


Øllets historie



- ▶ Øl er en af de ældste tilberedte drikke.
- ▶ Fremstilling af øl-lignende drikke kan dateres mere end 10.000 år tilbage til de tidlige landbrugssamfund i Vestasien og Mellemøsten.
- ▶ Kornsorter som hirse, hvede og byg blev grundlaget for både bagning af brød og brygning af øl. Brød og øllets historie er sammenknyttede, da det første øl blev fremstillet af en tynd grød af knust og gæret brød, som blev drukket med sugerør.
- ▶ En "øl-opskrift" printet med kileskrift er fundet på en ca. 4.000 år gammel lertavle: Korn blev fugtet, spiret og tørret på gulvet til malt. Malten blev herefter opløst i en krukke med vand og tilført bagt brød. Denne blanding blev kogt og herefter filtreret gennem stråmætter. Efter afkøling blev øl-urten tilsat druer mht. gæringen. Denne proces minder meget om nutidens brygning.

- 
- Efterhånden som landbrugskulturen og kendskabet til dyrkning af korn brede sig, gjorde øl-brygningen det også. Det er ikke muligt at tidsfæste øl-brygningens opståen i Danmark. Det første bevis for øl-brygning i Danmark stammer fra Egtvedpigens grav, dateret til 1370 f.Kr. Med sig i graven havde bronzealderpigens en birkespand med indtørrede rester af en gæret drik brygget på hvede, honning, bær og krydret mjøldurt.
 - I byerne i middelalderen var øllet en daglig nødvendighed som nærende tørstslukker for både voksne og børn, da brøndvandet ofte var forurenset og smagte dårligt. Dette øl var dog med en forholdsvis lav alkoholstyrke. Øllet blev brygget på slotte, på klostre og i byer, men langt det meste øl fra middelalderen og flere hundrede år frem blev brygget på bøndernes gårde.
 - I renaissance udvikledes nye produktionsformer, og håndværksbryggerier opstod i de større danske byer. I købmandsgårde stod bryggere nu for brygningen, og den daglige rutine betød mere rationel udnyttelse af råmaterialerne, men stadig med varierende kvalitet.
 - I 1847 brød J.C. Jacobsen med den traditionelle håndværksbrygning, da han flyttede sin produktion uden for Københavns volde, hvor Bryggeriet Carlsberg blev anlagt. Der blev skabt et industrielt bryggeri med stordrift, og samtidig taget videnskabelige metoder i anvendelse. Efter år 2000 er interessen for mere varieret øl steget markant i Danmark med fokus på micro-bryggerier.



Øl-brygning

Ingredienslisten fra en tilfældig øl: Vand, malt og humle - undergæret.

Med udgangspunkt i denne ingrediensliste vil vi fokusere på øl-brygningens traditionelle delprocesser, som er maltning, mæskning, kogning med humle og gæring.

Vand



- ▶ Vand udgør 90% af en øl.
- ▶ I vand er der opløst forskellige mineraler og salte, der varierer efter undergrunden, hvorfra vandet er hentet. Sammensætningen af mineraler og salte er med til at give øllet karakter. Manglende salte i vandet kan justeres under brygningen.
- ▶ Nogle bryggerier markedsfører produkter på at have benyttet særligt vand i øl-brygningen. Det kan være meget blødt vand, særlig hårdt vand eller vand hentet fra en speciel kilde.

Malt, maltning



- Malt er korn, som på malteriet er spiret og tørret under kontrollerede forhold.
- I princippet kan byg, hvede, rug, havre og andre kornsorter maltes. Byg er blevet den foretrukne kornsort til øl-fremstilling på grund af højt stivelses- og enzymindehold, og byggen har en hård skal, som følger med kornet under maltningen.
- Maltningprocessen går ud på at producere enzymer i kornet, som kan nedbryde stivelse og proteiner til mindre molekyler, som senere i "øl-processen" kan omsættes af gæren.
- Ved fremstillingen af malten efterligner malteriet de forhold, som igangsætter spiringen i kornet, når det sås på markerne.
- Maltningprocessen starter med støbningen. Kernerne lægges i blød i støbekar, hvor de optager vand, samtidig med at de tilføres ilt. Ved et vandindehold på ca. 45% i kernerne producerer kimen et hormon, som igangsætter spiringsprocessen. Når kernerne begynder at spire starter produktionen/aktivering af enzymer. Kimen skal bruge energi i form af sukker for at spire, og enzymer "sendes" til frøhviden for at omdanne stivelsen i frøhviden til sukker.

