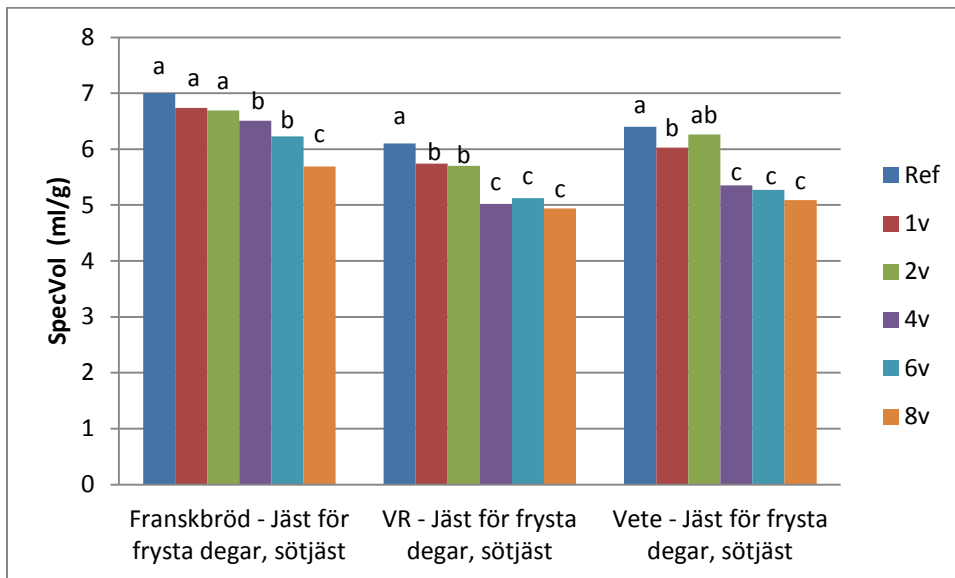
4.1.3 Original- och sötjäst anpassad för frysta degar

Figur 3 visar att brödvolymer sjunker med ökad fryslagringstid i fyra av sex fall jämfört med brödvolymer av ofryst deg. För bröden bakade på sötjäst är volymminskningen signifikant för alla brödtyper. VR-bröd bakat med originaljäst hade signifikant mindre volym efter 4 veckors fryslagring av degen jämfört med motsvarande bröd bakat av ofryst deg. Vetebrödet har istället en högre volym efter samtliga fryslagringstider jämfört med ofryst deg. Franskrödet minskade något i volym, men inte signifikant.

a)



b)

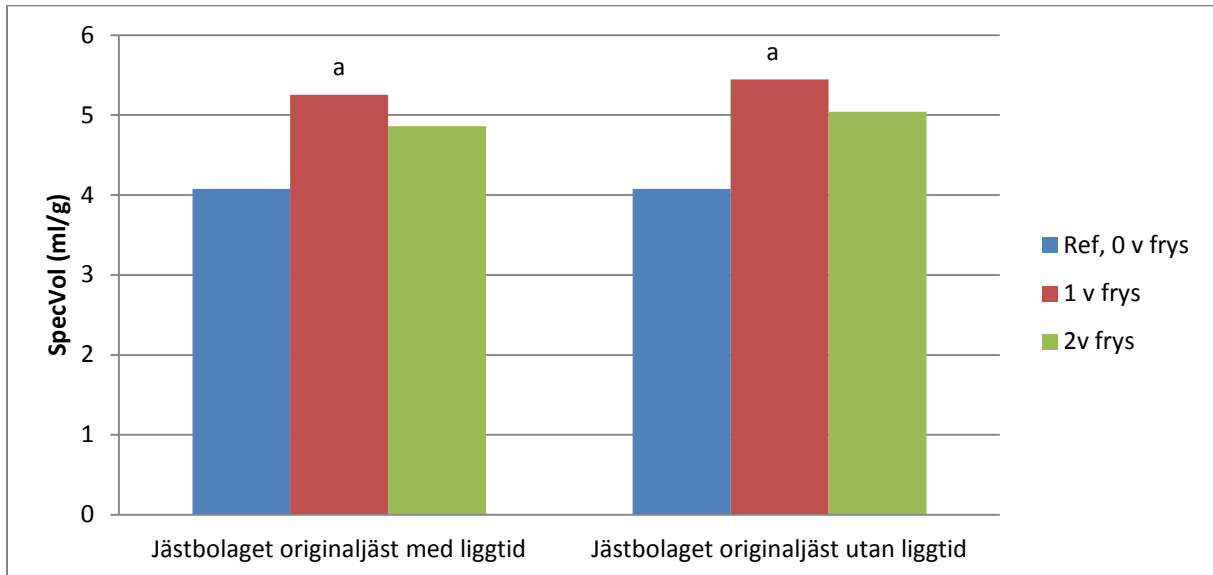


Figur 3 (a och b). Specifik volym för tre olika brödtyper som bakats med jäst anpassad för frysta degar, originaljäst (a) respektive sötjäst (b). Varje stapel utgör ett medelvärde av 5 bröd avseende specifik volym efter olika frystider av deg. Degarna hade fryslagrings olika tidsperioder från 0 till 8 veckor innan avbakning. Referensen avser bröd som bakats utan infrysning av degen. Olika bokstäver indikerar signifikant skillnad mellan volymerna inom varje grupp ($p < 0,05$)

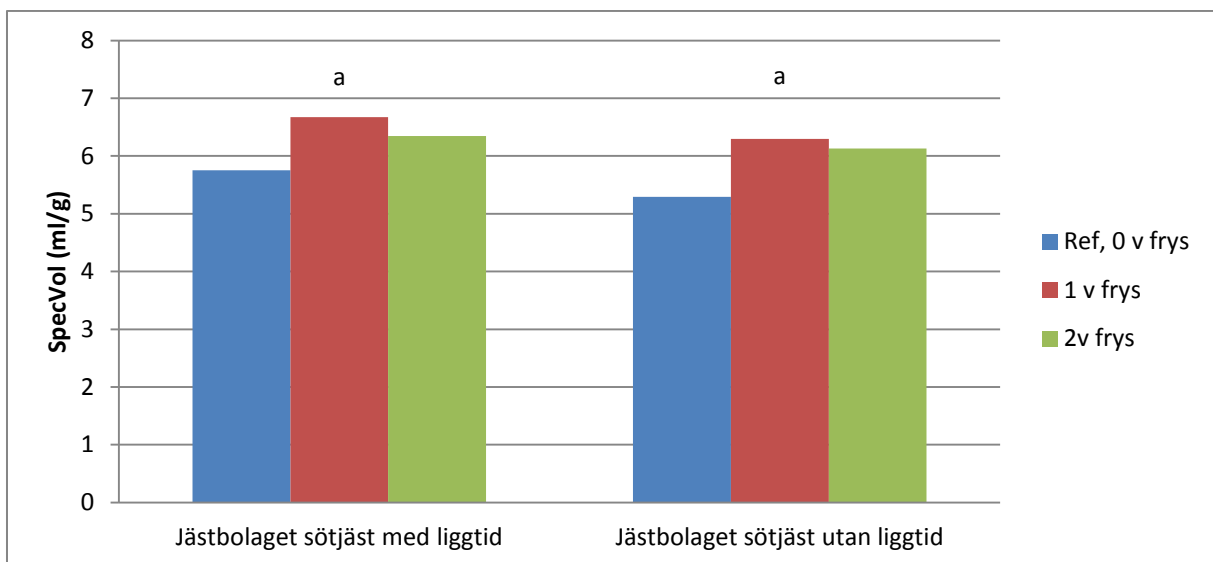
4.2 Vetebröd med respektive utan ligg tid

