

Lite kort om jäst och jäsprozess

Fredrik Rådesand, 2005

carlsbergerensis@hotmail.com

Innehåll

0. Inledning

1. Lite mer om Ale-, Lager- och Vinjäst

1.1 Mikroorganismer

1.2 Cellens uppbyggnad

1.3 Jästens liv och delningscykel

1.4 Jästens metabolism - energiproduktion

1.5 Jästens metabolism - administration/underhåll, stresshantering och energibalans

1.6 Jästens metabolism - smakbildning

2. Jästgiva

2.1 Förkultur

2.2 Syresättning

2.3 Några enkla tester av jäst

2.3.1 Räkna celler

2.3.2 Bestäm % levande celler

2.3.3 Uppskatta hur "pig" jästen är

3. Jäsprocessens dynamik

3.1 Indelning

3.2 Lagfas

3.3 Accelerationsfas

3.4 Jästopp

3.5 Deaccelerationsfas

4. Utjäsnings

4.1 Vörtens beståndsdelar

4.2 Uppskattning av FG

5. Referenser

(0) Inledning

Denna artikel är baserad på min egen förståelse av jäst och dess funktion i en öljäsning, och bör läsas därefter. Var och en uppmanas att bilda sin egen uppfattning. Teoretiska spekulationer i all ära, men det ultimata måttet är naturligtvis smaken, dvs god öl. Men detta till trots kan de teoretiska resonemangen kan också göra det roligare och mer spännande, och ibland rent av ge en och annan ny idé.

Avsnittet **Lite mer om Ale-, Lager- och Vinjäst** avser att ta upp lite grand av jästens biologi i stora drag, samt några av de viktigaste kemiska processerna som sker i cellen under en öljäsning.

Under **Jästgiva**, så försöker jag redogöra kort för några faktorer som är av vikt när man förbereder sin jäst. Hur många celler behöver man? Varför måste man syresätta? Vad händer om man inte gör det? Hur vet man om jästen är död eller levande? Hur vet man hur många celler man har?

Jäsprocessens dynamik är en liten mer teknisk betraktelse av själva jäsförloppet. Varför tar det sån tid innan jäsningsen kommer igång? Varför bubblar det mer och mer, tills det bubblar för fullt, sen bubblar det långsammare? Vad sysslar jästen egentligen med under de olika faserna i jäsningsen? Och vilken inverkan på detta förlopp har jästgivan, syresättningen och vörtens sammansättning?

Utgjäsning - FG blev bara 1.015 men receptet säger att det ska bli 1.012. Vad har jag gjort för fel? Jästtillverkarens data säger att jag ska ha 75-80% skenbar utgjäsning. Jag fick 85% - hur är det möjligt? En kort beskrivning av vilka faktorer påverkar utgjäsningen av vörten.

De **Referenser** jag tar upp är några utvalda källor till information som jag själv haft stor nytta av.

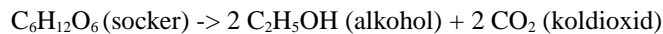
(1) Lite mer om Ale-, Lager- och Vinjäst

(1.1) Mikroorganismer i mat/dryck

Biologer brukar prata om olika typer av mikroorganismer. **Aeroba** (de som kräver syre för att växa), **anaeroba** (de som inte kräver syre för att växa), samt **fakultativa anaeroba** (de som kan växa såväl med syre som utan).

Jästa drycker såsom mjöd, vin och öl är till stor del resultatet av en anaerob biologisk process.

Ofta beskrivs en jäsningsprocess enkelt som



Detta är en bra övergripande beskrivning då storleksordningen 95% av allt socker möter detta öde vid en bra utjäsning och nästan allt av de resterande 5% hamnar som byggstenar i ny jäst (tillväxt).

Men de övriga ämnen som är ansvariga för olika smaker är en tämligen marginell del av den totala processen - procentuellt sett, men för oss bryggare är det ofta i dessa små marginaler som skillnaden mellan en bra och en dålig öl ligger. Dessa ämnen är bland annat estrar, högre alkoholer, aldehyder, ketoner.

Den övergripande, enkla beskrivningen ovan, ger oss vid första anblicken inga ledtrådar till hur man kan kontrollera dessa marginella men ändå avgörande delar av bryggningen. Att se på jäst som en "katalysator" som man strör/håller i sin vört för att katalysera den kemiska reaktionen socker \rightarrow alkohol + koldioxid är en oacceptabel förenkling om man vill försöka förstå en öljäsnings bättre. Jästen är en levande organism med vissa behov och bör beaktas som en sådan.

Jäst är en **fakultativ anaerob** organism, som innebär att den kan föröka sig i syrerika såväl som i syrefria miljöer. Bortsett från den initiala syresättningen av vörten som vi bryggare gör (jag återkommer till detta senare) så är vört en syrefri miljö.

Detta att jämföras med ättiksyrabakterien som är en **strikt aerob** organism, vilket innebär att om den inte får syre så kan den inte föröka sig. Observera att det inte betyder att den dör, det betyder bara att den inte växer.

Med detta som bakgrund är det intressant att försöka förstå den organism som ligger bakom vår öl. Bryggaren vill göra god öl, men vad vill jästen? Vill den också göra god öl? Knappast. Etanol är snarare en biprodukt som jästen helst vill bli av med illa kvickt. Bildning av estrar och andra smaker gör jästen pga egoistiska motiv för att det gynnar den själv. Jästen försöker överleva och föröka sig genom att ständigt anpassa sig till omgivningen som alla levande organismer. Därför är det bryggaren som måste se till att förstå jästens behov och lägga alla omständigheter runt omkring jäsningsen till rätta för att smaken på ölen ska bli så god som möjligt.

Saccharomyces Cerevisiae är vad som brukar kallas "alejäst"
Saccharomyces Carlsbergerensis/Uvarum brukar kallas för "lagerjäst"
Saccharomyces Pastorianus/Bayanus brukar kallas "vin- och champagnejäst".

Det finns många olika jäststammar att välja på som är genetiskt olika men de tillhör ändå samma art och har väldigt mycket gemensamma mekanismer, vilket underlättar. De grundläggande mekanismerna för förökning, energiproduktion etc är identiska mellan alla jäster vi använder.

För att nämna en skillnad mellan lager och alejäst har tex lagerjäst de gener som krävs för att förjása melibios (en disackarid), vilket inte alejäst har. Raffinos (trisackarid) bryts ned i cellen till melibios och fruktos. Denna nedbrytning kan både ale och lagerjäst göra, men sedan tar det stopp för alejästen som inte kan förjása melibios. Därför brukar man ibland säga att alejäst "delvis" kan förjása raffinose, medans lagerjäst gör det fullständigt. För övrigt brukar ofta lagerjäst vara något större i cellstorlek än alejäst.

Det finns även några specialjäster tex olika Brettanomyces arter, som bland annat kan förjása dextriner, men även ger helt andra smaker.

Ibland utnyttjas även vissa bakterier i ölbrygning, tex olika typer av mjölksyrabakterier som för övrigt är samma typ av bakterier man använder när man gör surkål, pickles och liknande. Vid vin- och ciderjäsningsar

används även vissa speciella typer av mjölksyrabakterier vid vad som i vinterterminologi ofta kallas för andra jäsnigen eller den malolaktiska jäsnigen, då äppelsyra från juicen omvandlas till mildare mjölksyra. Mjölksyrabakterier, och ättiksyrabakterier är mycket mindre än jästceller, 1-2 μm och stavformiga. Det finns även vissa bakterier som kan förjäsa sockerarter som inte jäst kan förjäsa.

(1.2) Cellens uppbyggnad

Jäst är encelliga organismer som är 5-10 μm i diameter. Dvs om du lägger jästceller på rad, får det plats 100-200 celler på en millimeter. Man kan alltså inte se enskilda celler med blotta ögat, utan man behöver ett mikroskop. Den jäst vi använder är oftast runda, ovala, men kan ibland uppräda som elliptiska eller avlånga. Storleken varierar dels mellan stammarna och även inom populaionen och under jäsnigen. Unga celler är tex ofta lite mindre i storlek.

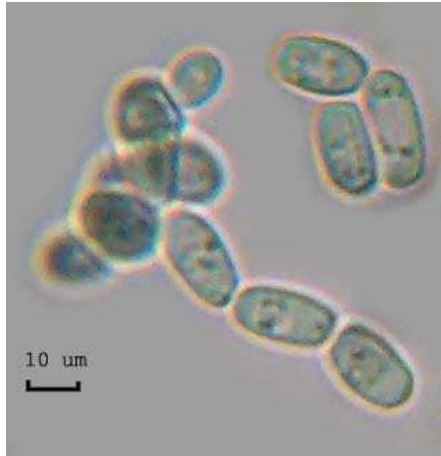


Bild1. Jästceller fotograferade genom ett enkelt hobbymikroskop med digitalkamera.

Ytterst har cellen en porös **cellvägg** som består av främst polysackarider, men även en del proteiner. Många ämnen kan fritt passera genom cellväggen som är ganska en porös kolhydratkonstruktion. Innanför cellväggen har jästen ett **cellmembran** som i princip består av en sorts flytande fetthinna där fettmolekylerna ligger i dubbla lager, med den lipofila (fett-attraherande) sidan "rygg mot rygg", och de hydrofila (vatten-attraherande) sidorna utåt, dvs inåt cellen och utåt omgivningen (dvs vörten). Till skillnad mot cellväggen så är transporter genom cellmembranet starkt begränsad och ämnen behöver transporteras. Dessa transporter sker på olika sätt. De flesta större ämnen transporteras via en sorts tunnlemekanismer genom membranet som ofta är komplexa proteiner som sitter inbakade i cellmembranet och som låter vissa typer av molekyler passera in och ut genom olika tunnlar inuti dessa proteiner. Dessa tunnlar är ofta väldigt selektiva och tillåter bara en viss typ av ämnen att passera. Många av dessa kanaler fungerar som pumpar och kräver energi för att transportera molekyler antingen in eller ut. Dessa proteiner brukar kallas ofta **transportproteiner**, eller **permeaser**.

Innanför cellmembranet finns ett vätskeområde som kallas för **cytosol**. Många intressanta processer sker i cytosolen. Cytosolens kemiska sammansättning, tex pH och salthalt är under sträng kontroll av cellen. Många processer i cellen är beroende av detta.

Inuti cellen finns även en rad olika "avdelningar", som har vissa specifika funktioner. Dessa avdelningar avskiljs också genom fettmembran. Cellmembran i allmänhet spelar en viktig roll i många biologiska processer.

Tex. så sker energiproduktionen i jästen, vid sk **respiration** (energiproduktion via fullständig oxidation av socker till koldioxid och vatten, vid mycket god tillgång på syre och låg glukoshalt) i avdelningar som kallas **mitokondrier**. **Glykolysen**, det inledande steget i både respiration och fermentation, sker i cytosolen.

Tittar man lite grovt (jästens sammansättning kan delvis bero på hur den är odlad) på beståndsdelarna i den torra(vattnet räknas ej) biomassan hos jäst, och alltså de ämnen som jästen måste tillverka för att växa så skulle det kunna se ut ungefär så här:

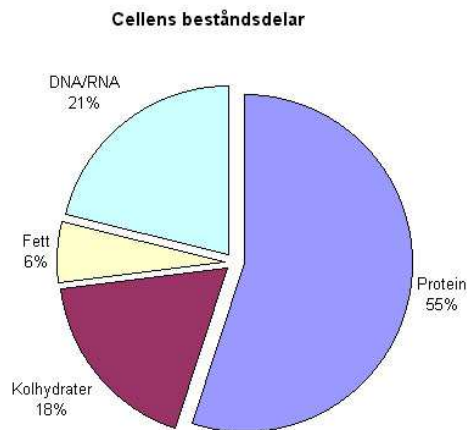


Bild7. Obs. Endast en illustration. Sammansättningen kan variera mellan olika jäster.

Proteiner – Proteiner spelar en central roll då i princip alla enzymer är stora proteinkomplex. Proteinkomplex är nyckeln till framgång för många av de enormt komplicerade kemiska reaktionskedjor som sker i en cell. För att tillverka proteiner krävs förutom socker, även kväve i form av aminosyror eller ammoniumsalter.

Fetter – Estrar mellan syror och huvudsakligen glycerol. Fettsyror tillverkas av socker, omättade fettsyror kräver dessutom molekylärt syre! Delvis kan dock jästen tillgodogöra omättade fettsyror som finns i vörten. Tester har visat att en del av de positiva effekterna hos grumlig vört, är just att den innehåller omättade fettsyror som jästen kan ta upp och använda till sina cellmembran. Fetter har en väldigt viktig funktion då såväl cellmembranet som de membran som avdelar några av cellens organeller består av fett.

DNA/RNA – Bärare av arvsmassan, som kodar syntesen av alla ämnen i cellen. Kräver socker och kväve/aminosyror.

