NTNU
Norwegian University of
Science and Technology

Ølbrygging på vitenskapelig grunn – og et innblikk i hobbyprodusentens utfordringer og muligheter

Per Bruheim
Institutt for bioteknologi

NTVAs julemøte Desember 2015

Innledende teknisk-økonomisk analyse

Investering komplett 50l bryggeri (mest primitivt utstyr):	8000 NOK
Produksjonsvolum (ferdig flasket):	40 l
Tidsforbruk (inkl. forberedelser og flasking):	10 timer/ batch
Råmaterialer + andre forbruksvarer:	6-800 NOK/ 40l

(i.e rundt 15-20 NOK/l)

Følsomhetsanalyse:

- internrente og tilbakebetalingstid er mest følsom for lønnskostnader

Det kan være penger å spare men det viktigste er kanskje at

man kan lage øl helt etter og tilpasset sin egen smak

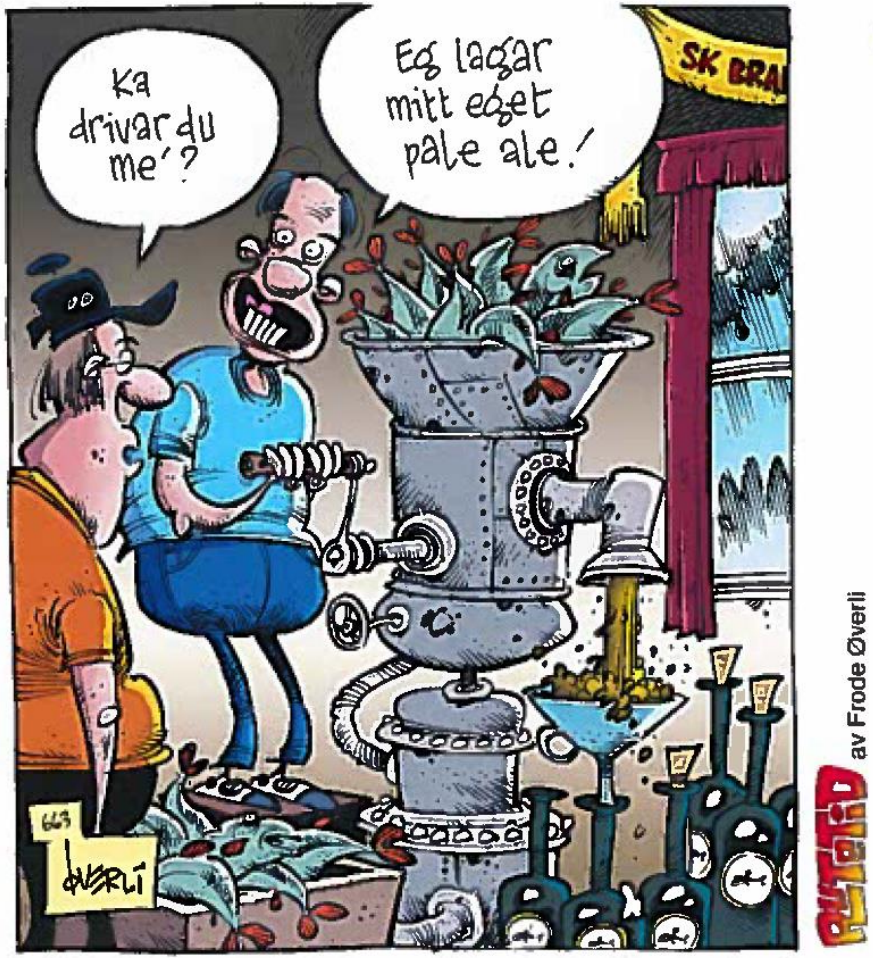
Kompetansekrav

- nødvendig med erfaring i biokjemi, mikrobiologi og prosesskjemi? **NEI**

Hva er viktigst?

- vasking og renslighet,
- god (nok) sterilteknikk (dvs hindre forurensing som forringer kvaliteten)
- liker øl og flink til å lese oppskrifter,

  smake og videreutvikle oppskriftene



Hva skal man brygge?

BJP (Beer Judge Certification Program) nevner 23 øl-klasser og 78 ølsorter:

Light lager
Pilsner
European Amber Lager
Dark Lager
Bock
Light Hybrid Beer
Amber Hybrid Beer
English Pale Ale

Scottish and Irish Ale
American Ale
English Brown Ale
Porter
Stout
India Pale ale (IPA)
German Wheat and Rye Beer
Belgian and French Ale

Sour Ale
Belgian Strong Ale
Strong Ale
Fruit Beer
Spice/Herb/Vegetable Beer
Smok-Flavored and
Wood-aged Beer
Speciality Beer

Status Norge: 160 bryggerier (2x antall bryggerier/ innbygger sml USA)
Håndverksbryggerier: 7 mill liter/ år, 3.5% av markedet (USA: 10% av markedet)