Figur 4 visar att ingen signifikant skillnad i volym gick att uppvisa för vetebröd som bakats med alternativt utan 15 minuters ligg tid, vid jämförelse med bröd som bakats på ofryst deg. Detta gällde för båda jästsorterna efter både 1 och 2 veckors fryslagring av deg.

a)



b)

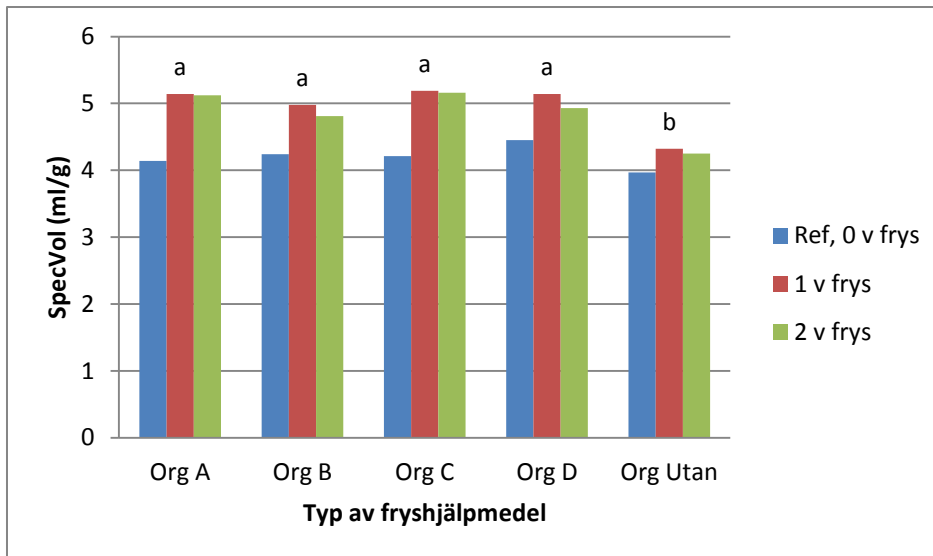


Figur 4 (a och b). Jämförelse av vetebröd bakat med Jästbolagets original respektive sötjäst. Bröden har bakats med alternativt utan 15 minuters ligg tid innan formning. Varje stapel utgör ett medelvärde från två utförda försök på totalt 10 bröd, 5 bröd i varje försök. Bröden har fryslagrats under 1 respektive 2 veckor och jämförelse har gjorts med referensbröd som bakats utan infrysning. Olika bokstäver indikerar en signifikant skillnad mellan volymerna ($p < 0,05$).

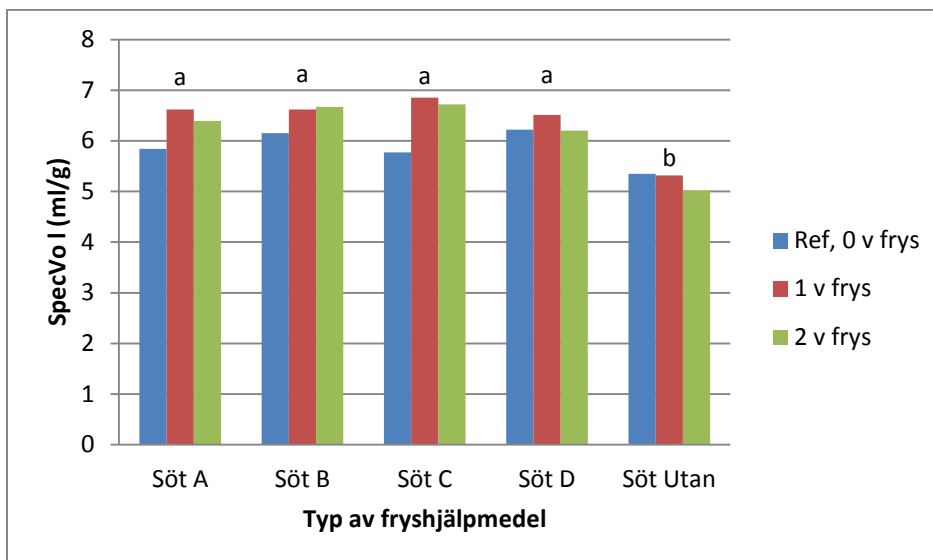
4.3 Bakförsök med olika fryshjälpmedel

Figur 5 (a och b) visar att ingen signifikant skillnad i volym föreligger mellan bröd som bakats med olika typer av fryshjälpmedel. Dessa är i figur 5a benämnda Org A, B, C och D respektive Söt A, B, C och D i figur 5b. En signifikant skillnad uppvisades dock mellan bröd bakade på fryshjälpmedel respektive de som bakats utan (Org Utan och Söt Utan). Detta gällde för båda jästsorterna. Fryshjälpmedel kan därför sägas ha en signifikant betydelse för brödets volym.

a)



b)



Figur 5 (a och b). Specifik volym för vetebröd bakat med olika varianter av fryshjälpmedel på Jästbolagets original respektive sötjäst. Varje stapel utgör ett medelvärde av 5 bröd avseende specifik volym efter olika frystider av deg. Bröden har fryslagrares olika tidsperioder från 0 till 2 veckor. Referensen avser bröd som bakats utan infrysning av degen. Olika bokstäver indikerar en signifikant skillnad mellan volymerna ($p < 0,05$).