Kolhydrater – Bla glycogen för cellens energireserv, trehalose för stresshantering, samt mannose som bygger upp cellväggen. Detta tillverkas från socker.

Observera att då detta endast är en alltför grov översikt, så behöver jästen utöver socker och aminosyror också en rad andra saker i mindre mängd som mineraler, fosfater mm.

Exempelvis så behövs spår av zink för bland det enzym som är ansvarigt för att reducera acetaldehyd till etanol (alkohol dehydrogenase). Detta påverkar jästen högst påtagligt då acetaldehyd är avsevärt mycket giftigare för cellen än etanol. Detta gäller även människan. Etanolen oxideras i levern till acetaldehyd som är ett mellanled i leverns etanolmetabolism, vilket är ännu giftigare än själva etanolen. På samma sätt så är det allvarligt för jästen om acetaldehyd av någon anledning börjar ackumuleras.

(1.3) Jästens liv och delningscykel

Lite förenklat kan man dela in jästens liv i olika huvudfaser.

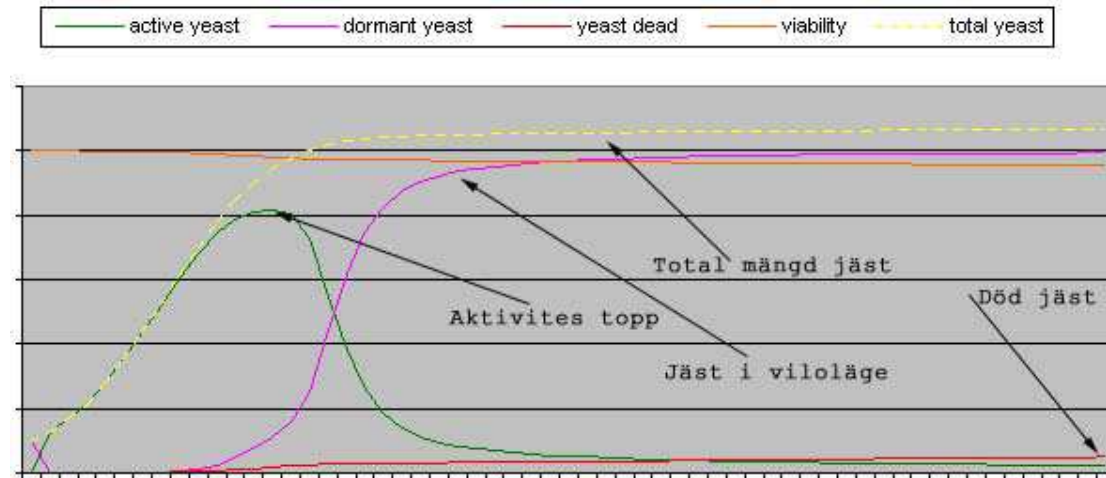


Bild 2. Denna bild är en förenklad datorsimulering av jäsningsförloppet med syfte att illustrera de principiella övergångarna mellan jästens olika tillstånd. Den gröna kurvan är den som på ett ungefär motsvarar den synbara aktiviteten i form av gasutveckling. Denna simulering förutsäger också att när aktivitetstoppen är passerad så börjar en del av populationen övergå till viloläge.

(1) inaktiv/vilande

Jästen som finns i jästpåsen är inaktiv/vilande. I detta läge är cellen inställd på energisparläge. De enda utsvävningar som görs är de som bedöms absolut nödvändiga, för cellens överlevnad, eller senare för att aktivera cellen. En inaktiv cell får sin energi genom att förbränna glycogen. En cell med goda energireserver kan bestå till ca 30% av sin torrsvikt av glycogen. En inaktiv cell kan i princip inte tillgodogöra sig externt socker. Cellens huvudprioritet i detta läge är att överleva. Ett försvarsläge skulle man också kunna kalla det. Cellen är normalt mindre sårbar i detta läge än i aktivt läge, vilket innebär tex mindre känslig för temperatursvängningar.

(2) aktiv/reproduktion

I detta läge är jästen inställd för reproduktion. Jästen har aktiverat nödvändigt maskineri för att ta upp och tillgodogöra sig näringen i vörten. Jästens huvudprioritet i detta läge är att föröka sig. Övergången mellan aktiv och inaktiv bestäms helt av tillgången på mat och övriga stressnivåer. Jästen kan alltså inaktiveras inte bara pga det är slut på mat, utan även pga för höga stressfaktorer av olika slag.

(3) död

När cellen förökar sig, delar en cell på sig och blir två. Men det är skillnad på modercellen och på dottercellen. Modercellens identitet går alltså inte förlorad på något sätt. En enskild cell lever inte hur länge som helst, men en cells ålder brukar man normalt inte räkna i tid, utan man räknar antalet genomförda reproduktionscykler. Under gynnsamma optimala omständigheter brukar man anse att en jästcell kan leva ca 30 reproduktionscykler, men i en öljäsningsmiljö är miljön så extremt stressande att en enskild cell i praktiken dör långt innan denna "maximala" ålder uppnås. En "klassisk förklaring" till denna gräns är att jästens cellvägg får en liten skada, eller förhårdnad (fördelse-ärr) där dottercellen kommit ut, och när cellens hela yta är ärrad så kan inte cellen dela sig längre. Detta kallas för "födelseärr-teorin", men i praktiken är det vad jag förstår lite oklart vilka de egentliga orsakerna är som bestämmer jästens teoretiska maximala livslängd.

Öljäsningar med hög alkoholhalt och kanske lågt näringsinnehåll är extra stressfulla, vilket innebär att jästpopulationen efter att ha jäst ut en väldig alkoholstark öl normalt är i betydligt sämre skick, med fler båda döda och skadade celler än om de hade jäst ut en mildare öl.

En fråga man kan ställa sig är vad som händer om man återanvänder jäst igen och igen. Eftersom celler dör, får man då till slut bara gammal död jäst? Om man skulle återanvända ALL jäst, så skulle andelen döda celler öka. Till slut har man en så stor jästgiva att det helt enkelt inte finns tillräckligt med mat för att alla celler ska kunna

delar sig en gång. Men tar man en representativ del av jästen, i rätt mängd, motsvarande en normal jästgiva, så kommer man INTE att få större andel döda celler hur länge man än återanvänder jästen. Anledningen är att det då bildas mycket mer NYA celler än det dör gamla celler!

Med enkel populationsmatematik kan man enkelt komma fram till att åldersfördelningen i jästen, förutsatt att man använder vettiga jästgivor ganska snabbt konvergerar mot en relativt stabil fördelning.

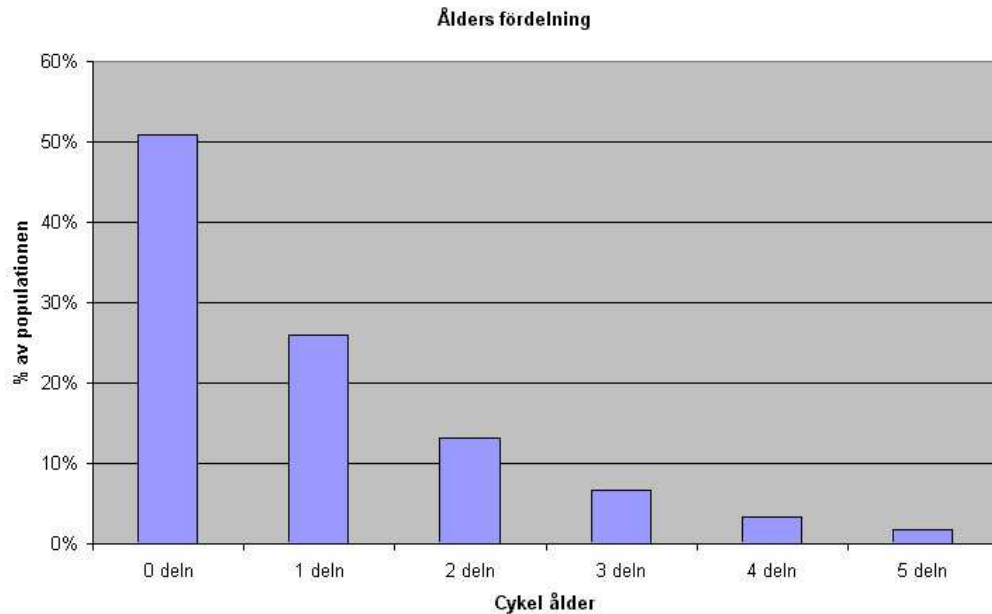


Bild 3.

Man ser nu snabbt att ca 50% av cellerna aldrig har delat sig, 25% har varit med om en cellcykel etc. Och redan där har man alltså täckt in 75% av populationen. Om man bara använder en vettig jästgiva så finns det alltså ingen risk att man samlar på sig en massa "gammal" jäst.

De faktorer som i praktiken bestämmer hur länge man kan återanvända jäst är dels föroreningar av andra ej önskvärda organismer, bakterier och andra jäststammar, samt hur stabil stammen är rent genetiskt. Rent teoretiskt skulle man alltså under gynnsamma omständigheter kunna återanvända en jäst hur länge som helst.

Hur många procent av totala jästmassan som lever vid varje återanvändning stabiliseras också av sig självt. I princip beror detta på stressnivån och hur bra jästen har det. Men normalt ligger denna nivå på 95-100%, även om det också beror på en massa andra omständigheter. Ju högre stress populationen utsätts för, desto lägre siffra. Sen sjunker ju denna siffra naturligtvis under lagring, dvs vilofasen.

Här är ett exempel på hur jästpopulationen svälter ihjäl under lagring. Jästen kommer direkt från en primärjäsnings av en öl med alkoholhalt på lite drygt 6 vol%. Mätmetoden är färgning med metylenblått. När jästen var färsk, var ca 95% eller mer levande. Efter två månader i kylskåpet var bara 20-30% av jästen vid liv. Jästen förvarades i en sluten flaska, men vi varje provtagning så kom luft in i flaskan. Självfallet så har varje lagringsmetod sin egen kurva. Faktor nummer ett är att hålla glycogennivåerna höga. Kommer syre i kontakt med den vilande jästen med dåliga cellmembran, så slösar jästen bort alla sina energireserver på att tillverka steroler och omättade fettsyror.

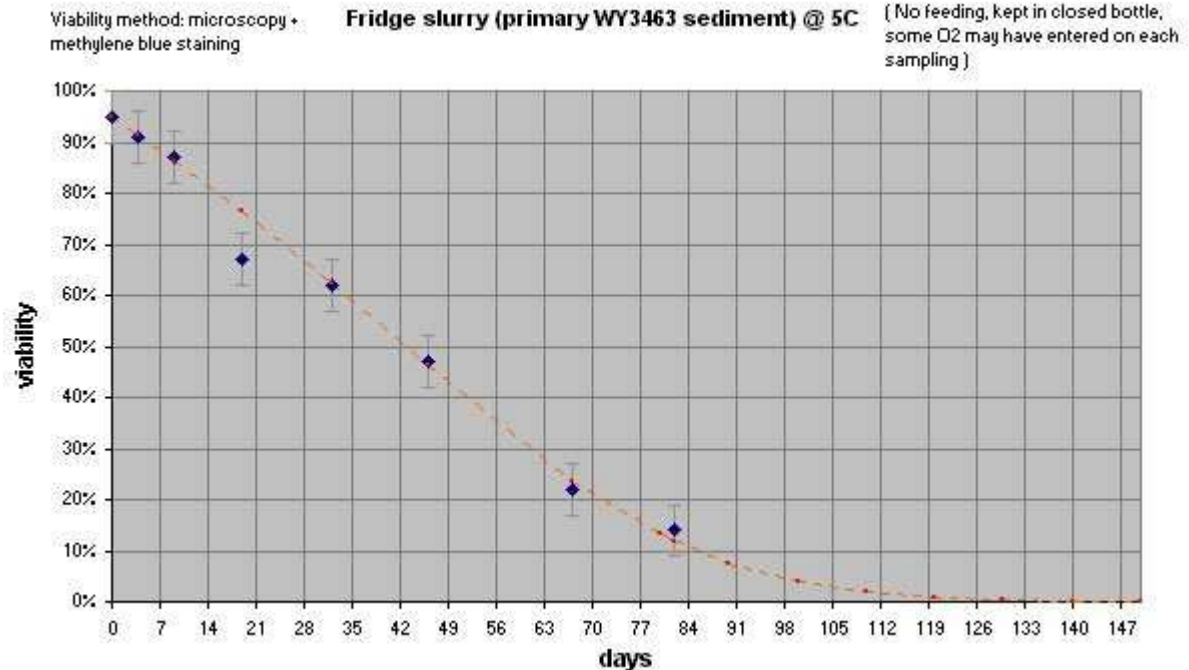


Bild4.

I det aktiva läget förökar sig jästen genom icke-sexuell celledning, dvs en cell delar bokstavligen på sig och blir två.