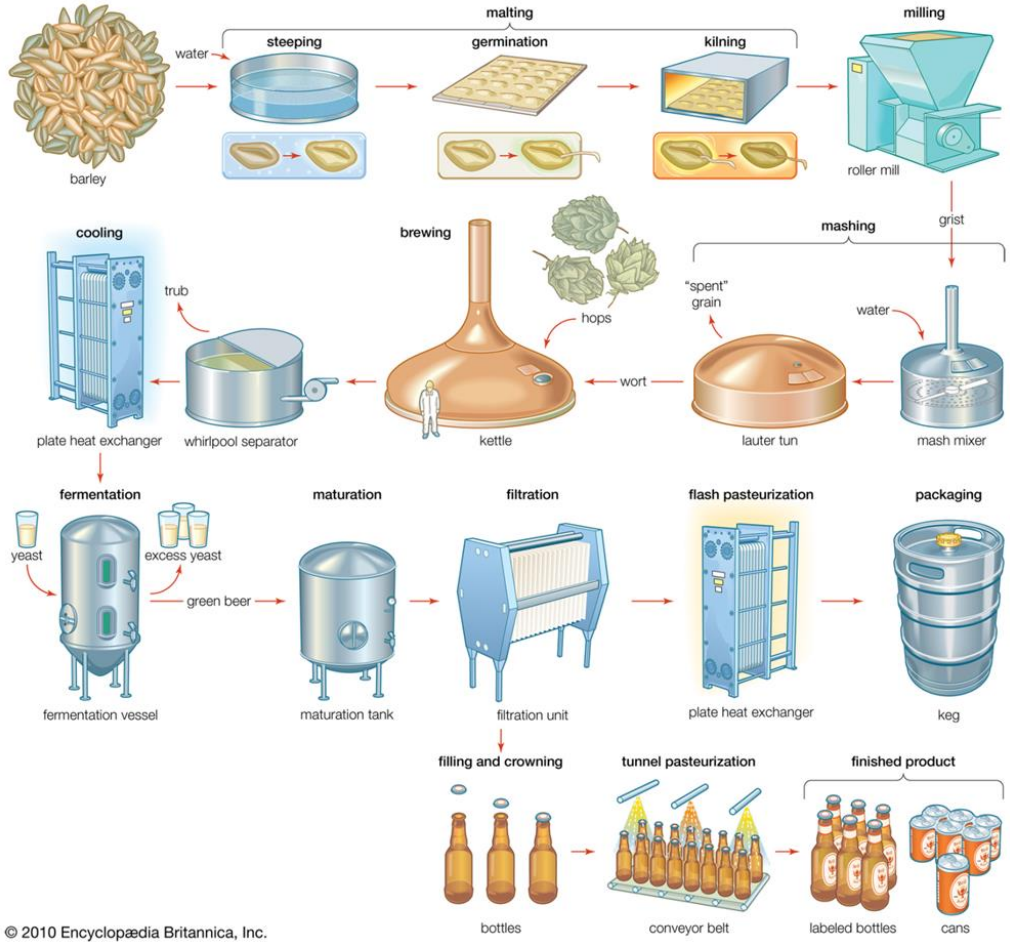
Hva inneholder øl?

- Vann (må tilsettes salter for pH regulering og fremheving av smak, magnesium og zink til gjæren)
- Malt (massevis av alternativer)
- Humle (massevis av alternativer)
- (Gjær) (massevis av alternativer)*
- ++++++ (mais, ris, krydder,…, massevis av alternativer)

*Øl er blitt brygget i 1000vis(?) av år, men det er først de siste 150 årene at gjærens rolle er kjent. Vitenskapelig pioneerer: Louis Pasteur, Max Rees, Emil Chr. Hansen,…..

- *Etanolsyntese skjer ikke spontant fra sukker*
- *Mikrobielle arbeidsteknikker – isolering av renkultur (veldig viktig for kvalitetsheving og mer reproduserbar ølproduksjon)*

Bryggeprosessen



1. Malting

Bløtlegging og Spiring

Tørking (forskjellige temperaturer – påvirker smak, karamellisering, røyksmak, …)

2. Mesking (1-2 timer)

Enzymatisk nedbrytning av lange sukkermolekyler til «fermenterbart» sukker

3. Koking (1-2 timer)

Tilsats av humle for bitterhet, smak og aroma

Sterilisering

4. Gjæring (2 -> uker)

Tilsats av gjærkultur: omdanning av sukker til etanol og andre smaks- og aromaforbindelser

5. Flasking + modning/ lagring (2 -> uker)

Tilsats av 6-7 g sukker/ l for karbonering på flaske

2. Mesking

Enzymatisk nedbrytning (α- og β-amylaser) av lange sukkerkjeder til fermenterbare mono-, di- og tri-sakkarider (glukose, fruktose, sukrose, maltose, maltotriose)

1 time ved f. eks 65°C, evt flere trinn (eks. 62-68-73-78°C, proteinhvile ved 55°C for hveteøl) hvis man har mer avansert bryggeutstyr)

Kvernet malt

Selve meskingen

Vasking og siling av mesken

- rester kan brukes til både menneske og dyrefôr

Typer malt og andre sukkerkilder

- Basemalt
- Karamellmalt
- Mørkt malt
- Lyst malt
- Brent malt
- Mais
- Havre
- Ris
- Hvete
- Rug
- Maltekstrakt, sirup, raffiert sukker
- Umalted bygg
- …

Hva kontrolleres med maltsammensetningen?

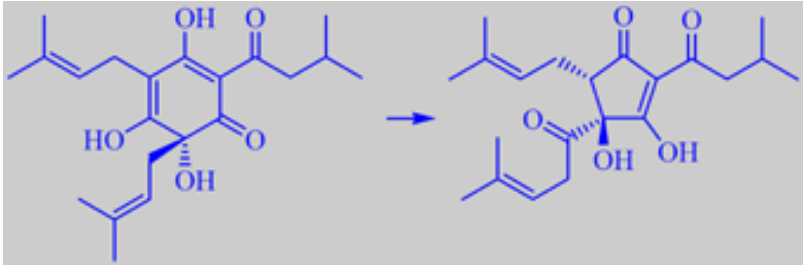
- Etanolkonsentrasjon
- Maltsmak
- Farge
- Skum, skumstabilitet
- Munnfølelse

Viktig: minimum mengde basemalt for å sikre nok enzymaktivitet under mesking

Bayer, bokkøl har tydelig maltpreg, Alstadberger har røyksmak

3. Koking:

Tilsats av humle for bitterhet (tidlig i kokingen), smak og aroma
(på slutten av kokingen + tørrhumling i gjæringsdunken)



Humle er en flerårig plante i hampfamilien og som inneholder α-syrer, spesielt humulone

- varmebehandling gir isomerisering til cis- og trans isohumulone som gir bitterhet (også bakteriocidal effekt mot G+ bakterier)
- aromatiske oljer damper av under koking, derfor tilsettes humle også på slutten av koking

Type humler: Bitterhumler og aromahumler

Eksempler på populære humler

Cascade (US) har en velkjent blomstrete sitrussmak, spesielt da grapefrukt.

Citra (US) tropisk frukt (mango, ananas,…)

Goldings (UK) Mild humle med unik krydret smak, kompleks aroma med hint av sitronmelisse, appelsin, grapefrukt og honning.

Saaz (Czech) Mild, med urteaktig og blomstret smak/aroma.

Hersbrucker (Germany) Behagelig urte- og blomsteraroma. Lett krydret.

Nelson Sauvin (New Zealand) Smak av vindruer, passionsfrukt og stikkelsbær, kjølig karakter. Markant bittersmak.