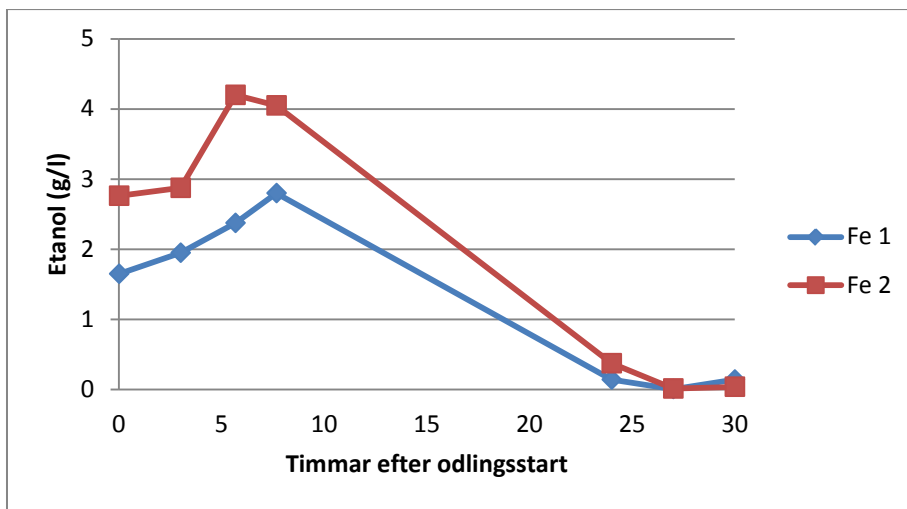
Försöken upprepades vid ett ytterligare tillfälle där trenden var densamma.

4.4 Uppodling av ny stam – F81

Den nya stammen med ökad frystolerans odlades upp i labfermentatorer. Två olika odlingsrecept användes vid uppodling av stammen F81, benämnda Fe1 och Fe2. I figur 6 och 7 redovisas den analyserade halten av etanol och torrsubstans under olika tillfällena i odlingsprocessen.

4.4.1 Etanol

Etanolhalten var något högre för Fe2 jämfört med Fe1 från odlingsstart och under större delen av odlingsprocessen (Figur 6). När odlingen avslutades hade dock båda varianterna i stort sett samma etanolhalt. Denna nivå var mycket nära noll och indikerar att jästen växt väl istället för att producera etanol.

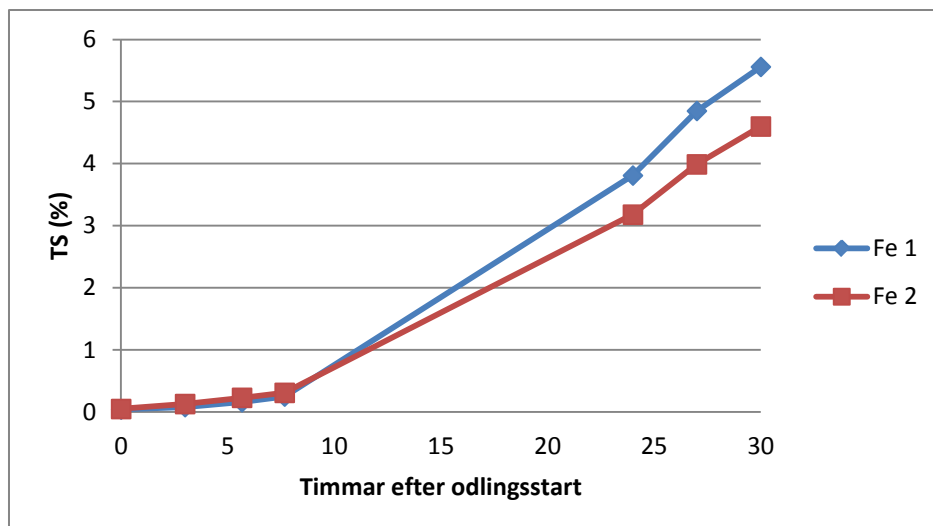


Figur 6. Mängd producerad etanol (g/l) från odlingsstart till slut för jäststammen F81 odlad enligt två olika recept (Fe1 och Fe2).

För jästen odlad enligt receptet Fe1 var etanolhalten störst åtta timmar efter odlingsstart varefter etanolproduktionen minskade kraftigt. Jästen odlad enligt Fe2-receptet hade högst etanolhalt efter knappt sex timmar, innan den började sjunka. Skälet till att etanolhalten sjunker är att den förbrukas av jästen.

4.4.2 Torrsubstans

Torrsubstansen (TS) mättes kontinuerligt under odlingen av stammen. Figur 7 visar kurvan för utvecklingen av TS under odlingens gång.



Figur 7. TS-halt för de två olika odlingsvarianterna Fe1 och Fe2 av F81 från odlingsstart till slut, innan separering och urvattnings stegen.

Under odlingsprocessens första 7-8 timmar var torrsubstanshalten på en relativt konstant låg nivå. Därefter skedde en brytpunkt med en kraftig ökning i torrsubstanshalten. Efter 30 timmar när odlingen avslutades var ts-halten för jästlösningen 4,5 – 5,5% (Figur 7). Efter den första separeringen av den fasta jästen från vätskefasen mättes ts-halten till 20,8% för Fe1 och 16,6% för Fe2. Efter ytterligare urvattning mättes den slutliga torrsubstansen till 31,3% för Fe1 respektive 30,4% för Fe2 vilket är en normal nivå för färsk jäst.

4.5 Analyser av jäst

I följande avsnitt redovisas resultat från de analyser som gjordes på jästsorterna avseende protein, trehalos samt torrsubstans (ts).

4.5.1 Torrsubstans

Sötjästen från Jästbolaget indikerade att ha en något högre ts jämfört med originaljästen, se Tabell 2. En trolig orsak är att sötjästen som analyserades var i form av 50-gramspaket medan originaljästen var i 1 kg paket. I det mindre paketet sker oundvikligen en större avdunstning. Den nya stammen, F81, hade en något högre ts-halt jämfört med Jästbolagets sorter och Fe1 hade högre ts än Fe2. Jästen anpassad för frysta degar kan inte jämföras med de övriga då det är en typ av torrjäst. Vid bakförsöken gjordes dock en omräkning av jästmängden för att anpassas till detta.

Tabell 2. Torrsubstanshalt (ts) för de jästsorter som använts vid bakförsöken. Värdena avser ett medelvärde av två analyser. Jästen anpassad för frysta degar är en variant av torrjäst och avviker från de övriga proverna som är färsk jäst

Jästsort	Medelvärde ts (%)
Ny stam f. frysta degar, F81, Fe1	31,3
Ny stam f. frysta degar, F81, Fe2	30,4
Jäst för frysta degar org	79,9
Jäst för frysta degar söt	79,6
Jästbolaget original	28,3±0,1 ¹
Jästbolaget sötjäst	29,2±0,5 ¹

¹ Analysen avser ett medelvärde ± standardavvikelse för de jästbatcher som användes vid bakförsöken. Varje jästbatch analyserades två gånger.