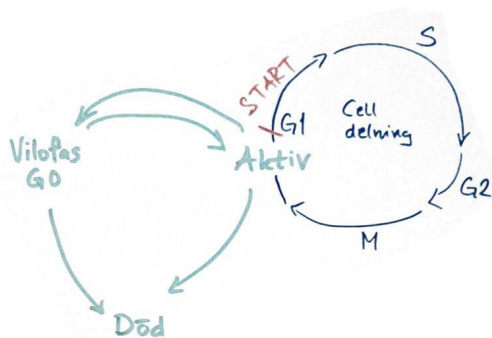


Bild 5. Övergångar mellan jästens faser

Denna icke-sexuella reproduktionscykel brukar också delas in i olika faser...

G0 – detta innebär ett offlineläge, eller viloläge för jästen. När man köper jäst så befinner sig jästen i detta läge under lagring. När jästen sätts till ny vört, reagerar jästen på detta och börjar starta upp maskineriet för att övergå i aktivt läge, dvs reproduktion. När jästen befinner sig i G0-läge, är jästen också mer resistent mot olika former av stress. Jäst i viloläge är inte lika känslig för temperaturshocker som aktivt jäsnande jäst är.

G1 När jästen aktiveras övergår den först från viloläget till G1, här sker en del förberedelser och här sker även beslutet om cellen skall initiera en ny celledningscykel eller inte. Konfigurationen där detta beslut sker brukar kallas start. Innan start kan även cellen besluta att återgå till viloläge. Detta beslut är viktigt som en kvalitetssäkring av cellens fortplantning. Celler som inte bedöms

friska eller mogna nog, eller på annat sätt inte anses kunna slutföra en hel reproduktionscykel utan problem kanske pga näringbrist eller birst på energi om den påbörjas, bör ej passera start. Tex. så spenderar unga, omogna celler, lite mer tid i G1 fasen innan den passerar START.

S Under denna period sker bla DNA replikation mm
G2 Synkronisering mm
M Cellkärnan, och så småningom hela cellen delar på sig mm

För ytterligare kvalitetssäkring, finns ytterligare kontrollpunkter i cellcykeln, där situationen kan frysas om något skulle hända. Detta är till för att begränsa fel i reproduktionscykel om externa omständigheter ändras snabbt. Fel som annars kan orsaka fel i DNA syntesen eller kanske att cellen dör.

Hur lång tid det tar för en cell att dela sig beror på en rad faktorer, men under optimala förhållanden kan det ta ca 2 timmar för en jästcell att dela sig. Under en ölbrygning tar det i praktiken längre eftersom förhållandena inte är optimerade för att odla jäst, utan för att göra öl.

För den som vill veta mer om detaljerna i cellcykeln se någon bok i cellbiologi.

Hittills i mina egna resonemang brukar jag mest tänka i termer av de 3 grundtillstånden: vilande, aktiv och död, och sedan betrakta jästpopulationen under delningscykeln rent **statistiskt** då alla celler i vörten ändå inte är synkroniserade i sin delningscykel under jäsningsen.

(1.4) Jästens metabolism - energiproduktion

För själva reproduktionen behöver jästen energi och byggstenar. Jästen är som en liten fabrik, som duplicerar sig själv. Metabolismen är ett samlingsnamn för alla de olika kemiska reaktioner som sker inuti en levande cell, och inkluderar dess matsmältning, dvs hur den utvinner energi ur socker, samt även dess tillväxt, dvs hur de tillverkar beståndsdelar till nya celler utifrån byggstenarna.

Byggstenar är huvudsakligen socker och aminosyror, men även mängder med andra mineraler och ämnen, tex syre. Vört innehåller normalt allt som jästen behöver. Ibland kan tillskott behövas om man har en näringsfattig vört, tex fruktjuice, honung eller tillsätter extrema mängder socker. En annan anledning till att tillsätta komplement är om man vill försöka förändra smaken på ölen.

Energikällan är socker, dock kan inte jästen använda vilka sockerarter som helst. De viktigaste och mest förekommande sk **förjäsbara sockerarterna** i vört är:

Glukos, Fruktos, Sackaros, Maltos och Maltotrios

Det finns även andra **förjäsbara sockerarter** men dessa utgör så liten del av det totala sockret att det är i praktiken försumbart när man tex ska räkna ut FG.

Energi får jästen genom att oxidera socker i vörten, eller genom att omsätta sina glykogenreserver. Nu kan man iofs fråga sig hur detta går till, energi kan ju varken bildas eller förstöras. I själva verket handlar det inte om att "utvinna energi", utan det som händer är att man omsätter en högvärdig energiform till en lågvärdig, och mellanskillnaden i kvalite kan man utnyttja för arbete. Denna mellanskillnad brukar man kalla för "fri energi". När man omsätter energi så är den "fria" energin den energimängd som kan utnyttjas till arbete, som tex biosyntes. Den "fria energin" lagras tillfälligt som ATP, vilken är en molekyl som är en sorts energi "valuta" i biokemiska processer. Denna valuta är ganska så universiell och finns även med i människans metabolism. Alla föreningar som jästen kan tillverka har ett "pris" i form av ett visst antal ATP molekyler. Utan att gå in på detaljer så får jästen även ut ett visst antal ATP-molekyler per socker molekyl den "omsätter". Det är alltså denna "vinst" som jästen använder för att driva den biosyntesapparat som är nödvändig för att kunna tillverka nya celler och föra arten vidare.

Men innan jästen kan vare sig utvinna energi eller bygga nya celler, måste först socker och andra näringsämnen transporteras in i cellen innan energiproduktionen kan starta på allvar.

Glukos och fruktos transporteras in i cellen genom speciella glukos- och fruktostransport kanaler.

För sackaros så finns cellväggsbundna invertasenzym som spjälkar upp sackaromolekylerna i fruktos och glukos innan dessa kan transporteras in genom cellmembranet.

Maltos och maltotrios har speciella transportkanaler. Maltos har högre prioritet än maltotrios.

Alltså i praktiken så konsumeras vörtens olika sockerarter i ordning. Glukos, fruktos och sackaros tas om hand först. När dessa koncentrationer blir låga börjar jästen aktivera transportsystemen för maltos och sedan även maltotriose.

Glukos är generellt den mest föredragna sockerarten. Så länge jästen har glukos, så hämmas aktiviteten hos de system som hanterar andra sockerarter.

Man ser nu att det finns en komplicerad energibalans i cellen, där cellen måste spendera energi för att transportera in socker och näringsämnen, för att därefter producera den "fria energin"/ATP som driver biosyntesen. Jästen måste också spendera energi på att underhålla sin cell och bli av med avfall som tex etanol.

En del av anledningen till att det ibland finns restsocker främst maltotriose kvar i den färdiga ölen, trots att jästen i princip kan använda den, är sannolikt att den låga koncentrationen av socker och den höga stressnivån i slutet på jäsningsen gör att jästen inte orkar få i sig det sista. Genom olika trick kan man minska stressen för jästen och därmed få en högre utjäsning. Omrörning minskar koncentrationsgradienter och minskar CO2 halten i den jäsnande vörten, vilket minskar stressen. Detta har bekräftats i många experiment.

Jäst kan oxidera socker på två sätt:

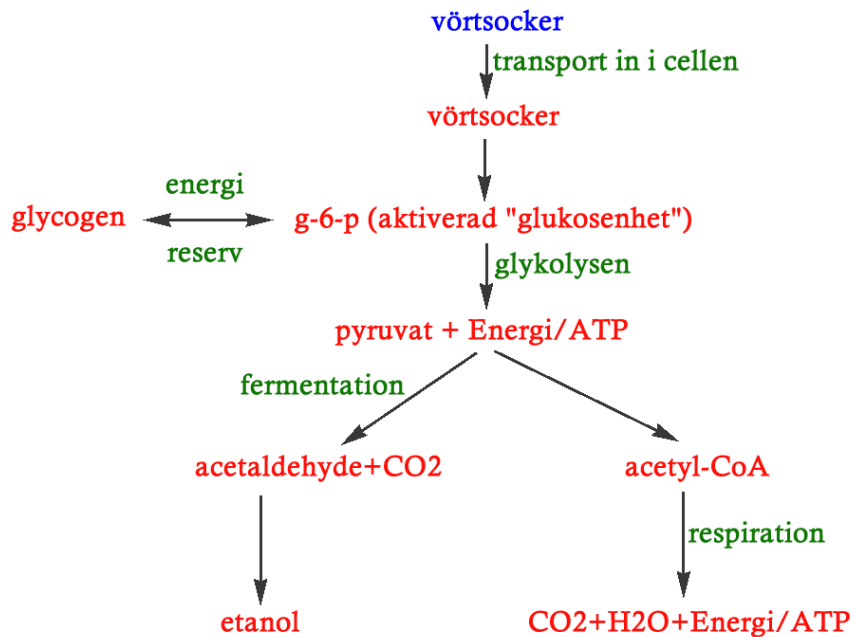


Bild 6. Illustration av jästens energiproduktion.

Respirationen ger ca 16 ggr mer fri energi/ATP per sockermolekyl jämfört med fermentationen, och därmed högre biomassutbyte. Jästtillverkarna tillverkar sin jäst under förhållanden som gör att jästen respirerar. Detta är låg glukoshalt och kontinuerlig syretillförsel.

Glykolys och fermentation sker i cytosolen, respiration sker i mitokondrierna.

Som också framgår av bilden är glycogen alltså en sorts buffert. Innan jästen transporterat in vörtsocker omsätter den sin glycogenreserv för att producera energi. Å andra sidan, när cellens energiladdning är hög och det finns gott om aktiverade glukosenheter så sparar jästen undan lite energireserver i form av glycogen för framtida behov, bland annat för att överleva svältperioder.

Cellen växlar mellan respiration och fermentation på huvudsakligen två sätt

Crabtree effekten

Det räcker inte med syretillgång för att jäst ska respirera. Om glukoshalten är för hög > 0.2% kommer fermentationen att dominera, denna reglering kallas för den sk crabtree effekten. Glukoshalten i vört i början på jäsningen är normalt betydligt högre än så, ofta över 1%. Anledningen till att man syresätter vörten eller jästen i början har inget med respiration att göra. Jästen använder snarare syret för att tillverka omättade fettsyror och steroler som behövs framförallt i cellmembranet.

Pasteur effekten

Givet att glukoshalten är låg, så respirerar jästen istället för fermentation som undertrycks om syretillgången är tillräcklig. Detta är pasteur effekten.

Som en liten analogi mellan respiration och fermentation, kan man tänka sig vad som händer i musklerna hos människan när man tränar hårt och får mjölksyra. Analogin ligger i att när musklernas effektbehov överstiger den respiratoriska kapaciteten (muskcellerna får syrebrist), tvingas de aktivera andra reaktionsvägar för att utvinna energi ur blodsockret som är snabbare, och istället för koldioxid och vatten blir resultatet mjölksyra. Denna reaktionsväg är samma som mjölksyrabakterier använder sig av. Men när jästen får ”syrebrist” så tillverkar den inte mjölksyra utan den tillverkar etanol och koldioxid istället.

Dock kan jästen respirera och fermentera samtidigt.

Man kan säga att jästen har "inkomster" och "utgifter" i form av energi. "Vinsten" använder jästen för att föröka sig. Det krävs en viss mängd fri energi för att skapa en ny cell. Det finns även en viss vinstpotential i varje sockermolekyl. Den är dock lite olika för olika sockerarter. Enkla sockerarter är enklare att processa och ger lite bättre energiutbyte eftersom det "kostar" lite grand att transportera sockret in i cellen också. Detta är grunden till att det finns ett samband mellan hur mycket ny jäst man kan få för en viss given mängd socker tex i en förkultur.

Man brukar prata om biomassutbyte, vilket är hur många procent av sockret som jästen tuggar i sig i en öljäsning omsätts till ny jäst. "Normalt" brukar biomassutbytet ligga omkring 5% vilket bestämdes empiriskt av Balling för en massa år sedan. Detta innebär att om jästen tuggar i sig 100g socker, kan man räkna med att få ca 5g (obs torrsvikt!) ny jäst, vilket är storleksordningen 100 miljarder celler. Denna siffra är dock högst dynamisk och ingen "konstant" på något sätt. 5% ska alltså ses som ett genomsnittligt "typ-värde" för en öljäsning. Odlar man tex jäst under perfekta förhållanden kan siffran hamna uppåt hela 50%, en avsevärd skillnad alltså. Men den siffran kan vi hembryggare bara drömma om. Det skulle kräva en speciell reaktor där man kan kontrollera näringsflödet med exakt precision.

I verkligheten varierar biomassutbytet på ett relativt komplicerat sätt även under själva jäsningsen, där biomassutbytet är mycket lägre mot slutet av jäsningsen då stressnivåerna är höga medan utbytet är högre i den tidigare delen, så 5% är ett ungefärligt medelvärde. Om man tex har omrörning får man normalt sett betydligt bättre biomassutbyte. Respiration ger också ett avsevärt högre biomassutbyte.