Hop Substitution Chart

Admiral	Target, Northdown, Challenger
Amarillo	Cascade, Centennial, Summit, Ahtanum
Boadicea	Cacade(?), I'm not sure...
Bullion	Columbus, Northern Brewer
Cascade	Amarillo, Centennial, Summit
Challenger	Perle, Admiral
Cluster	Galena, Eroica
Columbus	Magnum, Chinook, Northern Brewer, Warrior, Millenium, Bullion
E.K. Goldings	Fuggle, Progress, First Gold
Eroica	Galena
Fuggle	Willamette, Styrian Golding, Tettnanger, Newport
Galena	Brewers Gold, Nugget, Cluster, Chinook, Eroica, Newport
Hallertau	Liberty, Tettnanger, Mt. Hood, Vangaurd, Tradition
Liberty	Hallertau, Tettnanger, Mt. Hood, Crystal, Ultra
Lublin	Saaz, Sterling
Magnum	Horizon, Newport
Marynka	Northern Brewer(?)
Millenium	Nugget, Columbus
Mt. Hood	Hallertauer, Liberty, Crystal, Strisselspalt
Northern Brewer	Nugget, Chinook, Columbus, Bullion, Perle, Styrian Aurora
Newport	Galena, Nugget, Fuggle, Magnum
Northdown	Admiral, Challenger
Nugget	Cluster, Galena, Brewers Gold, Warrior, Eroica, Target, Millenium
Perle	Challenger, Northern Brewer
Premiant	?
Progress	Fuggles, E.K. Goldings
Saaz	Sladek, Lublin, Sterling, Ultra, Vangaurd
Santiam	Tettnanger, Spalt, Liberty, Hallertau
Saphir	?
Simcoe	Northern Brewer (?)
Sladek	Saaz, Lublin
Spalt	Santiam, Liberty, Tettnanger, Hallertau
Sterling	Saaz, Lublin
Strisselspalt	Mt. Hood, Crystal
Styrian Aurora	Northern Brewer
Styrian Goldings	Fuggle, Willamette
Summit	Amarillo, Cascade
Target	Nugget, Fuggle, WIllamette, Admiral
Tettnanger	Hallertau, Liberty, Fuggle
Tradition	Hallertauer
Ultra	Liberty, Hallertau, Saaz
Vangaurd	Saaz, Hallertauer
Warrior	Nugget, Columbus
Willamette	Styrian Golding, Target, Fuggle, Tettnanger, Glacier

Prøv en Nøgne Ø Imperial IPA (10 %, 100 IBU – International Bitter units, 5 forskjellige humler)

1000vis av oppskrifter tilgjengelig på nett

- Originale (ukjent kvalitet)
- «Klone»oppskrifer på kjente øl (ukjent kvalitet)
- Noen bryggerier legger ut, eks. 7fjell

NØ 500 IPA

Imperial IPA (14 C)

Utskrift fra BeerSmith

Type: All Grain
Batch Size: 38.00 l
Boil Size: 47.43 l
Boil Time: 90 min
End of Boil Vol: 43.68 l
Final Bottling Vol: 38.00 l
Fermentation: Ale, Two Stage

Date: 04 Nov 2014
Brewer:
Asst Brewer:
Equipment: IBT-kjele
Efficiency: 72.00 %
Est Mash Efficiency: 79.6 %
Taste Rating: 30.0
Taste Notes:

Ingredients

Amt	Name	Type	#	%/IBU
11.00 kg	Pale Malt, Maris Otter (5.9 EBC)	Grain	1	63.8 %
1.75 kg	Munich Malt (17.7 EBC)	Grain	2	10.1 %
1.75 kg	Rye Malt (9.3 EBC)	Grain	3	10.1 %
1.75 kg	White Wheat Malt (4.7 EBC)	Grain	4	10.1 %
1.00 kg	Caramunich Malt (110.3 EBC)	Grain	5	5.8 %
80.00 g	Chinook [13.00 %] - Boil 90.0 min	Hop	6	47.2 IBUs
80.00 g	Simcoe [13.00 %] - Boil 90.0 min	Hop	7	47.2 IBUs
2.00 Items	Whirlfloc Tablet (Boil 15.0 mins)	Fining	8	-
50.00 g	Centennial [9.50 %] - Boil 5.0 min	Hop	9	4.0 IBUs
50.00 g	Simcoe [13.30 %] - Boil 5.0 min	Hop	10	5.6 IBUs
75.00 g	Pacific Gem [15.00 %] - Boil 0.0 min	Hop	11	0.0 IBUs
75.00 g	Simcoe [13.00 %] - Boil 0.0 min	Hop	12	0.0 IBUs
2.0 pkg	Dry English Ale (White Labs #WLP007) [35.49 ml]	Yeast	13	-
75.00 g	Chinook [13.00 %] - Dry Hop 0.0 Days	Hop	14	0.0 IBUs
75.00 g	Nelson Sauvin [12.00 %] - Dry Hop 0.0 Days	Hop	15	0.0 IBUs

Gravity, Alcohol Content and Color

Est Original Gravity: 1.100 SG
Est Final Gravity: 1.017 SG
Estimated Alcohol by Vol: 11.1 %
Bitterness: 104.1 IBUs
Est Color: 25.5 EBC

Measured Original Gravity: 1.100 SG
Measured Final Gravity: 1.020 SG
Actual Alcohol by Vol: 10.7 %
Calories: 988.4 kcal/l

Mash Profile

Mash Name: Single Infusion, Light Body, No Mash Out
Sparge Water: 30.21 l
Sparge Temperature: 75.6 C
Adjust Temp for Equipment: FALSE

Total Grain Weight: 17.25 kg
Grain Temperature: 22.2 C
Tun Temperature: 64.0 C
Mash PH: 5.20

Mash Steps

Name	Description	Step Temperature	Step Time
Mash In	Add 34.50 l of water at 71.9 C	64.0 C	60 min