4.5.2 Protein och trehalos

Proteinhalten hos jästproverna varierade från 35,4 % för F81 Fe2 och upp till 46,4% för originaljästen anpassad för frysta degar, se Tabell 3. Högst värden för trehalos uppvisade jästen för frysta degar med värden på 22% för originaljäst och 17 % för sötjästen.

Tabell 3. Protein och trehalos i olika sorters jäst som användes vid bakförsöken. Värdena avser ett medelvärde av två analyser

Jästsort	Protein (% av ts)	Trehalos (% av ts)
Ny stam f. frysta degar, F81, Fe1	36,4	12,0
Ny stam f. frysta degar, F81, Fe2	35,4	14,5
Jäst för frysta degar original	46,1	22,0
Jäst för frysta degar söt	46,4	17,0
Jästbolaget original	41,4	10,3±4,8 ¹
Jästbolaget sötjäst	43,1	11,0±5,9 ¹

¹ Analysen avser ett medelvärde ± standardavvikelse för de jästbatcher som användes vid bakförsöken.

4.6 Jäskraftsmätning

De olika batcherna av varje jäst från Jästbolaget var jämna i jäskraft, vilket de låga standardavvikelserna i Tabell 4 visar. Detta innebär att val av jästbatch inte hade någon större effekt på resultaten vid bakförsöken. I osötade degar uppvisade originaljäst högre jäskraft än sötjäst som endast når upp till drygt halva värdet. I sötade degar är förhållandet istället det motsatta där sötjästen uppvisar högre jäskraft än originaljästen.

För den nya stammen, F81, gav jäskraftsvärdena för Fe1 indikationen att vara något högre än de för Fe2, framförallt i den sötade degen. För Fe1 var jäskraften i sötad deg högre än i osötad deg. För Fe2 låg dessa värden på exakt samma nivå. Detta kan härledas till att F81 är en stam framställd för att användas i sötade degar. Jämfört med Jästbolagets jäst för söta degar som har en relativt dålig tillväxt i degar med låg halt socker indikerade dock F81 att ha en markant högre jäskraft även i dessa osötade degar.

Jästen anpassad för frysta degar är en typ av torrjäst och har betydligt högre jäskraftsvärden än de andra sorterna av färskjäst. För denna sort har sötjästen betydligt högre jäskraft i sötade degar jämfört med originaljästen som istället är bättre i osötade degar (Tabell 4).

Tabell 4: Specifik jäskraft efter 60 minuter för olika de jästsorter som användes vid bakförsöken i osötad och sötad deg

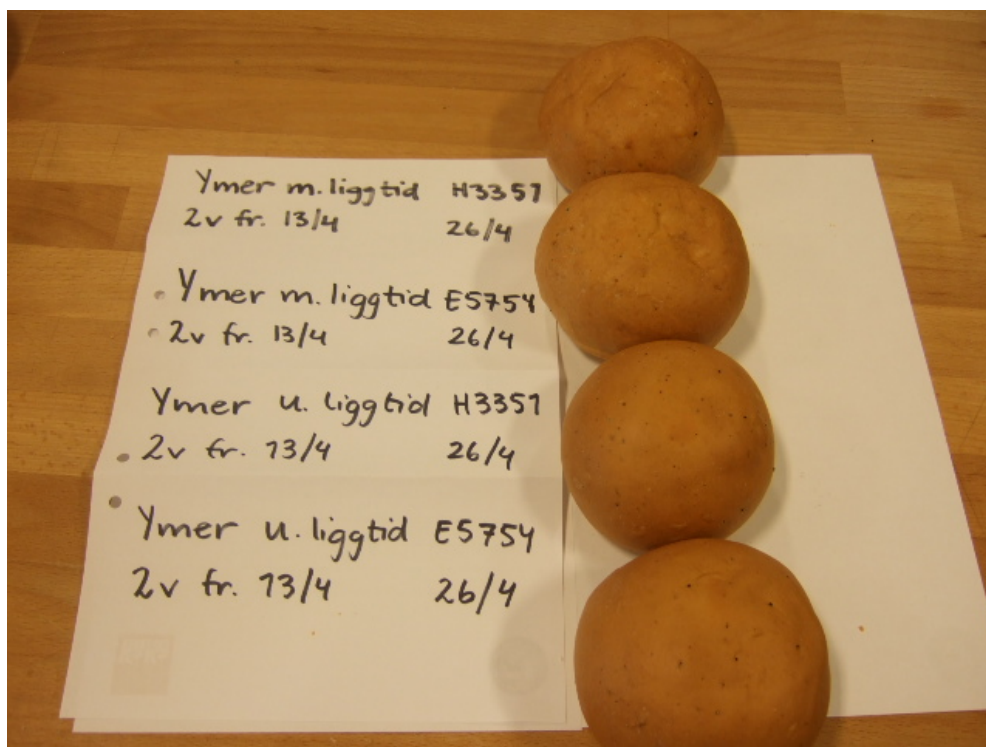
Jästsort	Specifik jäskraft Osötad deg	Specifik jäskraft Sötad deg
Ny stam f. frysta degar, F81, Fe1	66	78
Ny stam f. frysta degar, F81, Fe2	63	63
Jäst för frysta degar söt ²	173	192
Jäst för frysta degar original ²	282	149
Jästbolaget original	101±1,8 ¹	43±2,8 ¹
Jästbolaget sötjäst	54±1,3 ¹	69±2,3 ¹

¹ Analysen avser ett medelvärde ± standardavvikelse för de jästbatcher som användes vid bakförsöken.

² Jästsorten anpassad för frysta degar har en TS-halt på runt 80%. Mätvärdena är därför inte jämförbara med de övriga proverna som är färsk jäst.

4.7 Strukturbedömning

Fotografier togs vid samtliga bakförsök. Nedan redovisas iakttagelser som kunde göras utifrån bedömning av strukturen.



Figur 9. Vetebröd som bakats med respektive utan liggtid.

Figur 9 visar vetebröd som bakats med respektive utan 15 minuters liggtid. Bröden utan liggtid fick en synbar slätare och jämnare yta än de med liggtid. Detta fenomen var tydligt vid samtliga genomförda försök oavsett lagringstid i frysen.