För den som vill veta mer, se tex referens (2) och (6).

(1.5) Jästens metabolism – administration/underhåll, stresshantering och energibalans

Nu när vi lite översiktligt har tittat på hur jästen kan utvinna energi ur socker, och tillverka de ämnen som behövs för att konstruera nya celler så inser man att det är ett ganska stort maskineri som måste upprätthållas och underhållas.

Massor med enzymer och proteiner måste tillverkas och regleras, allt detta kan man se som verktyg som krävs för att metabolismen överhuvudtaget ska fungera. Dessa "verktyg", tex enzymer har ibland relativt kort livslängd. Enzymer som går sönder, måste återvinnas och tillverkas på nytt. Många av cellens molekyler bryts ned och återskapas dynamiskt. Allt detta har givetvis en kostnad. Denna "tomgångskostnad" för en aktiv cell är mycket högre än för en vilande cell.

Jästen utsätts också hela tiden för stress. Temperaturstress, osmotisk stress (verkar som en kompression på cellen), oxidativ stress, syrastress, ämnen som tex alkohol och acetaldehyd stressar också jästen. Detta är saker som gör livet jobbigare för jästen. Jästen har en lång rad genetiskt nedärvda rutiner för stresshantering. Så länge som jästen är frisk och stark nog att hantera stressen blir effekten ofta som en storts energitjuv. Självklart påverkas också produktionen av smakaktiva ämnen under jäsningsen av stress. Men när jästen blir svagare och stressen större, orkar inte jästen parera allt utan jästen kan ta skada och tom dö av skador.

I en öljäsning är stressen alltid högst i slutet på jäsningsen. Det osmotiska stressen ökar under en öljäsning eftersom en disackarid molekyl ger 4 molekyler etanol. Alkoholstressen ökar givetvis också. Jästens alkoholtolerans beror i hög grad på kvaliteten på cellmembranet. Ett dåligt cellmembran (pga syrebrist) gör att jästen inte får ut alkoholen effektivt, och halten av etanol inuti cellen ökar. Att det börjar blir slut på mat, dvs att energiproduktionen minskar, gör också att jästens motståndskraft mot olika stressfaktorer minskar.

Lite förenklat kan man alltså tänka sig jästens energibalans såhär:

Energivinst = Energiproduktion – Energi-till-Administration/underhåll /Stress

Den energi som jästen får över går till reproduktion.

Nu inser man kanske också återigen varför utjäsningsgraden beror på en rad omständigheter. När sockerhalten sjunker, så minskar givetvis energiproduktionen, men kostnaden för administration/underhåll och stresshantering minskar inte lika mycket! Ibland kostar det helt enkelt mer än det smakar, att få i sig det sista sockret. Att den mängd socker som jästen lämnar efter sig varierar med såväl jäsbetingelser som jäststam är inte heller så konstigt eftersom många faktorer, varav några genetiska påverkar.

Som bryggare finns det en rad saker man kan manipulera för att påverka stressnivån som jästen upplever: Jästgiva, syresättningsprocedur, FAN nivå, mineraler, omrörning etc. Det i sin tur påverkar en rad konkreta saker som jästid, utjäsningsgrader och smakbildningar under jäsnigen.

Jästens respons till olika typer av stress har visat sig överlappa varandra på ett intressant sätt. Tex kan jästens respons/mobilisering pga en värmeshock även öka toleransen mot osmotisk stress.

(1.6) Jästens metabolism – smakbildning

Det ultimata syftet med att försöka förstå jästen är givetvis att försöka förstå hur de olika smakerna bildas. Många smakaktiva ämen från jäsnigen är biprodukter som ett resultat av jästens metabolism. Här är dock en mycket kort överblick över några få av de många smaktiva ämnen som finns i öl.

Acetaldehyd är som beskrivits ovan ett mellanled i energiproduktionen. Om av någon anledning det sista reduktionssteget störs, eller om färdig öl syresätts, eller om jäsnigen avbryts i förtid så kan högre nivåer av acetaldehyd finns i ölen. Acetaldehyd har en arom som påminner om "bakfylledoft" eller oxiderad sprit. Det brukar även beskrivas som färska gröna äpplen.

Högre alkoholer såsom propanol, butanol och en rad andra alkoholer dyker framförallt upp i samband med jästens aminosyrametabolism. När jästen antingen tillverkar, eller bryter ned aminosyror så blir det ofta en del rester som kan blir aldehyder och högre alkoholer. Vissa specifika högre alkoholer är länkade till specifika aminosyror. Högre alkoholer kan ha olika dofter som tex eteriska, spritaktiga, spolarvätska, lösningsmedel, lite "sunkiga" toner som påminner om lim etc. Kan även upplevas som "friska".

Organiska syror såsom ättiksyra, citronsyra, äppelsyra och en rad andra fettsyror uppkommer på lite olika sätt. En viktig faktor är de aktiverade fettsyror, acyl-CoA, som ibland blir över från jästens fettsyrasyntes. När jästen hamnar i ett läge där den har samlat på sig för mycket av dessa fettsyror måste jästen göra sig av med dem eftersom för höga nivåer av dessa stressar jästen. Då kan de antingen användas för att göra estrar, eller frigöras som syror. Ättiksyra i små mängder kan bildas. I vinjäsnig bildas högre nivåer av ättiksyra, som anger vinets VA värde. En rad saker påverkar syrasyntesen. Lågt näringsinnehåll och stark vört kan öka syraproduktionen.

Estrar bildar jästen av alkoholer och aktiverade fettsyror (acyl-CoA). Det är sannolikt ett smidigt sätt för jästen att göra sig av med två stressfaktorer. När det i cellen blir överskott på acyl-CoA och alkoholer så aktiverar jästen enzymer för att bilda dessa estrar. Troligen kan man tolka esterbildningen som en regleringsreaktion. Estrar kan ha en rad olika dofter. Vissa estrar är fruktiga, andra är inte alls fruktiga utan luktar mer lösningsmedel.

Estrar bildas genom Alkohol + acyl-CoA + enzym <-> Ester + vatten + enzym

Alltså, alla faktorer som kan påverka antingen mängden alkoholer, nivåer intercellulära nivåer av acyl-CoA samt enzymaktiviteten kan alltså påverka estersyntesen. Enzymaktiviteten är till stor del genetiskt betingad men induceras även av närvaro av vissa högre alkoholer, men beror även på vörtens sammansättning och temperaturer etc. Nivåerna av acyl-CoA är generellt relaterad till jästens tillväxt. När jästen börjar växa långsammare så ökar de interna nivåerna av acetyl-CoA, och mer estrar tillverkas. Högre alkoholer bildas framförallt i samband med jästens tillväxt.

Obs. acyl-CoA är en generisk beteckning för många olika fettsyror.

Acetyl-CoA ger acetat estrar, tex etyl-acetat(påminner om acetone), isoamyl-acetat(banan) hexanoyl-CoA ger hexanoatestrar, tex etyl-hexanoate som anses påminna om äpple.

H₂S luktar ruttna ägg, och är en mellanprodukt från jästens metabolism av aminosyror som innehåller svavel. Huruvida detta läcker ut i ölen eller inte, beror i hög grad på jäststammen, men även på vörtens sammansättning.

Diacetyl alias 2,3-butandione, är i starka doser en dov, smörig nästan kväljande förening. Men i små nivåer upplever vissa den som en smakförhöjare. Jästen både orsakar och reducerar diacetyl. Diacetyl kommer sig av att alpha-aceto-laktat läcker ut ur cellen och sedan i vörten oxideras till diacetyl. Aceto-laktaten i sin tur är en mellanprodukt från biosyntesen av valin. Därför är valinnivån i vörten av betydelse för diacetylen. Diacetyl har även en släkting, 2,3-pentandione som enligt vissa källor påstås dra lite åt honungshållet?

Glycerol är en viskos, mycket söt alkohol som bildas extra mycket av jästen under hög osmotisk stress. Det är en stressreaktion som motverkar det osmotiska trycket genom att öka halten glycerol inuti cellen. Av denna orsak kan jästa drycker i extremfall ibland innehålla flera procent glycerol även om det normalt ligger under 1%. I vissa viner kan glycerol bidra till en del av sötman. Glycerol har ungefär 60% av den sötma som sackaros har. Det har också bekräftats i experiment att jästens tolerans mot osmotisk stress i hög grad beror på cellmembranets sammansättning. Härav även en koppling till såväl syresättning som jästgiva. Det finns viner (7) som regelmässigt innehåller mer än 1% glycerol, i vilken glycerolen anses bidra till vinets sötma. Generellt tycks dock glycerolhalten vara mycket lägre i ett genomsnittligt öl, jämfört med ett genomsnittligt vin.

(2) Jästgiva

(2.1) Förkultur

Med den mycket korta bakgrunden av av hur jästen fungerar inser man nu att förkulturen har två syften. Odlas upp rätt jästgiva, dvs rätt antal celler, samt att förbereda jästen för jäsningsen och se till att man inte bara har rätt mängd jäst, utan att den även är frisk och bra förberedd.

Ett riktvärde för jästgiva för alejäsningar brukar ofta anses vara ~1 miljon celler / ml / Plato.

Man kan fråga sig var denna siffra kommer ifrån. Och faktum är att den motsvarar en ungefärlig tillväxt på en faktor 8 eller 3 generationer.

Dock kan inte nog påpekas att det givetvis är smaken som avgör. I många fall är det kanske mycket väl så att den rekommenderade jästgivan inte är optimal. Riktvärdet ska ses som just ett sådant. En utgångspunkt som man sedan kan manipulera efter tycke och smak.

För att förstå detta tar vi ett räkneexempel:

Betrakta 20 liter vört med OG 1.050, och förjäsbarhet på ca 65%. Det har en vörtstyrka på 12% (12 P) och innehåller alltså

$$20 * 1000 * 1.050 * 0,12 * 0,65 = 1.64 \text{ kg förjäsbart socker.}$$

Om man nu räknar på ett typiskt biomassutbyte på 5%, så får vi alltså en jästillväxt på ca

$$1640 * 0,05 = 82 \text{ gram jäst (torrvikt)}$$

Och om vi ska anpassa jästgivan till en tillväxt på 3 generationer, så bör vi ha en jästgiva på ca

$$82 / (2 * 2 * 2) = 82 / 8 = 10.25 \text{ g gram jäst (torrvikt).}$$

Nu varierar cellmassan men som en tumregel kan man säga att ett torrt gram jästmassa innehåller ca 20-30 miljarder celler.

Vår jästgiva skulle alltså bli ca

$$10.25 * 25 = 256 \text{ miljarder celler.}$$

Och om vi räknar ut det på formatet antal celler / volym / P får vi alltså

$$256 \text{ miljarder} / 20\,000 \text{ ml} / 12 \text{ P} \sim 1 \text{ miljoner/ml/P}$$

Dvs riktvärdet.

Hur mycket är nu då 256 miljarde celler? Ja det motsvarar ju ungefär en påse torrjäst, eller en förkultur på kanske ett par liter, alldeles beroende på hur den görs. Omrörning, extra syresättning och extra näring ger ett ännu högre biomassutbyte, därför är det svårt att säga exakt hur många celler man får.

Genom att dimensionera jästgivan efter vörtstyrkan erhåller man likvärdig relativ tillväxt. Och det är ju den relativa tillväxten som avgör hur allvarlig jästens syrebrist blir i slutet på jäsningsen.

Litteraturen anger ofta att en jästcell kan föröka sig max ca 5-6 generationer utan syre. Därefter är alltså kvaliteten på cellmembranet så dåligt att jästen inte klarar av att föröka sig. Och man ser väldigt utdragna jästtider och även lägre utjäsning av förjäsbart socker. Smakbildningen påverkas också.

Här är en illustration av effekten av jästgiva på antal generationer som jästen måste föröka sig, samt den relativa nivån av steroler och omättade fettsyror under jäsningsen.