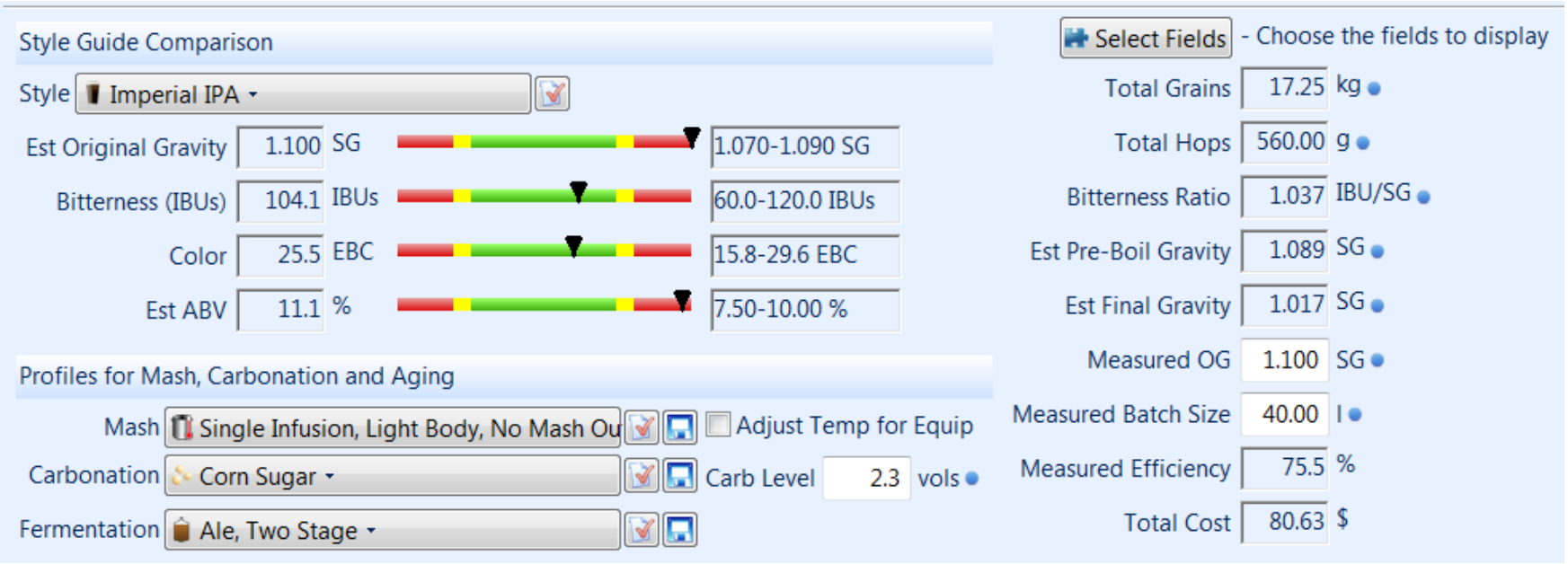
Sparge: Fly sparge with 30.21 l water at 75.6 C

Mash Notes: Simple single infusion mash for use with most modern well modified grains (about 95% of the time).

Carbonation and Storage

Carbonation Type: Bottle
Pressure/Weight: 223.52 g
Keg/Bottling Temperature: 21.1 C
Fermentation: Ale, Two Stage

Volumes of CO2: 2.3
Carbonation Used: Bottle with 223.52 g Corn Sugar
Age for: 30.00 days
Storage Temperature: 18.3 C


Style Guide Comparison
Style
Imperial IPA
Est Original Gravity
1.100
SG
1.070-1.090 SG
Bitterness (IBUs)
104.1
IBUs
60.0-120.0 IBUs
Color
25.5
EBC
15.8-29.6 EBC
Est ABV
11.1
%
7.50-10.00 %
Profiles for Mash, Carbonation and Aging
Mash
Single Infusion, Light Body, No Mash Ou
Adjust Temp for Equip
Carbonation
Corn Sugar
Carb Level
2.3
vols
Fermentation
Ale, Two Stage
Select Fields
- Choose the fields to display
Total Grains
17.25
kg
Total Hops
560.00
g
Bitterness Ratio
1.037
IBU/SG
Est Pre-Boil Gravity
1.089
SG
Est Final Gravity
1.017
SG
Measured OG
1.100
SG
Measured Batch Size
40.00
l
Measured Efficiency
75.5
%
Total Cost
80.63
$

Kjøling:

- Skal skje raskt
- Nå må forhåndsregler for mikrobiell forurensing taes!

Viktig trinn før gjæring:

- Vasking og sterilisering av gjæringsdunker,
- Steril overføring fra kjele til dunker

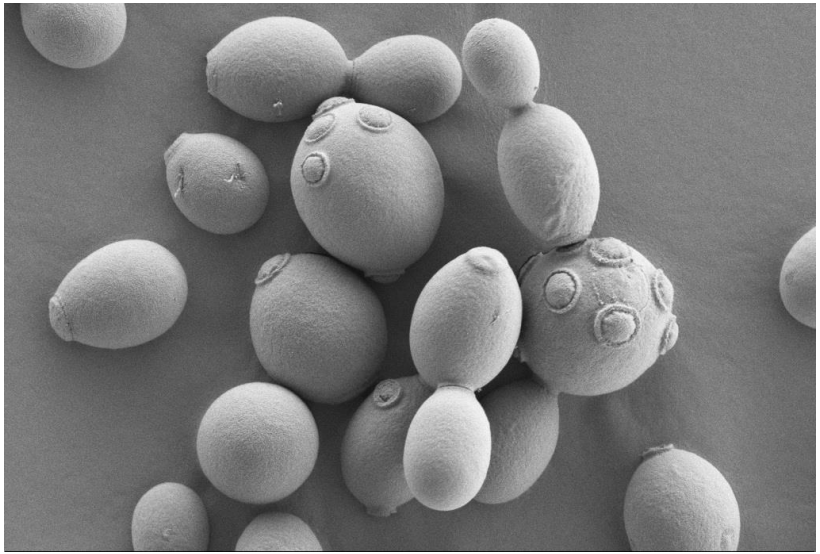
4. Til slutt: utvelgelse og tilsats av gjærkultur

(10-20 millioner celler/ ml)

Kontroll på gjæringstempertur er viktig for et reproduserbart resultat med høy kvalitet

Av de 800-1000 kjente smaks- og aromaforbindelsene i øl er de fleste produsert av gjæren:

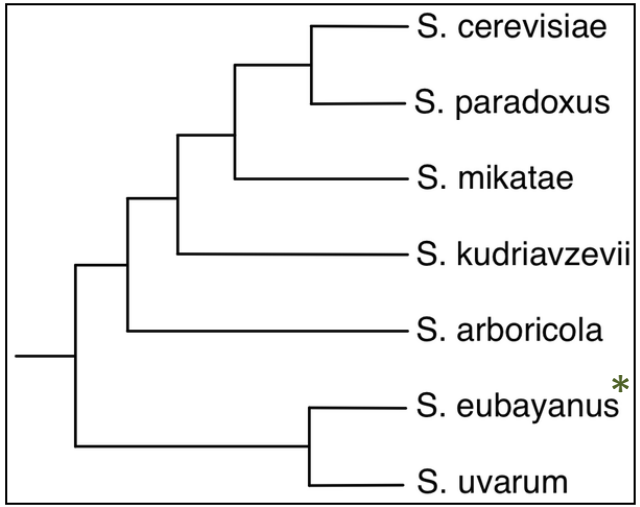
«Bryggeren lager vørter, gjæren lager ølet!»



MEN det er bryggerens oppgave å

- velge ut riktig gjærstamme,
- holde den i god helsetilstand,
- tilsette riktig antall celler,
- kontrollere gjæringstemperatur,
- osv

2 hovedtyper ølgjær:



Lager-gjær:
Saccharomyces pastorianus (hybrid mellom *S. cerevisiae* og *S. eubayanus**, kryotoleranse fra *S. eubayanus,* bare 500 år siden?)

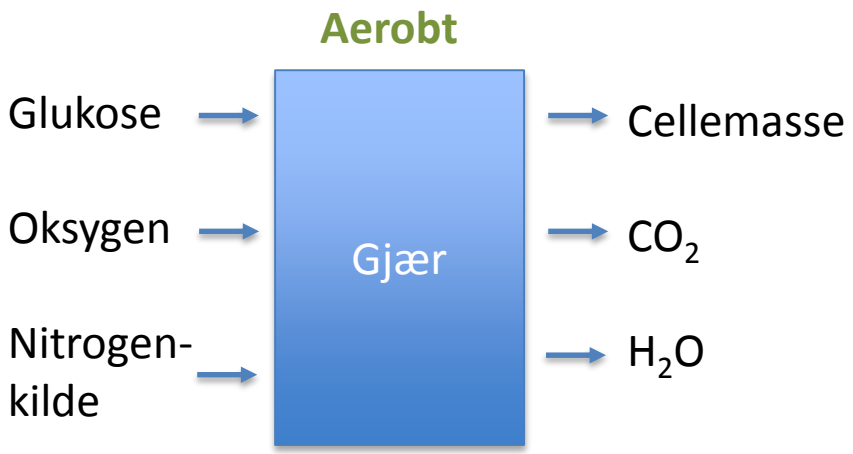
- Bunnfermenterende (8-15°C),
- To hovedgrupper: Frohberg and Saaz
  - Saaz «mistet» mye av *S. cerevisae* genomet
  - Frohberg inneholder mye av genomene fra begge opphav

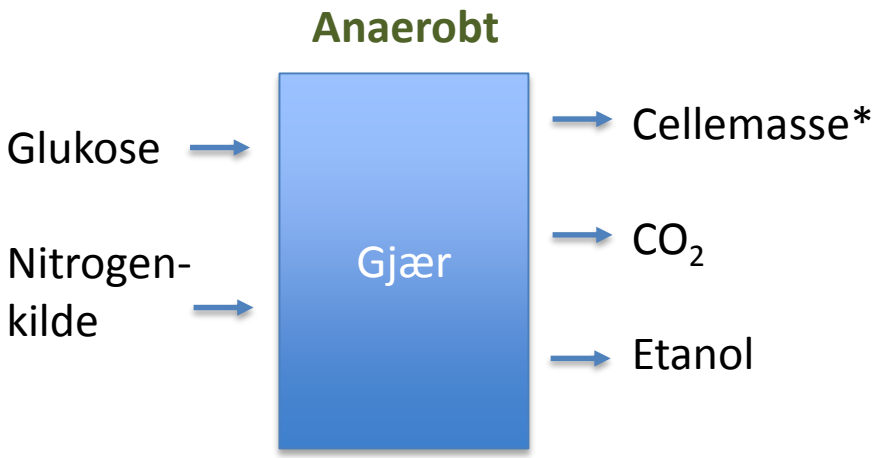
Ale-gjær:
Saccharomyces cerevisiae (også bakegjær, vingjær – også hybrider blant vingjær)

- Toppfermenterende (15-25°C)

* Oppdaget først i Patagonia, deretter Tibet, fremdeles ikke funnet i Europa

Hva skjer inne i gjærcella?