Inga stora skillnader för inkråmets struktur gick att se mellan de olika fryslagringstiderna. Däremot påverkades utseendet på brödets skorpa av förvaringstiden i frysen. Ytan blev allmänt mer skrovlig och färgen ojämnare. I Figur 10 visas ett exempel på franskbröd med 4 veckors fryslagring där färgen på ytan är något ojämn. Även efter 1 veckas fryslagring (Figur 11) har försämringar skett och skillnaderna till referensbröden (Figur 12) är relativt markanta.



Figur 10. Franskbröd bakad på Jästbolagets jäst för söta degar med batchnummer E5754, 4 veckors fryslagring



Figur 11. Franskbröd bakad på Jästbolagets jäst för söta degar, 1 veckas fryslagring. Batchnumret är E5754 och inte E5752 som det felaktigt är angivet på bilden.



Figur 12. Franskröd bakad på Jästbolagets jäst för söta degar med batchnummer E5754, referens som gräddats utan fryslagring

I Figur 13 och 14 visas en jämförelse av franskröd bakad på originaljäst särskilt anpassad för frysta degar samt Jästbolagets originaljäst, båda med 4 veckors fryslagringstid. Franskröd bakad på jästen för frysta degar hade en jämnare färg och yta än franskröd bakad på Jästbolagets originaljäst. Bröden bakade på jästen för frysta degar var dock något skrynkligare vilket sannolikt beror på en högre volym. Inkråmets kvalitet är dock ungefär detsamma för de två brödvarianterna.



Figur 13. Franskröd bakad på jäst anpassad för frysta degar, original, 4 veckors fryslagring



Figur 14. Franskröd bakad på Jästbolagets originaljäst, 4 veckors frysning

5. Diskussion

Bakning med fryst deg har många fördelar, men projektet indikerar att kvaliteten på bröd försämras i takt med ökad fryslagringstid. Detta gäller både den specifika volymen som generellt sjunker liksom brödets allmänna utseende. I flera fall skiljde sig resultaten åt mellan de olika försöken vilket försvårar att dra statistiskt signifikanta samband, men det gick ändå att se en del tydliga trender. Det tydligaste mönstret var att volymen generellt sett sjunker gradvis med ökad fryslagring. I många fall ökade dock volymen till en nivå över referensbrödets volym efter första veckans fryslagring, och detta gäller i synnerhet vetebrödet där volymen ökade relativt kraftigt vid i stort sett samtliga försök. Särskilt för originaljästen var detta tydligt vilket troligen förklaras av att den jästsorten behöver längre tid för anpassning till det högre osmotiska tryck som föreligger i en deg med hög halt socker och fett. Denna möjlighet får den vid den relativt långa upptiningen/jäsningen efter fryslagringen.

Skillnaden i frystolerans var endast mindre mellan de olika jästsorterna. För Jästbolagets två sorter original och sötjäst, var det förväntat att sötjästen skulle klara sig bättre då den är utvecklad för att tåla det högre osmotiska tryck som föreligger i söta degar, vilket även inträder vid infrysning. Volymmätningarna efter olika perioder av fryslagring, visade dock att i majoriteten av fallen behöll originaljästen volymen bättre än sötjästen i förhållande till de ofryssta referensbröden. Detta indikerar följaktligen en högre frystolerans för originaljästen. Det måste dock beaktas att ursprungsvolymen ibland var högre för sötjästen, framförallt för vetebröden, men faktum kvarstår fortfarande. Detta är en iakttagelse som kan vara intressant att studera vidare i framtida försök.

Skillnad i volymförändring mellan den särskilt frysanpassade jästen och Jästbolagets jäst var inte särskilt stor och varierade mellan brödsorterna och mellan försöken. Troligen ger inte denna jäst särskilt stor fördel för volymen på de relativt korta fryslagringstider som testades i det här arbetet. En viss skillnad kunde dock iakttagas vad gäller brödens utseende, särskilt för franskbrödet. En jämförelse vid 4 veckors fryslagringstid visade på en märkbart finare yta för den frysanpassade jästen, se resultatdelen 4.7. Generellt påverkades utseendet på franskbrödet och VR-brödet betydligt mer av en längre fryslagringstid än vad utseendet på vetebrödet gjorde. Detta beror med största sannolikhet på att sockret och fett har en skyddande effekt på jästen/degen. En annan möjlig förklaring till utseendeskillnaden kan också vara att den frysanpassade jästen är en typ av torrjäst medan de övriga jästsorterna var färsk jäst. Vid jämförelse med annan icke frysanpassad torrjäst skulle skillnaden eventuellt inte bli lika stor.

Den nya stammen F81 odlades upp i två parallella fermentatorer med olika varianter av recept där det ena var anpassat för originaljäst och det andra för sötjäst. Dessa fick beteckningen Fe1 respektive Fe2. Resultaten indikerade att Fe1 gav högre volym till referensbröden av både VR- och vetebröd. Vid infrysning förändrades dock förhållandet då Fe2 hade högre volym än Fe1 samtliga veckor för båda brödsorterna. Detta indikerar att Fe2 har bättre frystolerans än Fe1 i sötade degar, men verifierades inte statistiskt.

För franskbrödet var förhållandet det motsatta där referensbröden bakade på Fe2 hade högre volym än de bakade på Fe1. Efter fryslagring hade dock bröden bakade på Fe1 betydligt högre volym vilket indikerar att det odlingsreceptet ger bättre frystolerans i degar med låg sockerhalt. Detta kan dock

endast ses som en indikation då försöken inte har upprepats. Jäskraftsanalyserna visade högre värden för Fe1 än Fe2 men detta slår uppenbarligen främst igenom för referensbröden och har mindre betydelse efter fryslagring. Även för de övriga jästsorterna märktes skillnader i jäskraften främst på referensbröden. Efter fryslagring jämnades skillnaden ut och inga tydliga samband gick att se. Andra faktorer verkar följaktligen ha större inverkan på brödvolymer efter fryslagring än jäskraften.

Hos bagerier får degarna ofta vila innan formning genom den så kallade liggtiden som är en typ av förjäsning. Huvudsyftet är att glutennätverket skall få möjlighet att vila och byggas upp. Den generella ståndpunkten i litteraturen gällande frysta degar är att degen bör frysas in så snabbt som möjligt för att erhålla ett bra resultat (Lallemand, 1996; Dunås, 1991). Eftersom det krävs en viss temperatur för att jäsprocessen ska starta kan detta förskjutas genom att använda låg temperatur på degvätskan. Vid en liggtid på 15 minuter som i detta projekt hinner jäsprocessen endast starta i begränsad omfattning. Försöken på vetebröd med/utan liggtid visade inte heller några signifikanta skillnader vad gäller volymen. Desto större skillnad var det på utseendet. Bröden utan liggtid hade en klart slätare och finare yta vid samtliga försök. Bröden med 15 minuters liggtid hade en allmänt mindre tilltalande skorpa som var skrovligare. Detta tyder på att metoden utan liggtid är att föredra.