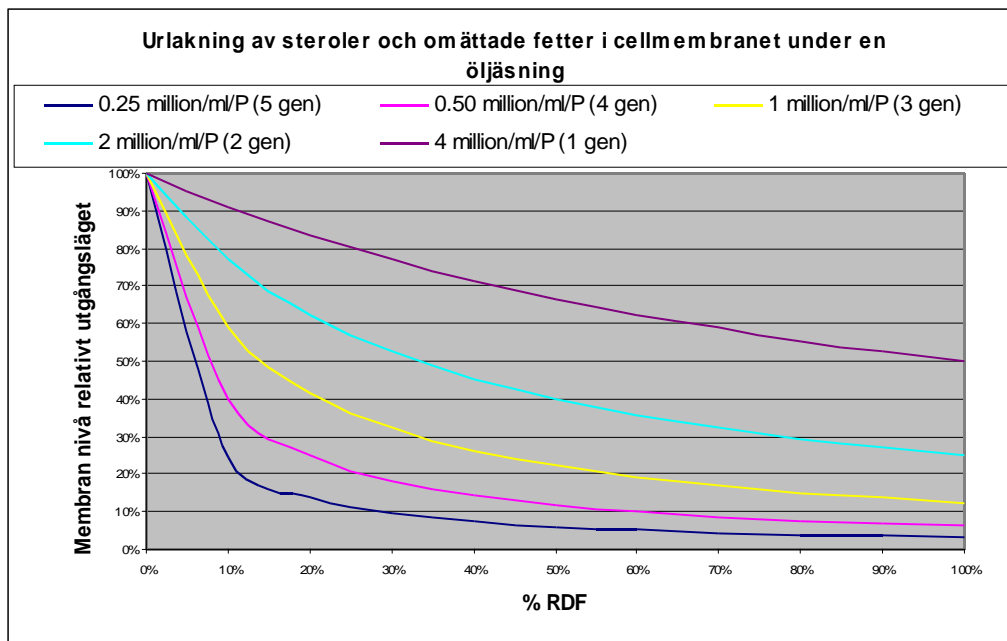


Bild8.

Det man menar med rätt jästgiva på det här stadiet, avser alltså att säkra utjäsnningen i en syrefri miljö. Om man rent teoretiskt syresätter sin jäsnande vört vid en senare tidpunkt, kan man alltså uppnå bra prestanda med mycket mindre jästgivor, men detta förfarande kan ha risker. En sidoeffekt blir att man inte bara syresätter jästen, utan även ölen, och man stör redoxbalansen i jäsnningen. Lämpligheten i detta kan säkert också variera mellan öltyper och jäststammar.

En annan enkel tumregel man kan använda sig av, om man inte tycker om att räkna celler, är för en öl på 1.040 förbereda en förkultur på 1:10 av vörtvolymen. Dvs 2 liter förkultur för 20 liter. Är OG 1.060 så ökar man volymen 50%, dvs:
 20 liter 1.040 – 2 liter
 20 liter 1.060 – 3 liter
 20 liter 1.080 – 4 liter
 osv.

Bortsett från detta kan jästgivan varieras till mer eller mindre, för att ge önskad smak. Smaken är ju det som avgör till slut. Men jag tycker ändå det är bra att förstå vad jästgivan har för effekt. Sen om man ändå medvetet väljer att ha mer eller mindre jäst för att uppnå vissa smaksyften är ju en annan sak.

En fördel med att ta en mindre mängd jäst och stega upp den i en förkultur några dagar innan bryggning är att de flesta celler är levande samt att jästen har goda energireserver. Jästgivan blir också mer reproducerbar.

Använder man gammal jäst utan förkultur, är det ideala att man undersöker jästen så att man vet hur många levande celler man har, och om man behöver liva upp jästen. Om 30% av jästen är död så bör man ju öka jästgivan som kompensation, men risken finns även att jäst i dåligt skick ställer till det.

(2.2) Syresättning

Som beskrivits ovan är det alltså så att syret i en öljäsning är viktigt framförallt av anledningen att det behövs för att tillverka de omättade fettsyror som ingår i **jästens cellmembran som är oerhört viktigt**. De fysiologiska egenskaperna hos cellmembranet, såsom flexibilitet under celldelningen, förmåga att "hålla tätt" och fungera under osmotisk stress, som är av stor vikt för organismen, beror i allra högsta grad på den kemiska sammansättningen av fetterna i membranet. Jästen reglerar dynamiskt cellmembranets egenskaper.

- med hjälp av andelen omättade fetter. Omättade fetter har lägre fryspunkt och gör att membranets flexibilitet bibehålls vid lägre temperaturer. Experiment från Coli bakterier har även visat att cellens förmåga att hålla tätt och stå emot osmotiskt tryck utan att ta skada beror på andelen omättade fetter.

- längden på fettsyror. Långa fettsyror har högre smältpunkt.

- ergosterol ingår i cellmembranet för att reglera dess fysiologiska egenskaper. Exakt hur är lite oklart.

Tex. så kan celler med dåligt cellmembran (för lite syre) vara mer benägna till läckage. Vilket har en rad konsekvenser inte bara för jästen utan även för ölen, då saker som helst ska stanna inuti cellen läcker ut i ölen(!), men även tvärtom

Jästens alkoholtolerans och tolerans mot osmotisk stress är också stark korrelerad till cellmembranets sammansättning.

Nu vet vi vad syret används till, nämligen cellmembranet. Vi vet också att när jästen delar sig, delar den med sig till dottercellen av sina omättade fettsyror och steroler. Vi vet också att det genomsnittliga antal generationer som varje cell förväntas växa under en öljäsnings ökar med minskad jästgiva. Med dessa insikter är nu sambandet mellan syresättning och jästgiva klart – Ju mindre jästgiva, och ju lägre initial halt av omättade fettsyror och steroler i cellmembranet, desto sämre är kvaliteten i slutet på jäsningsen, desto större blir också ev praktiska konsekvenser i form av ökad jästid, minska utjäsning av det sista sockret, och förändrad smaksak. Huruvida denna förändring är önskvärd eller inte är också en smaksak.

Alltså, dålig syresättning har för cellmembranets del liknande konsekvenser som för liten jästgiva just eftersom de har den gemensamma nämaren: låga nivåer av omättade fettsyror och steroler i slutet på jäsningsen. Däremot kan det finnas andra skillnader mellan låg syresättning och låg jästgiva. Mycket jäst med låg kvalitet på cellmembranen kan ofta starta snabbt och man tror att eftersom det hoppade igång så fint så är allt frid och fröjd. Men i början av jäsningsen går saker och ting lätt. Gott om mat, och låg stress. Men en dålig jäst sätts på prov först under senare delen av jäsningsen, när näringshalten sjunker och stressfaktorerna ökar. En dålig jäst kan i det läget få problem. Jäsningsen går väldigt långsamt och/eller stannar i förtid.

Alltså förutom mängden jäst, behöver vi se till att kvaliteten på cellmembranet i vår jästgiva är så bra som möjligt. Det är här syret kommer in. Vi kan syresätta vörten, eller syresätta jästen i förkulturen och strunta i att syresätta vörten. Båda sätten kräver lite olika tekniker. Exempelvis måste man försäkra sig om att jästen verkligen kan hantera det syre som tillsätts. För om vi tillsätter 8 ppm syre i vörten och konstaterar att det förbrukas, vet vi fortfarande inte om hur stor andel av syret som gått till avsett ändamål. Här kommer glykogennivån in. Om jästen kommer direkt från långvarigt svält, och har låga glykogennivåer, så kan jästen helt enkelt inte utnyttja syret på det sätt som skulle behövas. Jästen är orkeslös. Därför bör man undvika att syresätta jäst som har dåliga energireserver. Det man bör göra isåfall är att ge jästen lite mat och lite tid så att den kan bygga upp sina glykogennivåer och sedan syresätta. Då kommer jästen snabbare att ta upp syret.

När cellen har uppnått sina kvalitetsmål i cellmembranet, så behöver inte jästen mer syre. Därför har man ingenting för att överdriva syresättningen, dvs syresätta jäst som inte behöver mer syre. Jästpopulationens initiala syreupptagningsförmåga beror på mängden jäst och på cellernas behov av syre. En stor jästgiva har normalt en större syreupptagningsförmåga än en liten.

Vill man ändå syresätta sin jäsningsen mer, tex vid starka öl etc, så får man vänta ett antal timmar så att jästen hinner dela sig, och försäkra sina cellmembran. Först då kommer mer syre till sin rätt. Men det är alltid en balansgång, eftersom syre även kan komma andra processer tillgodo som inte är positiv för smaken. Det är nog av denna anledning som även en del kommersiella bryggerier börjat syresätta jästen i förkulturstadiet, och på så sätt slippa syresätta vörten överhuvudtaget.

Som redan indikerats så är jästens prestanda vid lägre temperaturer beroende av cellmembranets sammansättning. Därför kan det möjligen i vissa lägen finnas nackdelar med att odla sin jäst i sin helhet i rumstemperatur, och sedan tillsätta den till kall vört som i en lagerjäsningsen. Visserligen kan det kompenseras med bra syresättning, men behovet av syre kommer att vara ännu högre än vad det annars skulle vara. Av samma anledning är det troligen ej heller optimalt att starta sin lagerjäsningsen varmt (för att få igång jäsningsen snabbare) och sedan baxa in det i kylskåpet i efterhand. En av anledningarna till en lång lag kan vara just det faktum att jästen som odlats fram varmt, inte fungerar speciellt bra vid dessa låga temperaturer, och visst försöker den anpassa sig, men den behöver syre och extra tid(!), och därmed konsumeras mer glykogen till detta under förberedelsefasen, så att det blir mindre energi över till andra förberedelser som jästen också behöver göra. Därför kan en koppling finnas mellan lång lag, och inte bara glykogennivå, utan även en optimal sammansättning av cellen som kräver korrigeringar innan jästen kan komma igång med full aktivitet.

Det praktiska med rumstemperatur är att det är enkelt och går fort. En kompromiss som jag har testat är att dela upp förkulturen i ett par steg. Det stora steget, uppodlingen av jästmassan, görs i rumstemperatur, men sedan görs ett litet steg, aktivering av jästen innan bryggning (några timmar eller någon dag), i detta läge kan man ha lägre temperatur och syresätta ordentligt.

(2.3) Några enkla tester av jäst



Bild9. Mikroskop, cellkammare, jodsprit och metylenblått

Det finns några enkla snabbtester som man kan göra hemma med hjälp av ett mikroskop, cellkammare, metylenblått och jod, utan mer avancerad utrustning.

Det finns en rad olika kvaliteter på mikroskop. De dyraste proffsmikroskoperna är nog lite väl dyra för den normala hembryggaren. Men vill man inte bara kunna se cellerna, utan även skymta lite grand av strukturen i cellen krävs nästan att man kommer upp i kvaliteten på optik och mekanik.

Det andra extremfallet är leksaksmikroskop, som ofta delvis är i plast, men har ibland riktiga glaslinser. Dessa finns att köpa för några hundra på leksaksaffärer. De bättre av dessa skulle möjligen i bästa fall duga till att räkna celler. Men de duger troligen inte riktigt till att avläsa de färgnyanser som krävs för att bestämma antal levande celler genom färgning, eller uppskatta glykogennivån.

En kompromiss är någon form av hobbymikroskop. Ibland har även de stora mikroskoptillverkarna budgetmodeller som finns att köpa till överkomliga priser. Dessa duger oftast för att göra de tester som beskrivs i denna sektion, även om möjligheten till att undersöka cellernas inre struktur är starkt begränsad.

Det finns några saker att tänka på när man köper mikroskop. Den avgörande skillnaden mellan bra och dåliga mikroskop är sällan bara "förstoringen" som ofta ligger kring $\times 600$ - $\times 1000$, utan oftast kvaliteten på mekanik och optik. Billigare mikroskop kan ha svårt att fokusera på hög förstoring, troligen dels på sämre optik och på att fokusmekaniken är så instabil att den tappar fokus så fort man släpper fokusratten.

(2.3.1) Räkna celler (antal miljoner celler/ml)

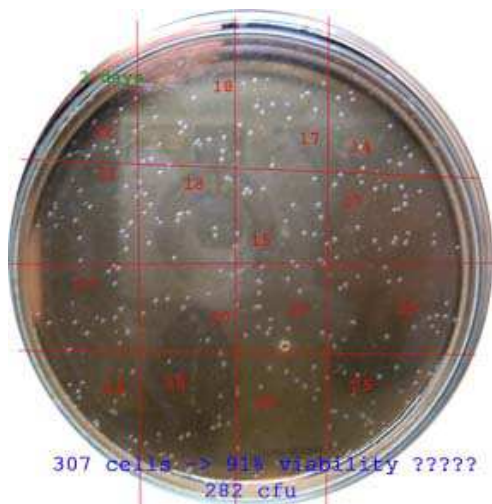
Normalt använder man en sk cellkammare (eller hemacytometer, samma som man kan använda för att bestämma blodvärde i mikroskop). Det är ett mikroskopglas med en utetsad liten fördjupning med en exakt volym och höjd. Den har även ett "rutmönster" som man kan se i mikroskopet - genom att räkna visuellt i mikroskopet antalet celler per ruta, kan man alltså genom att man vet volymen vätska per ruta, räkna ut antalet celler / ml. Detta är det enklaste och bästa sättet.

Sedan bestämmer man "antalet celler per ruta". Genom att man sedan vet hos stor volym man har i en "ruta" kan man alltså räkna ut antal celler/ml. Genom att sedan ta hänsyn utspädningsfaktorn får man cellkoncentrationen i det ursprungliga provet. Lämpligen kan man lägga in dessa konverteringar mellan celler/ruta och celler/ml i ett kalkylblad.