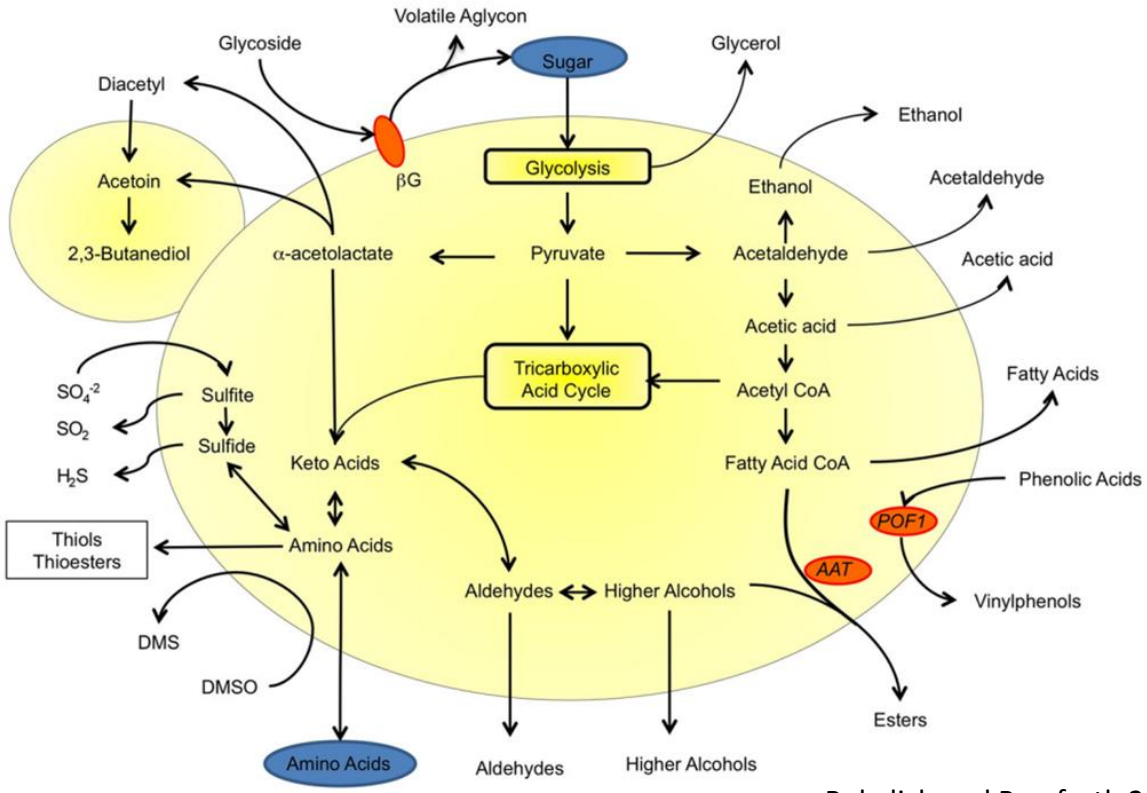


Anaerobt:

- ca 85% av sukkeret omdannes til etanol. Resten går til:
  - produksjon av ny gjær
  - glyserol (1g/l) (bidrar til"søthet" i ølet og er det glemte biprodukt)
  - andre metabolitter

* Gjær syntetiserer ikke viktige cellemembranforbindelser (ergosterol, umettede fettsyrer) anaerobt – «svekket helsetilstand» over tid

Andre metabolitter: en rekke sidereaksjoner, f.eks aminosyrer -> fuselalkoholer (via transaminering, dekarboksylering, redusering)



Bokulich and Bamforth 2013 MMBR **77**:157-172

Forskjellige ønskede og uønskede* smaker fra gjærfermenteringen

- Fuselalkoholer: ”alkoholisk” smak, men kan også gi toner av søtt, roser, parfyme.
- Organiske syrer: syrlig, salt, svette sokker.
- Fettsyrer: smaker geit
- Acetaldehyd: smaker grønne epler/gress
- Diacetyl: smørbukk/karamell/smør.
- Estere: smak alt fra løsemiddelaktig (negllakkfjerner), fruktig, banan, eple, anis, søtt
- H_2S og svoveldioksid:, svovel, kokt/råttent egg, søt mais, kokte grønnsaker
- Fenolisk, metallisk, medisinsk

* Feil temperatur, feil forbehandling, for få/ mange celler, oksygenering, dårlig helsetilstand, mikrobiell forurensing, feil valg av gjærstamme, osv ....

Prøv en Belgian Trappist Triple for å smake øl med tydelig gjærkarakter!,

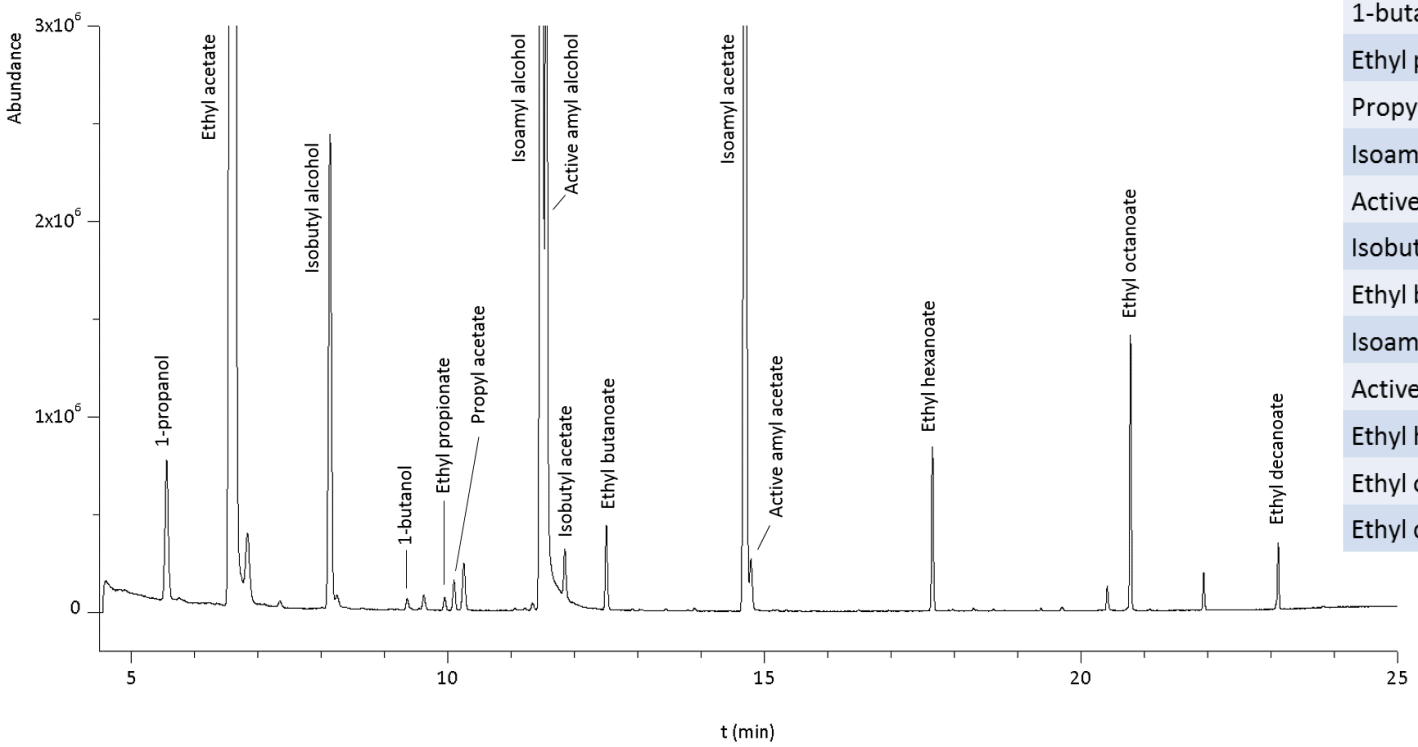
eller en

Tysk hveteøl
– inneholder spesielt mye isoamyl acetate (bananasmak) og 4-vinyl guaiacol (fenolsmak)

eller en

Lambic (belgisk)
– surøl, spontan/ villgjæret: 1. *Enterobacteriaceae*, 2. *Saccharomyces* spp., 3. melkesyrebakterier, 4. *Dekkera*/ *Brettanomyces* spp. (prosessen tar flere år, fermenteres og lagres på eikefat)