Ingen signifikant skillnad gick heller att se mellan de olika varianterna av fryshjälpmedel. Skillnaden var dock signifikant jämfört med bröd som bakats utan fryshjälpmedel. Denna skillnad var betydande redan för referensbröden som inte frystes in, vilket visar att fryshjälpmedel har en stor effekt för volymen även för ofrysta bröd. Detta fenomen är dock inte förvånande då fryshjälpmedel innehåller många ingredienser som påverkar brödets volym, såsom extra gluten, emulgeringsmedel och askorbinsyra (Selomulyo, 2007).

Trehaloshalten i den jäst som analyserades varierade en del både mellan jästsorterna och mellan de olika analyserna. Värdena varierade från ca 10% upp till 22% av torrsubstanshalten. Högst värden erhöles hos den frysta torrjästen särskilt anpassad för frysta degar, och i synnerhet hos originalsorten. Denna frysanpassade jäst har med stor sannolikhet odlats fram med denna egenskap i beaktande då en hög halt trehalos är en av parametrarna för jästens stabilitet vid bakning med frysta degar. Trehalos är en form av reservnäring för jästen och förbrukas därmed under lagringstiden. Halten av trehalos i jästen varierar därför bland annat beroende på jästens ålder. Bröden bakade med originaljästen bibehöll volymen i högre grad jämfört med bröden bakade på sötjäst vilket möjligen trehaloshalten är en bidragande faktor till. Hos övriga jästsorter gick det dock inte att se samma tydliga trend, utan skillnaden i volym berodde snarare på brödtyp. Jästens innehåll av protein har ett positivt samband till brödets volym. Proteininnehållet skilde sig främst åt mellan den frysanpassade torrjästen och de övriga färska jästsorterna vilka var relativt likartade i proteininnehåll. Inga direkta samband mellan proteinhalten i jästen och brödvolymer gick dock att se, förmodligen har denna effekt överskuggats av andra faktorer.

Odlingen av den nya stammen fungerade väl. Tillväxten var god och produktionen av etanol låg vilket är önskvärt vid framställning av bagerijäst. Analysvärdena av trehalos låg något högre än för Jästbolagets sorter medan proteinhalten var lägre.

För att verkligen kunna utvärdera en jästsorts frystolerans krävs förmodligen försök med längre infrysningsperioder. Antagligen är det främst då som en särskild frystolerant jäst kommer till sin fulla rätt. För kortare infrysningsperioder är åtminstone volymskillnaden efter 1 och 2 veckor så pass liten att användningen av frystolerant jäst antagligen inte blir lönsam ur ekonomisk synvinkel. Utseendet

kan dock eventuellt påverkas mer. Efter fryslagring kan jäsningsstiderna behöva förlängas för att kompensera för den förlust i gasproduktion som sker hos jästen. Möjligen är detta en fördel hos en frystolerant jäststam, dvs. att en högre gasproduktion bibehålls. Det innebär i sin tur att en mindre mängd jäst behöver tillsättas till degen och möjligen även att det går att använda kortare jästtider. Andra fördelar med frystoleranta stammar kan vara att fler jästceller överlever en längre fryslagringstid samt att jästen är mer tolerant för fluktuerande frystemperaturer (Dunås, 1991). För mindre bagerier som tillämpar kortare fryslagringstider finns förmodligen inget skäl till att betala ett högre pris för en frystolerant jäststam. En del av jäskraften går oundvikligen förlorad under infrysningsperioden men andra faktorer har totalt sett större påverkan än själva jästen, även fast den är en av flera viktiga parametrar.

Jämfört med försök i till exempel laboratorium är det vid bakförsök svårt att alltid ha konstanta förhållanden, vilket försvårar möjligheten att dra tydliga slutsatser. Det finns ett stort antal faktorer som kan påverka resultatet och listan på möjliga felkällor går att göra lång. Några exempel är variationer bland bakråvarorna, framförallt mjölet (vattenupptagningsförmåga, falltal etc.), temperatur på ingredienser och omgivning, bearbetningstid, degblandarens funktion och fel vid tillsats av ingredienser. Andra faktorer är rundrivarens funktion vid formning av bullarna, styvheten på degen, temperatur och fuktvariationer i raskskåpet, kylan, frysen samt ugnen. Placering av plåtarna liksom det totala antalet plåtar i ugnen och antalet bullar på dessa påverkar också. Det är dessutom svårt att alltid hålla exakt lika långa jäs-, ligg- samt upptiningstider. Under projektets gång krävdes det även en förflyttning av plåtarna från en fryslagring till en annan. Under denna förflyttning hann bullarna till viss del börja tina vilket inte är optimalt då temperaturfluktuationer kan ha en inverkan på resultatet. Andra rent praktiska problem såsom att det inte alltid gick att baka på exakt rätt dag i bageriet har också en påverkan. Till sist påverkar även variationer hos jästen vad gäller ålder, jäskraft, innehåll av trehalos, protein och torrs substans.

Eventuellt skulle en anpassning av jäsningsstiderna ha gjorts beroende på typ av jäst som användes. Sötjästen jäser betydligt snabbare än originaljästen i sötade degar och skulle möjligen ha behövt en kortare jäsningsstid för åtminstone vetebröden. Detta för att undvika uppkomsten av de stora luftbubblorna som uppkom vid majoriteten av bakförsök. En mer rättvis metod kan vara att jäsa bröden till samma volym istället för att använda samma jäsningsstider.

Det är inte heller helt okomplicerat att representativt jämföra bröd från ofrost deg med bröd från fryst deg. Detta på grund av att det är omöjligt att ha lika förhållanden vid upptining och jäsningsstider för degämnen som bakas ofrost eller efter fryslagring. Eventuellt skulle "referens-brödet" ha frysts in över en natt istället. Ett annat alternativ skulle kunna vara att i första hand jämföra bröden från en veckas infrysning och framåt.