För den som inte har någon cellkammare kan man som en nödlösning göra egna uppskattningar, genom att på olika sätt konstruera en egen lite cellkammare, men noggrannheten blir inte lika god. Det man kan göra är att uppskatta droppvolymen, och droppa på ett mikroskopglas. Täckglasets sedan en känd area, och man kan räkna ut djupet.

Denna metod bestämmer alltså totala antalet celler, både döda och levande.

Med hjälp av odlingsplattor, kan man också uppskatta antalet levande celler. För att få reda på antalet döda celler måste dock denna metod kompletteras med någon metod för att bestämma totalt antal celler. Det man behöver för detta test är en petriskål, några mätglas för spädningar, samt en pipett där man kan dosera en exakt volym. Man preparerar en gelé genom att blanda vört och tex gelatin. Detta kokas och sedan hälls det i glasskålen som får stelna. Sedan tar man en känd volym, kanske någon ml, och sprider ut det i skålen ovanpå gelebädden. Sedan efter några dagar bildas små runda kolonier ovanpå gelebädden som man ser med blotta ögat. Genom att dela koloniantalet med volymen, får man en uppskattning på antal levande celler i lösningen. Dock så kan odlingar ofta en viss underskattning av antalet levande celler jämfört med färgningsmetoder pga att en koloni ibland kan startas av två eller flera celler (en liten klump), men man räknar ändå koloni som en cell.



Petriskål med tilltagande kolonier.

Självklart måste allt steriliseras noga, såväl skålar som pipetter.

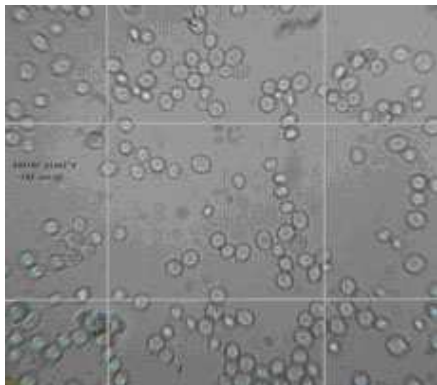


Bild10. Mikroskopbild från cellkammaren.
Rutnätet syns som svaga linjer i mikroskopet.



Bild11. Cellkammare

(2.3.2) Bestämna % levande celler

Principen är att om man färgar en cellsuspension med metylenblått så tränger färgämnet in i cellen, mer i döda än levande, samt att de cellerna som är levande försvarar sig mot inträngt färgämne genom att reducera det, och då blir det färglöst. Alltså de döda cellerna blir blå, och de levande cellerna kan metabolisera färgämnen och förblir ofärgade. På så sätt kan färgningen tala om vilka celler som lever och vilka som är döda.

Man tar en jästslurry i ett litet provrör, som sedan blandas ca 50:50 med 0.05% metylenblå lösning och låter det stå 1 minut. Sedan tar man en droppe på ett mikroskopglas och tittar i mikroskopet. Därefter undersöks provet och zoomas in på representativ plats. Då kan man ta en digital bild med en vanlig digitalkamera genom okularet för att sedan räkna i lugn och ro. I det läget spelar volymen ingen roll, utan man kan sedan räkna tex till 65 ofärgade celler och 24 blå celler. Då vet man att antalet levande celler är $65/(65+24) = 73\%$.

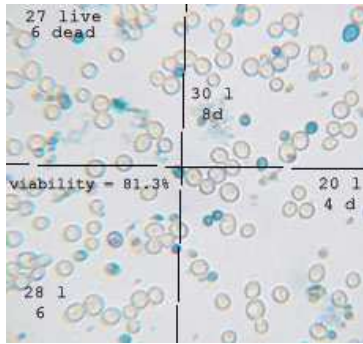


Bild12

Metylenblått, räknekammare, petriskålar, pipetter mm kan beställas hos tex www.makab.se.

(2.3.3) Uppskatta den relativa glykogennivån i jästen

Jästens energiförråd under lagring är glykogen. Ju högre glykogennivå desto längre kommer jästen att klara sig under lagring. Dessutom ju lägre glykogennivå jästen har vid jäststart desto längre lagtid kan man få. Därför kan det ibland vara intressant att ha lite koll på detta. Glykogennivån är ett mått på hur pigg jästen är.

Precis som att man kan använda jodprov för att se hur mycket stärkelse som finns kvar i mäsken så kan man använda jod för att färga jästceller. Jästens energireserv är glycogen och denna färgas brunt av jod. Genom att jämföra den relativa intensiteten på färgningen kan man uppskatta om glykogennivån är låg, mittemellan eller hög. Jag har kollat jästen direkt efter en jäsnings och glykogennivån är då mycket hög, medans en jäst som stått och svultit länge har låga glykogennivåer. Syre under lagringen är negativt då jästen tar upp detta och producerar bla steroler. Ska man lagra jäst länge är det kritiskt att hålla allt syre borta.

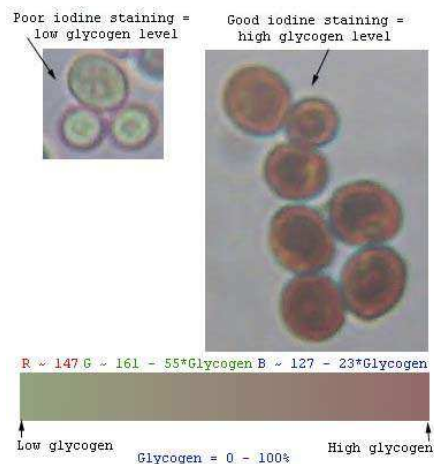


Bild13

Man kan använda vilken aktiv jodform som helst. Till exempel jodsprit, jodofor eller jodopax.

Blanda lite av varje i ett provrör, skaka och undersök sedan i mikroskop.

(3) Jäsprocessens dynamik

(3.1) Indelning

Hur vet man egentligen att någonting över huvud taget händer i vörten efter att man tillsatt jästen? Finns det någonting man kan göra för att hålla sig informerad om händelseförloppen under jäsningen? Eller blir det helt enkelt en överraskning den dagen man ska tappa upp?

Det finns ett antal metoder att följa jäsaktiviteten.

1) En metod som är enkel och tillförlitlig, är att mäta densiteten på vörten. Den sjunker ju från OG till FG under jäsningen. (Se röd kurva i bild 15). Vill man, kan man ju ta dessa mätpunkter och plott på ett papper och försöka sig på en prognos, eller att bara bedöma karaktistiken. Mängden jäst i suspension kan faktiskt påverka mätning av densiteten någon punkt, men i praktiken är felet försumbart såvida man inte har enorma mängder jäst i suspension. En nackdel kan ju vara den riskökning det innebär om man vill ha täta mätpunkter att man då måste öppna jäskärlet för provtagning ofta.. Felkällor vid densitetsmätning är annars normalt koldioxidbubblor på hydrometern som gör att densiteten verkar lägre än vad den i själva verket är, man får snurra på hydrometern och ta en avläsning snabbt innan bubblor byggs upp. Man kan även med fördel vispa provet innan mätning, för att vispa ur koldioxiden. En annan felkälla är temperaturen. Mäter man samma vätska vid olika temperaturer får man rätt stor variation i densitet. Det måste man korrigera för, alternativt se till att proven har rätt temperatur.

2) En annan enklare kvalitativ metod som förekommer, men som jag själv tycker verkar lite inexact, är att bedöma aktiviteten genom att uppskatta skumtäckets i jäskärlet, förutsatt att man har ett genomskinligt jäskärl.

3) En tredje, trevlig, men lite förrädisk metod är att notera gasutvecklingen i jäsröret. Dvs hur många bubblor per minut man får. Fördelen med denna metod är att man kan få kontinuerliga mätvärden under hela jäsningen, utan att behöva öppna (och kanske störa) jäsprocessen. Denna metod kan rätt använd vara ganska kraftfull men den har också sina fallgropar. För det första gäller det ju att locket, är absolut tätt så att all gas går ut genom jäsröret. Om dessutom gasutvecklingen är så kraftig att det mer eller mindre konstant sprutar ur jäsröret (låt oss säga att man sätter ett litet vanligt jäsrör till en 100 liters jäsning), blir det väldigt svårt att bedöma hur många bubblor per minut det motsvarar. Andra faktorer som också ger mätfel i flödet är temperatur- och lufttrycksvariationer. Men förutsatt att man kan kontrollera dessa fel så ger en bubbelkurva en ganska fin bild av jäsaktiviteten. Har man dessutom trimmat in sin utrustning så kan man även uppskatta mängden gas som bildats och man kan uppskatta sitt FG givet OG utan att öppna jäskärlet. Men jäsaktivitetens karaktär, kan också säga en del om kvaliteten på jästen, och näringsinnehållet i vörten genom att jämföra med tidigare erfarenheter. Får man en allvarlig störning i jäsningen, av någon anledning, så kommer det att synas i jäskurvan.

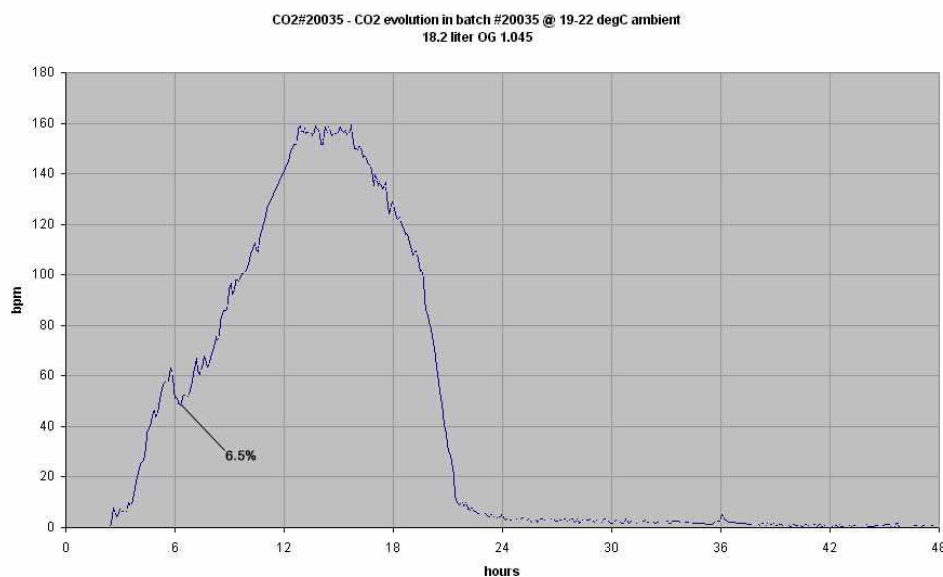


Bild14. Exempel på uppmätt bubbelkurva för en något störd jäsning. Den här bubbelkurvan uppmättes med min första prototyp av en akustisk bubbellogger. Den hade en mikrofon i jäsröret som triggade på ljudet från bubblorna. Observera att arean under kurvan står i proportion till utvecklad gasvolym och därmed förbrukat socker, och man kan uppskatta FG.

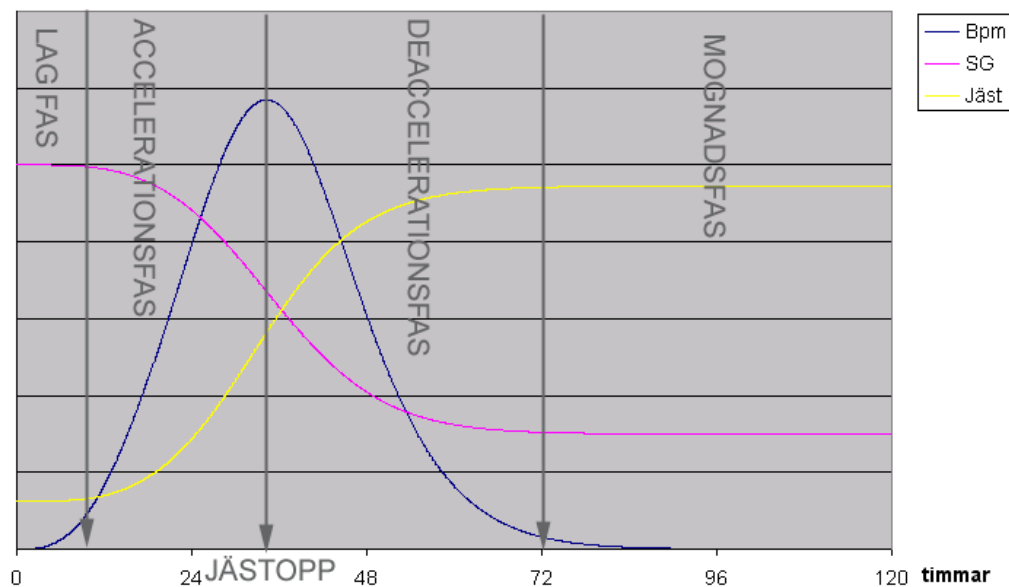


Bild15. Denna bild är också en mycket förenklad datorsimulering av jäsningsförloppet med syfte att illustrera de olika faserna. I denna bild är hänsyn ej tagen till den extra fördröjning som uppstår pga tiden det tar att mäta vörten med koldioxid. Det intressanta är att notera hur jästen växer (gula kurvan), samt hur sockret i vörten konsumerad (lila kurvan). Den blå kurvan motsvarar sockerkonsumtion per tidsenhet mot vilken gasutvecklingen i bubblor per minut i princip är proportionell. Genom att notera lag, jästopp och kanske formen på gaskurvan har man alltså en viss koll på vad som händer.