Dynamic headspace GC-MS/MS analyse av flyktige forbindelser tilstede i en Belgisk trippel



Compound	Aroma
1-propanol	Fruity
Ethyl acetate	Fruity
Isobutyl alcohol	Apple
1-butanol	Green, Fruity
Ethyl propionate	Pineapple
Propyl acetate	Pear
Isoamyl alcohol	Green Fruity
Active amyl alcohol	Fusel oil, sweet
Isobutyl acetate	Fruity, floral
Ethyl butanoate	Pineapple
Isoamyl acetate	Banana
Active amyl acetate	Banana and pear
Ethyl hexanoate	Fruity
Ethyl octanoate	Apricot
Ethyl decanoate	Sweet

Ølbrygging har lange tradisjoner i Norge:

Gulatingsloven: påbud om brygging av sterkt øl til jol
(streng staff ventet den som ikke fulgte påbudet)

Øl brygget med oppskrift fra Hornindal (40 l):

- Einelåg
- 6 kg pale malt + 6 kg pilsner malt
- 100 g Saaz humle tilsettes slutt koking (dvs ingen bitterhet)
- Kveik,
- > 30°C gjæringstemperatur

Enkel og kanskje ikke så komplisert oppskrift: hvor kommer egentlig mesteparten av smaken:

Hornindals-kveika og alt for høy gjæringstemperatur?!

Kveik

Nynorskordboka

Oppslagsord	Ordbokartikkel
kveik	I **kveik** f1 (jamfør norr. *kveikar* fleirtal) gjær (av botnfall i ølkar); jest
kveik	II **kveik** m1 (av *II kveike*) det å kveike (II,1); ny kraft; nytt mot *få ein kveik / setje kveik i*
kveik	III **kveik** a1 (samanheng med *II kvik*) frisk (II), livleg

– norske gjærkulturer brukt i tradisjonell ølbrygging (ikke Idun bakegjær!)

- Hvor kommer den fra?
- I hvor mange hundre år er den blitt kultivert og bevart?
- Hvilke gjæringskvaliteter har den?
- Hvordan er den beslektet med dagens kommersielt tilgjengelig ølgjærstammer?

Kveik - Norwegian Farmhouse Ale Yeasts

Prøver tilsendt fra Lars Marius Garshol*
(http://www.garshol.priv.no/blog/)

3 stk fra Hornindal
1 stk fra Stranda
1 stk fra Lærdal + 5 stk fra Litauen og Finland
2 stk fra Voss
1 stk fra Olden

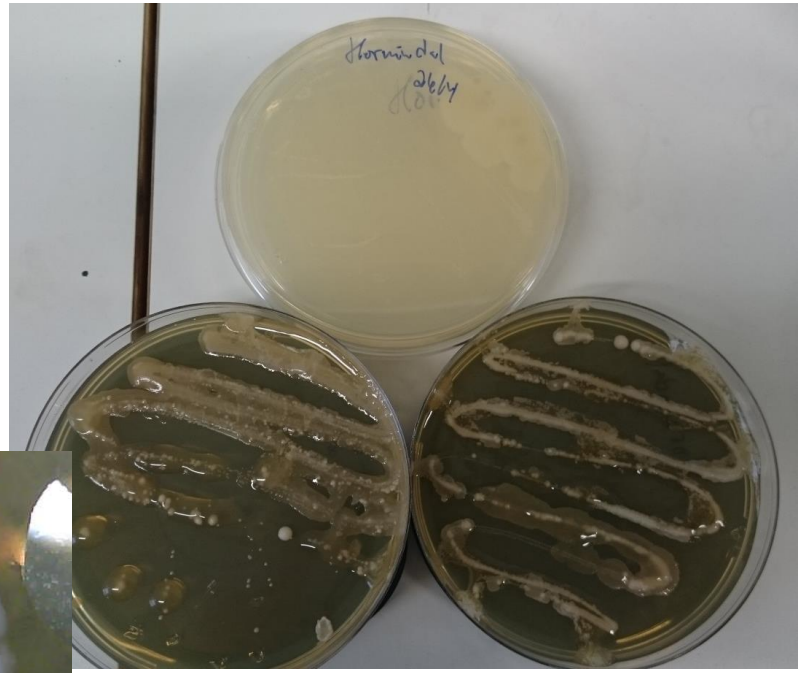
Kveik fra Voss – gjærkake lagret på strie

Forskningsfokus (MSc prosjekt Truls Rasmussen):

- Rendyrking av representativ gjær i originalkulturen
- Genetisk karakterisering (DNA sekvensering for å bestemme slektskap innad samt plassering vs. kommersiell ølgjærstammer og andre *Saccharomyces* spp.)
- Testing av fermenteringsegenskaper

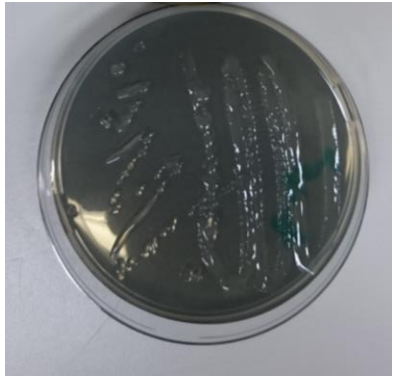
* Annen «innleid» øl-ekspertise: Anders Christensen, IDI, NTNU

Kveik fra Hornindal



Renisolat Hornindal-gjær

Hornindal forurensing



Einelåg

Forsøket over:

4 temperaturer

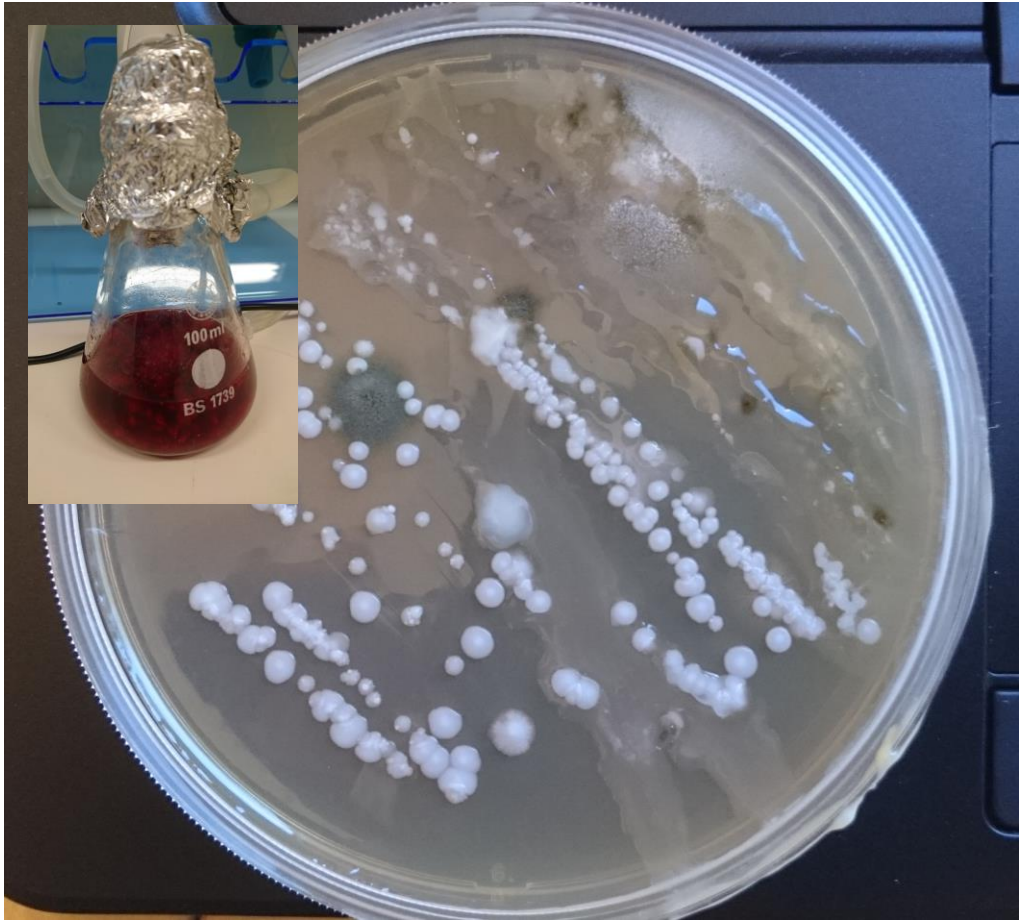
- 33°C,
- 33°C -> 19°C (etter tre dager),
- 26°C,
- 19°C

3 gjærkulturer:

- Original Hornindal
- Renkultur Hornindal
- Safale 05 (tørrgjær) Amerikanske Ale type

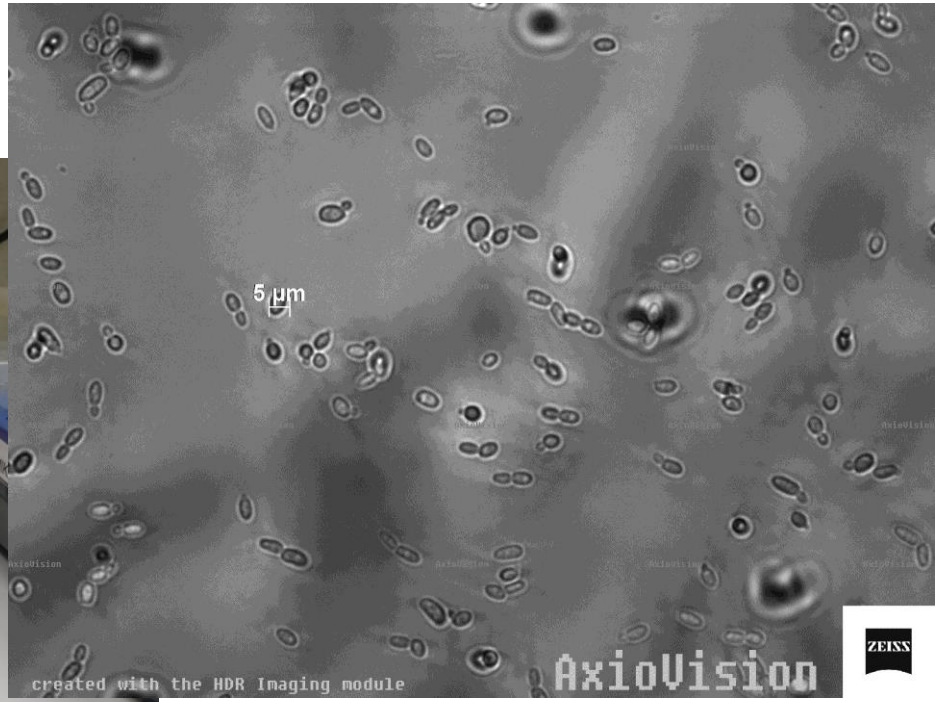
Fermenteringsresultater og DNA sekvenseringsanalyse ferdig Jan16

Forsøk på å isolere fermenterende gjærstammer fra bringebær



Etter flere runder med re-stryk på agarmedium og i flytende medium (med og uten antibakteriell kontroll, gentamicin og etanol)

- 2 «gjær-liknende» kolonier valgt ut til fermenteringstest og genetisk karakterisering



Oppsummering:

Viktigst: renhold!!

Gjerne ta et kvelds/helgekurs i ølbrygging først (bruk seriøse aktører!)

Anbefaler: kommersiell tørrgjær (1 pakke til 10-15 liter vørter) og ikke gjenbruk (kommersiell flytende gjær er også rimelig grei å jobbe med, i følge ekspertene gir dette bedre øl)

Kan garantere godt drikkbart øl fra brygg 2 og det tar ikke langt tid før eget brygg konkurrerer i smak og kvalitet med mye av det kommersielt tilgjengelig ølet!

Takk for oppmerksomheten og Lykke til!