Viktigt är också vilken infrysning och upptiningsmetod som används. Snabb infrysning, så kallad chockinfrysning, är potentiellt mer skadligt för jästen. Långsammare infrysningsmetoder är därför att rekommendera. Temperaturvariationer under fryslagringen bör också undvikas för att bibehålla brödets kvalitet i största möjliga mån (Yi & Kerr, 2009; Dunås, 1991). I början av projektet gjordes en jämförelse av två upptiningsmetoder. I den första tinades degämnen i kylskåp (5°C) över natten i ca 17 timmar. De fick sedan stå i rumstemperatur i 40 minuter och till sist i raskskåp i 1 timme (35°C och 70% luftfuktighet). Den andra metoden innebar att bröden ställdes 90 minuter i rumstemperatur direkt efter att de tagits ut från frysen. Därefter fick även de stå 1 timme i raskskåp. Resultaten visade att de degämnen som tinats i kylan över natt fick betydligt högre volym som färdiggräddade bröd än de som

ställdes direkt i rumstemperatur. Denna upptiningsmetod användes därefter till samtliga bakförsök. Viktigt att ta i beaktande är dock att de degämnen som stod i kylskåp fick betydligt längre tid att tina upp varför metoderna förmodligen inte är helt jämförbara. Det är möjligt att om tiden i rumstemperatur förlängdes för degen som togs direkt från frysen så skulle skillnaderna jämnas ut. För att få en så jämn jäsprozess som möjligt i hela degstycket är det dock önskvärt att eftersträva långsam temperaturökning. Annars finns risk att ytskiktet börjar jäsa före innanmätet av degämnet. I teorin är det därför optimalt att tina degämnena i kylskåp innan de ställs i rumstemperatur respektive raskskåp. Detta är extra viktigt vid bakning med större degstycken där temperaturskillnaden blir större än vid bakning med mindre bröd. En annan iakttagelse under bakförsöken var betydelsen av att täcka över bröden vid infrysningen. Detta för att undvika uttorkning av ytan som leder till ofördelaktigt utseende vid gräddningen. Vid de första inledande försöken frystes bröden in utan övertäckning vilket visade detta mycket tydligt.

Exempel på ytterligare faktorer som kan ha påverkat resultatet är att samtliga plåtar under bakförsöken täcktes med plast direkt när de sattes in i frysen. Plasten har dock en isolerande effekt och temperatursänkningen hos degämnena går långsammare. Vidare tillsattes alla ingredienser samtidigt innan degbearbetningen startades. Möjligen är det positivt att tillämpa fördröjd tillsats av salt respektive jäst. En senare tillsats av salt har syftet att maximera degutvecklingen och/eller att kunna använda kortare blandningstider, vilket i sin tur ger lägre degtemperaturer. Det senare är positivt ur jästsynpunkt då jäsprozessen förhindras att starta före infrysningen.

Sammanfattningsvis är jästen en, av flera andra, viktiga pusselbitar vid bakning med frysta degar. Jästens stabilitet påverkar slutresultatet, men med stor sannolikhet har inte typen av jäst störst påverkan utan de olika processparametrarna vid bakningen har istället kombinerat en större effekt som överskuggar jästens inverkan. Med rätt tillverkningsprocedur räcker förmodligen den vanliga bagerijästen till mycket väl. Särskilt frystoleranta jäststammar kan troligen visa upp en högre frystolerans med ett större antal levande celler efter infrysning. Denna skillnad är dock relativt liten exempelvis jämfört med betydelsen av att använda fryshjälpmiddel, längden på liggtiden, infrysning/upptiningsmetod mm. Vid längre infrysningsperioder kan eventuellt skillnaden bli större. I det här arbetet utvärderades främst volymen på de färdiggräddade bröden vilket är en god måttstock på hur väl jästen klarat infrysningen. Kvaliteten på bröden avgörs dock inte enbart av volymen utan även av texturen på inkråmet, skorpans utseende och sensoriska attribut bland annat. Detta har kommit i andra hand vid denna studie men är minst lika viktigt vid bedömning av slutresultatet. De iakttagelser som gjorts under studiens gång och även dokumenterats via fotografier visar framförallt att utseendet av brödets yta försämras med ökad fryslagring då det blir ojämnare både vad gäller strukturen och färgen.

Med hänsyn till att så många faktorer påverkar måste det avslutningsvis göras en reservation för att andra försök med skilda metoder eventuellt skulle visa andra resultat. Bara för att försöken i detta projekt inte visade några större skillnader i frystolerans mellan olika jästsorter är det inte säkert att detta skulle vara fallet om de yttre förutsättningarna skulle ändras, t ex med andra brödrecept eller med andra infrysnings- och upptiningsmetoder. Små variationer i metoden kan ge stora skillnader i resultat.

6. Slutsats

Jäst är endast en av parametrarna för slutresultatet vid bakning med frysta degar. Tillvägagångssättet vid produktionsprocessen har minst lika stor betydelse liksom att använda fryshjälpmedel. Arbetet visar att volymen på bröd generellt sjunker gradvis med ökad fryslagringstid. Förklaringen är med största sannolikhet en kombination av minskad jäskraft och vekning av glutennätverket. För vetebröd med hög halt socker och fett ökar dock brödvolymer efter första veckans fryslagring innan den börjar sjunka. Detta gällde i majoriteten av bakförsök för olika jästsorter.

Omfattningen av brödens volymminskning är relativt begränsad för samtliga jästsorter i de tre brödtyperna. Brödets utseende påverkas desto mer. Ytan blir ojämnare, spricker och blir allmänt mindre tilltalande efter fryslagring. Även färgen påverkas och blir mer ojämn. Denna skillnad är särskilt tydlig för franskbröd och VR-bröd medan den är mer begränsad för vetebrödet, där förmodligen sockret och fett har en positiv inverkan. Försöken utan och med olika typer av fryshjälpmedel visar att det var större skillnad mellan att använda fryshjälpmedel eller inte än mellan de olika sorterna. Försöken med/utan liggstid för vetebröd visade ingen signifikant skillnad för brödvolymer men bröden bakade utan liggstid hade en mer fördelaktig struktur. Upprepningar av bakförsöken har dock visat på en del motstridiga resultat vad gäller volymförändring under fryslagring. Detta har försvårat möjligheten att dra några statistiskt signifikanta slutsatser.