(3.2) Lagfas

(Vilofas)

En jästpopulation med åtskilliga miljarder celler som antingen ligger och sover under ett skikt av öl eller vatten kanske i ett kylskåp någonstans för att spara på krafterna och hoppas på bättre tider. Jästen går på sparlåga under denna tid. Cellens aktivitet och därmed bränsleförbrukningen ligger på ett minimum. Stressmoment och onödiga omställningar under lagring kan göra att jästen slösar på sin energireserver. Jämför en björn som går i idé under vintern. Den ligger i en djupare dvala och i detta läge gäller prioriteringsordningen för jästen att sprara på krafterna och överleva tills nästa gång det kommer mat.

Notera den lila kurvan i bilden ovan, i början av jäsningen ligger jästen i vila i bild 12.

(Anpassnings/aktiverings fas)

Sedan helt plötsligt blir de förflyttade till en helt ny miljö, kanske också med en annan temperatur, och med massor av mat och näringsämnen. Jästcellerna känner då av en förändring i omgivningen och agerar därefter. För att börja kunna reproducera sig i den nya miljön, måste cellerna aktivera en rad olika system för att till att börja med kunna transportera in nya näringsämnen som socker och aminosyror in i cellen. Alla dessa förberedelser kräver energi, och hur får cellen energi? Jo, genom att omsätta/förbränna socker, men för att göra det måste jästen först aktivera transportsystemen för socker, och det kräver energi. Ett sorts moment 22. Lösningen på detta är framförallt att jästen i denna förberedelsefas omsätter sina interna energireserver, dvs glykogen. Glycogen är en sorts socker-polymer. Alltså jästens glykogennivå är helt avgörande för hur "snabb i starten den är". Även i viloläge så sker vissa långsamma processer i cellen som kräver energi, så under mycket lång lagring förbrukar jästen sina glykogenreserver. Därför kan jästceller som lever men som förvarats väldigt länge utan mat ta längre tid på sig att komma igång. Detta är ett skäl till att ge sin jäst lite färsk vört på bryggardagen, eller kanske dagen innan så att jästen har goda glykogenreserver och snabbt kan anpassa sig till den nya miljön. Glycogen som energireserv är för övrigt ganska universiellt för alla celler och inte specifikt för jäst. Även människan och alla djur lagrar energi som glycogen. En del av de initiala förberedelserna är att ta upp löst syre ur vörten, och använda det för att tillverka steroler och omättade fettsyror som används främst i cellmembranet. Detta kräver också mycket glycogen. Därför är det också viktig med glycogen för att jästen snabbt skall kunna tillgodogöra sig det lilla syret som finns tillgängligt. I naturen är det ofta olika processer eller organismer som tävlar om syret, alltså gäller det att snabbt roffa åt sig så mycket man kan. Syre är viktigt främst för att upprätthålla kvaliteten och

funktionaliteten i cellmembranet. Om jästen har levt länge utan syre så börjar den känna sig stel och osmidig. Cellmembranet som är jästens kommunikationskanal med omgivningen fungerar inte optimalt. Om man tänker sig att jästens cellmembran består av fetter, så kan man föreställa sig vad som händer med fettets när temperaturen sjunker – jo det stelnar. En cell som levt utan syre länge, har en fettsammansättning som gör det svårare för den att fungera vid lägre temperaturer.

Vid en temperaturomställning, så måste jästen justera cellmembranets sammansättning för att upprätthålla korrekt flexibilitet. Vid en omställning till en lägre temperatur krävs mer syre, då cellmembranet måste tillföras omättade fettsyror och steroler, och jästen kräver syre för att tillverka dessa. Olika typer av stress kan även tarva mer syre.

Notera den lila kurvan i bild 12 ovan, under anpassningsfasen övergår den vilande populationen sakta men säkert till aktivt läge och påbörjar reproduktionen. Den gröna kurvan i bild 2 är den aktiva jästen.

(3.3) Accelerationsfas

(Aktiv fas/reproduktion)

Efter ett tag har jästen aktiverat sitt maskineri, tagit upp syre ur vörten och förberett cellmembranen, förberett alla transportkanaler för socker och aminosyror. Nu är jästen inne i sin reproduktionscykel. Det innebär att jästens prioritet just nu är att ta vara på all mat, och föröka sig så mycket som möjligt. Jästen förbränner socker för att utvinna energi, denna energi använder den sedan för att dels driva hela maskineriet, kontinuerligt underhålla och reparera celler, samt att tillverka nya celler. I en öljäsning kan man säga att varje cell delar på sig (fördubblar sig) ca 3 gånger. Dvs hela populationen har ökat ca 8 gånger innan allt förjäsbar socker är slut.

Observera att bortsett från den initiala syresättningen, som förbrukas inom någon timme, och när allt syre är slut och jästen inte hunnit växa nämnvärt, så sker hela jästens reproduktion under resten av jäsningsen helt utan syre! Det innebär att allteftersom jäsningsen fortlöper så måste någon form av syrebrist uppstå. Hur hanterar jästen denna situation? Om vi nu drar oss till minnes vad jästen använder syret till, så var det till omättade fettsyror som ingår i cellmembranet. När en cell delar på sig, så växer en ny cell ut som en avknoppning på cellmembranet i modercellen, och i denna delningsprocess delar modercellen med sig av sin värdefulla omättade fettsyror till dottercellen, eftersom denne ej kan tillverka detta själv!

Man kan alltså säga att jästpopulationen hushåller med de omättade fettsyror och steroler som tillverkades när det fanns syre ett antal generationer tillbaka, och resultatet blir att kvaliteten ur en fysiologisk synpunkt på cellmembranen sjunker i takt med att populationen växer. I slutet på jäsningsen är alltså cellmembranet utarmat på omättade fettsyror och steroler som gör att jästen blir stel och cellmembranet får svårare att dela sig i samband med reproduktionen, och transportkejderna genom cellmembranet påverkas också.

Detta är den huvudsakliga anledningen till begrepp som rekommenderad jästgiva och syresättning. Ju mindre jästgiva man har, desto mer förökar sig jästen relativt sett (inte absolut sett), och ju sämre prestanda har jästen i slutet på jäsningsen. Detta är en möjlig orsake till långdragna jäsningsar, dålig utjämsning samt smaker som kommer sig av att jästen arbetar i dåligt skick.

Under denna accelerationsfas växer jästen som allra mest, näringstillgången är god och stressnivåerna är inte alltför betungande. Under tillväxtfasen samt en bit efter jästoppen, bildas sannolikt merparten av högre alkoholer primärt via aminosyrametabolismen.

Den gröna kurvan visar hur jästen växer snabbt. När näringstillgången är god, stressen är låg och jästen pigg så växer jästpopulationen exponentiellt.

(3.4) Jästopp

Under en öljäsning har man alltid efter en viss tid, något dygn eller så en aktivitetstopp i form av att det bubblar som allra mest i jäsröret. Som en grov tumregel kan man säga att denna jästopp normalt bör inträffa då kanske hälften av det förjäsbara sockret är förbrukat. Om man späder ut sin vört med mycket socker utan att tillföra extra näring inträffar denna jästopp mycket tidigare pga jästen växer mindre. Resultatet blir en segdragen slutjämsning som ofta kan dra ut på tiden, även med risk för lägre utjämsningsgrad.

Här är ett skissat exempel på hur näringsinnehållet (bla aminosyror) förutom socker i vörten kan påverka tidpunkten för jästoppen.

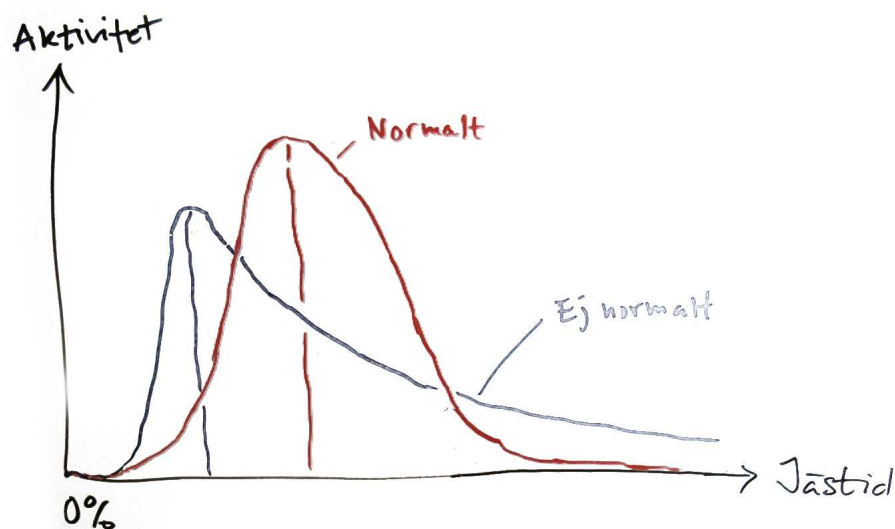


Bild16. Denna bild är en illustration av hur FAN nivån i vörten kan påverka jäskurvan. "Ej normalt" avser alltså en vört med mycket låga nivåer av aminosyror eller andra kvävekällor. Detta fenomen har jag själv bevitnat mha att jämföra jäskurvor för vört utspädd med strösocker.

Jästoppnen kommer sig av en kombination av det sjunkande näringsinnehållet i vörten, den ökande stressnivån samt att de minst uthålliga cellerna har börjat lägga ned arbetet, och återgår till viloläge. Det sker fortfarande viss reproduktion men relativt sett sker majoriteten av jästillväxten före jästoppnen.

Under en jäsprocess frigörs en del energi som värme, och temperaturopploppet infaller normalt också mer eller mindre med jästoppnen. Det är alltså nu som temperaturskillnaden mellan den jäsende vörten och omgivningen är som störst. Under jästoppnen är också koldioxidhalten i vörten som högst.

Löst Co2 i vörten

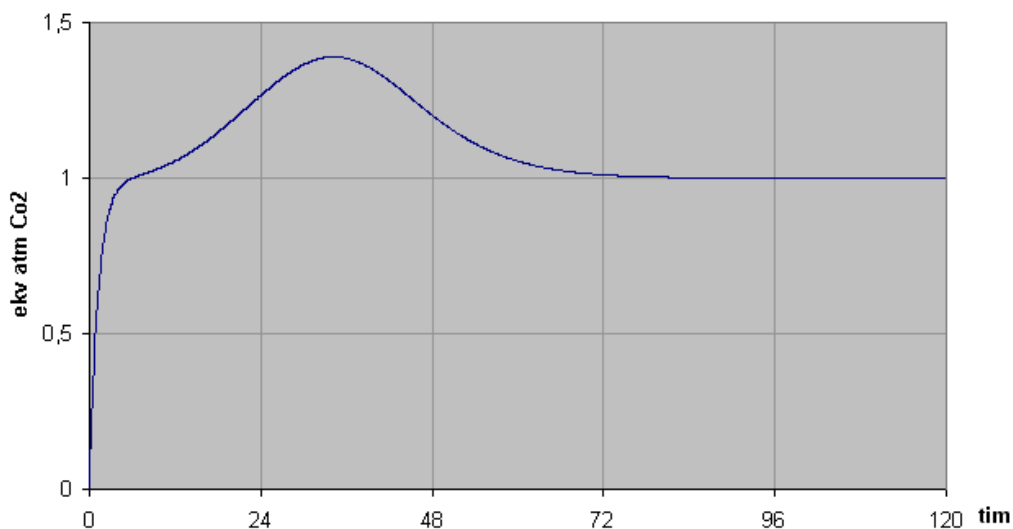


Bild17. Illustration av CO2 halten under jäsnigen. Under den aktiva delen är vörten övermättad på CO2. Vid slutet av jäsnigen är vörten i jämvikt med CO2 vid 1 atmosfärstryck. Den exakta nivån på övermättningen beror på en rad faktorer som omrörning, samt hur grumlig vörten är. En grumlig vört innehåller mycket groddar för bubbeltillväxt som gör att halten löst CO2 blir lägre, det är en delförklaring till att lägre CO2 halt kan öka jästakten. CO2 trycket kan även påverka smakbildningen.

(3.5) Deaccelerationsfas

(Deaktiveringsfas)

Efter ett tag börjar tillgången på mat, stressnivåer från alkohol och syrebrist, göra att det kostar mer än det smakar att hålla cellmaskineriet igång, och cellen signalerar prioritetomställningar, som innebär att cellen nu

istället för att prioritera fortplantning, ska prioritera förberedelser för svält, och se till att avaktivera maskineriet och återställa cellen till viloläge. Under den senare delen av tillväxtfasen börjar jästen samla på sig glycogen och trehalose reserver. Glykogen är jästens huvudsakliga energireserv. Trehalose är en sockerart som har stor betydelse för jästens stresstolerans.

Detta sker när förhållandet, total stress, näringstillgång etc gynnar violläge. Normalt sker detta när allt, eller det mesta förjäsbara sockret är slut, men denna gränsdragning beror dels på omständigheterna, vörtsammansättning, samt jäststam!

Jästen upplever en situation av inkomster från förbränning av socker, utgifter i form av underhåll av cellen, transportera av ämnen in och ut ur cellen. Den totala stressen som jästen känner av, gör att jästens "kostnader" ökar, och vinsten minskar. Och vid en viss nivå, inser jästen det taskiga läget och börjar prioritera hamstring av energireserver och återgång till viloläge för att överleva de dåliga tiderna, eller den höga stress, som nu signaleras.

(4) Utjäsning av vört

(4.1) Vörtens beståndsdelar

Vörten består förutom vatten av det som vi kallar **extrakt**. **Extraktet** består i sin tur av **förjäsbart socker**, dextriner, proteiner, aminosyror mm.

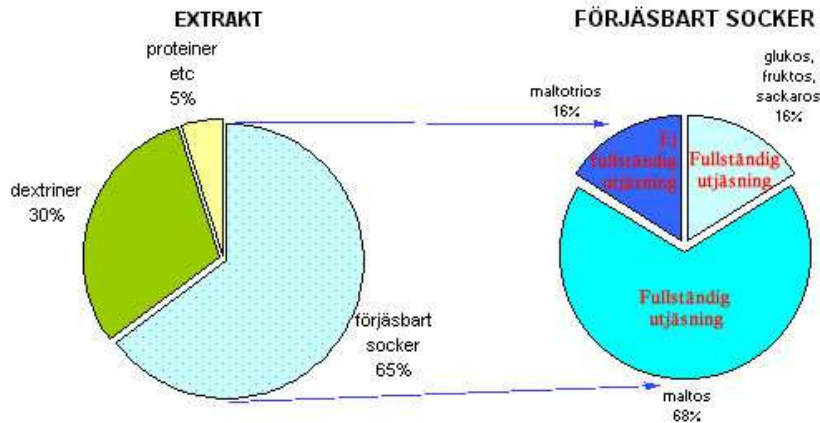


Bild18. Förenklad visualisering av vörtens olika logiska beståndsdelar (bild2.jpg)

Det är endast det **förjäsbara sockret** som av jästen omvandlas till CO₂ och etanol. Vad som är förjäsbart socker beror på organismen. Vissa jäststammar samt vissa bakteriestammar kan förjäsa delar av extraktet som inte normal öljäst kan jäsa ut. Men om man undantar dessa specialfall så är det förjäsbara sockret, glukos, fruktos, sackaros, maltos och maltotriose.

Den del av **extraktet** som blir kvar efter avslutad jäsnings kallas **restextrakt**. **Restextraktet** i sin tur består av dextriner, proteiner och faktiskt en varierande del av det i princip **förjäsbara sockret**. I praktiken är det delar av den mest svårsmälta sockerarten maltotriose som utgör större delen av resterna av det förjäsbara sockret. Men som alltid finns undantag.

(4.2) Uppskattning av FG

Att förutsäga sitt OG, dvs. uppskatta hur mycket malt man måste använda för att åstadkomma x liter öl av OG y, är ju en viktig praktiskt detalj då man formulerar recept och sedan ska till att brygga. Men hur är det med FG? FG påverkar ju också uppenbarligen smaken på ölen på flera sätt. FG är lite svårare att uppskatta, men en grov uppskattning är ofta mycket bättre än ingen alls. Många har säkert upptäckt att de nominella utjäsningsgrader som jästillverkarna ofta anger inte alls stämmer. Det kan ligga såväl högre som lägre – varför?

För att uppskatta utjäsningsen måste man alltså göra två saker.

- 1) Dels uppskatta andelen principiellt **förjäsbart socker**(=RDFW) i extraktet i den vört man ska använda.
- 2) Uppskatta hur mycket av det principiellt **förjäsbara sockret** som i själva verket kommer att förjäsa av vald jäst under de givna betingelserna.

RDFW uppskattas via receptet, och mäskningsschemat. För de flesta öl, ligger detta värde kring 55-75%, där kring 65% troligen är vanligast.

Gör man tex väldigt alkoholstarka öl får man normalt på köpet ett högre restextrakt också. Vill man inte det, så måste man få upp RDFW hos extraktet i starka öl. I belgiska öl, tillsätter man ofta lite sackaros, vars effekt är att höja RDFW värdet.

Å andra sidan, när man gör väldigt alkoholsvaga öl så får man normalt kanske lite väl lågt restextrakt, och dålig kropp. Då kan man som kompensation, se till att sänka RDFW värdet.

Detta gör man förslagsvis redan på receptstadiet, med hänsyn taget till jästens relativa utjäsningsförmåga.

Detta är ju komplicerat, men här beskrivs en grov metod för att göra lite bättre uppskattningar, än tillverkarnas nominella utjäsningsgrader.

Följande formel ger ett ungefärligt samband mellan utjäsningen, och vörten.

FG = Final Gravity (kg/liter)

OG = Original Gravity (kg(liter)

RDFW = **Extraktets** potentiella förjäsbarhet (vikt%).

MTW = Maltotriose innehållet i vört **extraktet**. (vikt%)

MTD = Maltotriose Depletion, andel av totalt maltotriose (vikt%) som jäses ut under aktuella betingelser.

$$FG = (a*OG + b) (RDFW - MTW*(1-MTD)) + (c*OG + d)$$

$$a = -1,180875689$$

$$b = 1,179398127$$

$$c = 0,993948859$$

$$d = 0,006096669$$

Denna formel har jag tagit fram genom att kombinera diverse kända formler med egna antaganden helt baserade på ovanstående idéer.

Det man måste göra så gott man kan, är sedan alltså att uppskatta RDFW, MTW och MTD.

RDFW och MTW beror på receptet, och mäskeschemat.

MTD beror på en massa saker, men framförallt på jäsbetingelserna samt jäststammen.

En jäststam med ”relativt låg utjäsningsgrad”, antas lämna mer maltotriose än en med hög. Som några fingervisningar, se följande tabell.

AA := Relativ skenbar Utjäsningsgrad (Apparent Attenuation)

	AA(%)	MTD(%)	Exempel
Stam med låg utjäsnig	67- 71	0-33%	Windsor
Stam med medelhög utjäsnig	71-75	33-66%	
Stam med medelhög utjäsnig	75-80	66-100%	Nottingham

Det som är kritiskt att observera nu är att AA avser någon form av standardvört. Är inte vår egen vört identisk med standardvörten så stämmer inte utjäsningsciffrorna. Alltså, man bör tolka utjäsningen som ett relativt mått och sedan transformera dessa siffror till vår egen vört för bättre uppskattningar.

Mitt eget antagande är att standardvörten för alejäst är någonting i stil med RDFW=65% / MTW = 10.5%.

Det innebär att 67% motsvarar MTD=0% och 80% motsvarar MTD=100%.

Möjligen kan tolkningen av de nominella utjäsningsgraderna skilja sig något för lagerjäst, då jag inte har någon jäskyl så har jag inte testat dessa idéer på lagerjäst.

Sen är det ju inte riktigt så här enkelt heller, då jästgiva, syresättning, omrörning och alkohohalt etc påverkar dessa siffror. Men jag tycker det är användbart att utgå ifrån detta. Vill man sedan uppnå en utjäsnig som ligger i överkant eller utanför det normala utjäsningsintervallet för tex en jäst med låg utjäsnig, så får man ta till ordentligt med jästgivan, och syresätta extra noga. Kanske rent av ruska jäshinken då och då, samt kanske även i vissa fall tillsätta extra näring.

Jag har ganska begränsade erfarenheter, men alla mina brygder hittills har jag analyserat på detta sätt och det tycks vara väldigt konsistent. Dock får man hålla i åtanke att detta är grova uppskattningar, inga exakta uträkningar och att en jäst med låg utjäsnig mycket väl kan jäsa ut hög under rätt betingelser!

Även om parametrarna är svår att uppskatta så ger det i alla fall lite struktur i röran och medger en gissning som är bättre än ingen alls. Med dessa beräkningar kan man även enkelt justera FG tex ett par punkter upp eller ned på gamla beprövade recept, mha en omskalning och tillsätta x % socker eller x% maltodextrinpulver. Att ändra hela mäskeschemat är ju sannolikt mer komplicerat att göra på ett kontrollerat sätt.

Gör man detta på receptstadiet, kan man försöka uppskatta RDFW och MTW från receptet.

Exempel. Låt oss säga att vi har ett beprövat helmalt recept med. Vi vet att OG 1.050 och FG 1.014 helt enkelt eftersom vi bryggt det tillräckligt många gånger.
Vi använder en jäst med medelutjäsnings.

Gissning 1. MTD = 50%

Gissning 2. MTW = 10% (Standardgissning om vi inget mer vet)

Detta innebär att RDFW = 64%

Vi vill sänka FG från 1.014 till 1.012, men behålla OG 1.050 och volymen 20 liter genom att tillsätta en liten mängd strösocker, frågan är hur man ska göra.

FG 1.012 skulle motsvara RDFW = 67% om MTW är ungefär samma.

Det vi behöver göra är alltså att skala ned originalreceptet en faktor X och tillsätta Y kg socker, så att den nya vörtsammansättningen ger RDFW = 67%.

Nu ska vi försöka uppskatta X och Y.

OG ska vara samma = Mängden extrakt ska vara samma.

Alltså är $Y = (1-X) \cdot \text{Totalt extrakt}$

$\text{RDFW}_{\text{nytt}} = X \cdot \text{RDFW}_{\text{gammalt}} + (1-X) \cdot \text{RDFW}_{\text{socker}}$

$X = (\text{RDFW}_{\text{nytt}} - \text{RDFW}_{\text{socker}}) / (\text{RDFW}_{\text{gammalt}} - \text{RDFW}_{\text{socker}})$

$\text{RDFW}_{\text{nytt}} = 67\%$

$\text{RDFW}_{\text{gammalt}} = 64\%$

$\text{RDFW}_{\text{socker}} = 100\%$

$\Rightarrow X = (67\% - 100\%) / (64\% - 100\%) = 91.7\%$

$Y = (1-X) \cdot \text{Totalt extrakt}$

Totalt Extrakt är $20 \cdot 1.050 \cdot 0.124 = 2.604 \text{ kg}$

$\Rightarrow Y = 0.217 \text{ kg}$

Alltså, om vi skalar ned alla extraktgivare i originalreceptet till 91.7%, samt tillsätter 217 gram strösocker, så har vi behållit OG 1.050, men den beräknade nya FG kommer att vara 1.012 istället för 1.014.

(5) Referenser

Här är några utvalda allmänna referenser, men tyvärr är alla på engelska.

(1) George Fix, Principles of Brewing Science

Bra bok som översiktligt beskriver hela bryggprocessen på en lite mer principiell nivå utan att den blir lika tungläst som vissa andra texter. Handlar mer om principiell förståelse snarare än praktisk handledning. Innehåller dock en del kemi.

(2) Biochemistry 5'th Edition, Lubert Stryer

Bra grundbok i generell biokemi, men ej jästspecifik på något sätt.

(3) Saccharomyces genome database (<http://www.yeastgenome.org/>)

Teknisk, men en riktig guldgruva för den som inte får nog av detaljer i jästens metabolism av olika ämnen, vilka enzymer, gener och reaktionsvägar som är intressanta. Innehåller också vidare referenser till artiklar om alla detaljer. Kan vara kryptisk att navigera på innan man vant sig.

(4) Master Brewers Association of the Americas (<http://www.mbaa.com/TechQuarterly/search.asp>)

Innehåller mycket artiklar om bryggning. De flesta kostar pengar, men sammanfattningar kan läsas fritt.

(5) American Society of Brewing Chemists (<http://www.asbcnet.org/Journal/content.html>)

Innehåller mycket artiklar om bryggning. De flesta kostar pengar, men sammanfattningar kan läsas fritt.

(6) Physiological Roles of pyruvate decarboxylase in Saccharomyces cerevisiae av Marcel Flikweert

(<http://www.xs4all.nl/~marcelf/Thesis.htm>) Mycket bra artiklar som fokuserar mycket på glykolysen och sockermetabolismen.

(7) Glycerol and wine quality: Fact and fiction <http://www.wynboer.co.za/recentarticles/1102glycerol.php3>

Artikel om glycerol i vin.

Utöver detta finns även en uppsjö av små artiklar och rapporter om alla möjliga detaljer att hitta på nätet eller på biblioteket. Vissa kostar pengar, andra är gratis.