7. Referenser

- Bhattacharya, M., Langstaff, T. M., Berzonsky, W. A. (2003). Effect of frozen storage and freeze–thaw cycles on the rheological and baking properties of frozen doughs. *Food Research International* 36: 365–372
- Cauvain, S. P., Young, L. S. (2007). *Technology of breadmaking*, Springer.
- Eckardt, J. (2011). The microstructure of dough and bread—effect of fiber, freezing temperature and storage time.
- Gélinas, P., Deaudelin, I., Grenier, M. (1995). Frozen dough: effects of dough shape, water content, and sheeting-molding conditions. *Cereal Foods World* 40: 124–126.
- Gil, M. J., Callejo, M. J., Rodríguez, G. (1997). Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrument evaluation. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 205: 268–273.
- Girhammar, U. (1996) Jästboken – bagerijästen i teori och praktik. Jästbolaget
- Gray, J. A., Bemiller, J. N. (2003). Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2: 8-10.
- Havet, M., Mankai, M., Le Bail, A. (2000). Influence of the freezing conditions on the baking performances of French frozen dough. *Journal of Food Engineering* 45: 139–145.
- Inoue, Y., Sapirstein, H., Bushuk, W. (1995). Studies on frozen dough. IV. Effect of shortening systems on baking and rheological properties. *Cereal Chemistry* 72: 221-226.
- Jästteknik (2012), Intern utbildning, Jästbolaget
- Kulp, K., Lorenz, K., Brümmer, J. (1995). Frozen and Refrigerated Doughs and Batters. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Lallemand (1996), Frozen dough, *Baking Update* Volume1 / Number 18
- Linden, G., Lorient, D. (1999). New ingredients in food processing, biochemistry and agriculture, Cambridge: CRC Press
- Mazur, P. (1970). Cryobiology: the freezing of biological systems. *Science*, 168, 939-949.

- Morris, G.J., Winters, L., Coulson, G.E. and Clarke, K.J. (1986) Effect of osmotic stress on the ultrastructure and viability of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of General Microbiology*. 129:2023-2034
- Ribotta, P. D., Leon, A. E., Anon, M. C. (2003). Effects of yeast freezing in frozen dough. *Cereal Chemistry* 80: 454–458.
- Ribotta, P. D., Pérez, G. T., León, A.E., Anon, M. C. (2004). Effects of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids* 18: 305-313.
- Rosell, C. M., Gómez, M. (2007). Frozen dough and partially baked bread: An update. *Food Reviews International* 23: 303-319.
- Selomulyo, V. O., Zhou, W. (2007). Frozen bread dough: effects of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science* 45: 1-17.
- Soo Kim, Y., Weining, H., Guocheng, D., Zhengxing, P., Okkyung, C. (2008). Effects of trehalose, transglutaminase, and gum on rheological, fermentation, and baking properties of frozen dough. *Food Research International* 41: 903-908
- Stauffer, C. E. (1993). Frozen Dough Production. In B. S. Kamel & C. E. Stauffer (Eds.), *Advances in Baking Technology*, 88–106. New York: VCH Publishers.
- Yi, J. & Kerr, W. L. (2009). Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LTW-Food Science and Technology* 42: 1474-1483.
- Zounis, S., Quail, K. J., Wootton, M., Dickson, M. R. (2002) Effect of final dough temperature on the microstructure of frozen bread dough. *Journal of Cereal Sciences* 36: 135-146.

Tack

Jag vill först och främst ge ett varmt tack till min huvudhandledare Emma Haglund på Jästbolaget som välvilligt hjälp till och kommit med värdefulla råd under arbetets gång. Tack även till de övriga i styrgruppen, Lotten Nilsson som varit involverad i bland annat arbetets upplägg och Ronny Björklund som hjälpt till med det praktiska i bageriet och kring bakförsöken.

Sänder en tacksamhet även till övriga medarbetare på Jästbolaget/KåKå som bidragit med sin kompetens och gjort min tid på Jästbolaget intressant och trivsamt. Tiden hos er har gett mig många nya erfarenheter och roliga minnen.

Vill också tacka min handledare på SLU, Lena Dimberg, för all hjälp med framförallt statistiken och textens utformning.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Bröd är en färskvara som snabbt blir torr och förlorar i smak. Försämringen gör att brödet kort tid efter tillverkningen blir svår att sälja. Bagerier behöver därför metoder för att på ett rationellt och ekonomiskt sätt kunna erbjuda kunderna färskt bröd och samtidigt försöka minska svinet. En metod är att frysa in degen under olika steg i tillverkningen. Detta kan antingen ske direkt efter formning av degen utan jäsnings, alternativt efter att degen fått jäsa helt eller delvis färdigt. Ett annat alternativ är det som i dagligt tal kallas bake-off, det vill säga att degen får jäsa och gräddas halvklar innan bröden fryses in. Syftet för samtliga metoder är att kunna effektivisera bakningen men ändå snabbt ha tillgång till färskt bröd.

Ingredienserna i brödet påverkas dock ofrånkomligt vid infrysning. Även glutenstrukturen som är viktig för brödets textur och tuggmotstånd bryts delvis ned vid fryslagring. Den brödingrediens som påverkas mest av att frysas in är med stor sannolikhet jästen. Jästcellerna förlorar en del av sin livskraft och därmed gasproducerande förmåga i degen. Vissa jästceller sprängs även och läcker ut ämnen som påverkar glutennätverket negativt. Alla dessa effekter påverkar volymen på det färdiga brödet negativt.

Tillvägagångssättet vid bakningen och val av ingredienser får därför stor betydelse för brödets slutliga kvalitet. I detta projekt har det studerats hur jästen påverkas i deg som fryses ned. En frågeställning har varit om det är någon skillnad mellan olika jästsorter. Flera jästsorter från olika producenter har testats i bakförsök och andra tester avseende bland annat jäskraft och innehåll av olika mineralämnen. Dessa faktorer påverkar hur mycket gas jästen producerar i degen, hur väl den klarar infrysningen och därmed hur stor volym det färdiga brödet får. En del jästsorter har varit framtagna särskilt anpassade till deg som fryses ned. En ny stam anpassad till frysta degar har också odlats upp i labfermentatorer och därefter testats som de övriga jästsorterna. För att utvärdera hur väl degen har klarat infrysningen har de färdiga brödens volym mätts. Detta ger ett bra mått på både jästens livskraft och glutennätverkets styrka i det färdiga brödet efter fryslagring och gräddning.

Resultaten visade att skillnaden mellan olika jästsorter var relativt marginell. De särskilt frysanpassade jästsorterna visade ingen tydlig trend att klara av infrysningen bättre. Majoriteten av bröd minskade i volym i takt med ökad fryslagring vilket stödjer teorin att jäst förlorar i livskraft i takt med längre fryslagring. Hur stor betydelse glutennätverkets nedbrytning har i detta är dock svårt att säga. Möjligen skulle skillnaden mellan de olika jästsorterna bli större om degen frystes ned under längre tidsperioder än i detta försök, där maxtiden var 8 veckor. Inte bara volymen påverkas dock vid nedfrysning av degen, utseendet på bröden påverkas i minst lika hög grad. För både volymen och utseendet har val av ingredienser och tillvägagångssättet vid bakningen stor betydelse för slutresultatet. Tillsats av fryshjälpsmedel är en av de viktigaste aspekterna. Detta stödjer både jästen och glutennätverket i degen och ökar chanserna till ett gott slutresultat.