Malt, maltning



- Efter to døgn i støbekarret pumpes det våde byg til spirekasser, som er forsynet med perforeret bund og roterende tromler. Der blæses luft op gennem det ventilerende underlag samtidig med, at kernerne jævnlige vendes, så den udviklede spiringsvarme slipper væk, og de spirende kerner ikke klumper sammen. Kernerne kan også spredes ud på et almindeligt gulv og vendes manuelt med skovl. Temperaturen og luftfugtigheden er meget vigtige i denne proces. Spiringen fortsætter i yderligere ca. fem døgn ved høj luftfugtighed.
- Spiringen stoppes ved at blæse varm luft op mellem kernerne, så vandet fordamper. Det er vigtigt at stoppe spiringen, når enzymindholdet er på sit højeste, da enzymerne er vigtige for den senere brygproces.
- Selve tørringen (kølningen) kan foregå i en tørre-, risteovn eller en kombination af disse. Tørrings- /ristningstemperaturen er afgørende for maltens smagsprofiler og farve. Under tørringen sker der en inaktivering af de naturlige enzymer, hvis man påfører malten en hård og varm tørring ødelægges enzymerne.
- Efter tørringen og ristningen fjerner man spirerne fra kernerne. Den færdige lagerfaste malt er klar til øl-brygning.

Mæskning



- ▶ Malt blandet med vand kaldes mæsk. Mæskningen har til formål at nedbryde stivelsen i malten til forgærbare sukkerstoffer, der ved gæring kan omdannes til alkohol.
- ▶ Processen starter med knusning af malten. Skallerne skal helst forblive intakte, da de efter mæskningen anvendes som filtermateriale. Ved mæskningen blandes det knuste malt med opvarmet vand i indmæskningskarret, og de enzymer, som blev dannet under maltningsprocessen, bliver nu aktive.
- ▶ Den tidligere maltningsproces er som regel så godt styret, at den ønskede effekt af flere enzymer allerede er udnyttet inden mæskningen. Cellevæggene som omgiver stivelsen er nedbrudt af glucanaser, så de stivelsesnedbrydende enzymer umiddelbart "kan komme på arbejde". Ligeledes er effekten af de proteinnedbrydende proteaser udnyttet i ønsket omfang, så der er dannet aminosyrer til gæren, og der stadig er tilstrækkelig med proteiner til skumdannelse i det færdige produkt.

Mæskning



- ▶ Hvis man anvender en mindre godt opløst malt, kan man med fordel holde en proteinpause under mæskningen. Normalt kan man ved mæskningen koncentrere sig om aktiviteten af de enzymer, der nedbryder stivelsen, alfa- og beta- amylase.
- ▶ Stivelsen er opbygget af glukoseenheder, der sidder sammen i lange kæder. Enzymet alfa-amylase nedbryder/klipper stivelsen til kortere kæder kaldet dextriner, som ikke kan omsættes af gæren, idet gær kun kan omsætte sukkerstoffer med 1,2 eller 3 glucosenheder. Enzymet beta-amylase nedbryder/klipper dextrin- og stivelseskæderne i stykker fra enderne under dannelse af forgærbart maltose.
- ▶ Da alfa-amylase og beta-amylase har forskellige optimumtemperaturer gennemløber mæsken et trinvist temperaturforløb, herved er det muligt at styre fordelingen af forgærbart og ikke forgærbart sukker, hvilket har betydning for fordelingen af alkohol og sødme i produktet.
- ▶ Efter mæskningen drænes/filtreres urten fra de faste bestanddele (masken), og masken skylles igennem med varmt vand for at udtrække restsukker.

Urtkogning



- Efter filtreringen koges øl-urten i urt-kedlen under tilsætning af humle, denne proces bidrager først og fremmest til at give bitterstoffer og aromastoffer til øllet.
- Den humle, som skal give bitterhed i øllet tilsættes i begyndelsen af urt-kogningen. De primære bitterstoffer i humlen er alfa-syre (humuloner). Disse stoffer er svært opløselige i vand, men under en kogning sker der langsomt en kemisk omdannelse (isomerisering) til iso-alfa-syre. En ekstraktion og isomerering på 35% af indholdet af alfa-syre i humlen er det højest opnåelige.
- De flygtige aromastoffer stoffer i humlen kan give mange forskellige aromaer, det kan afhængig af humletypen være krydderi- og citrus aroma m.m. For at aromaen ikke skal forsvinde ved afdampning tilsættes aromahumlen sidst i kogningen. Tilsætning af humle sidst i kogningen giver stort set kun aroma og ingen bitterhed.
- Humlen har også en konserverende effekt, idet iso-alfa-syre modvirker bakterievækst, dog ikke vækst af gær.
- Formålet med urt-kogningen er desuden at udfælde protein-polyphenol komplekser (varmtrub). Desuden fordampes uønskede svovlforbindelser, enzymer inaktiveres og urten steriliseres.

Gæring



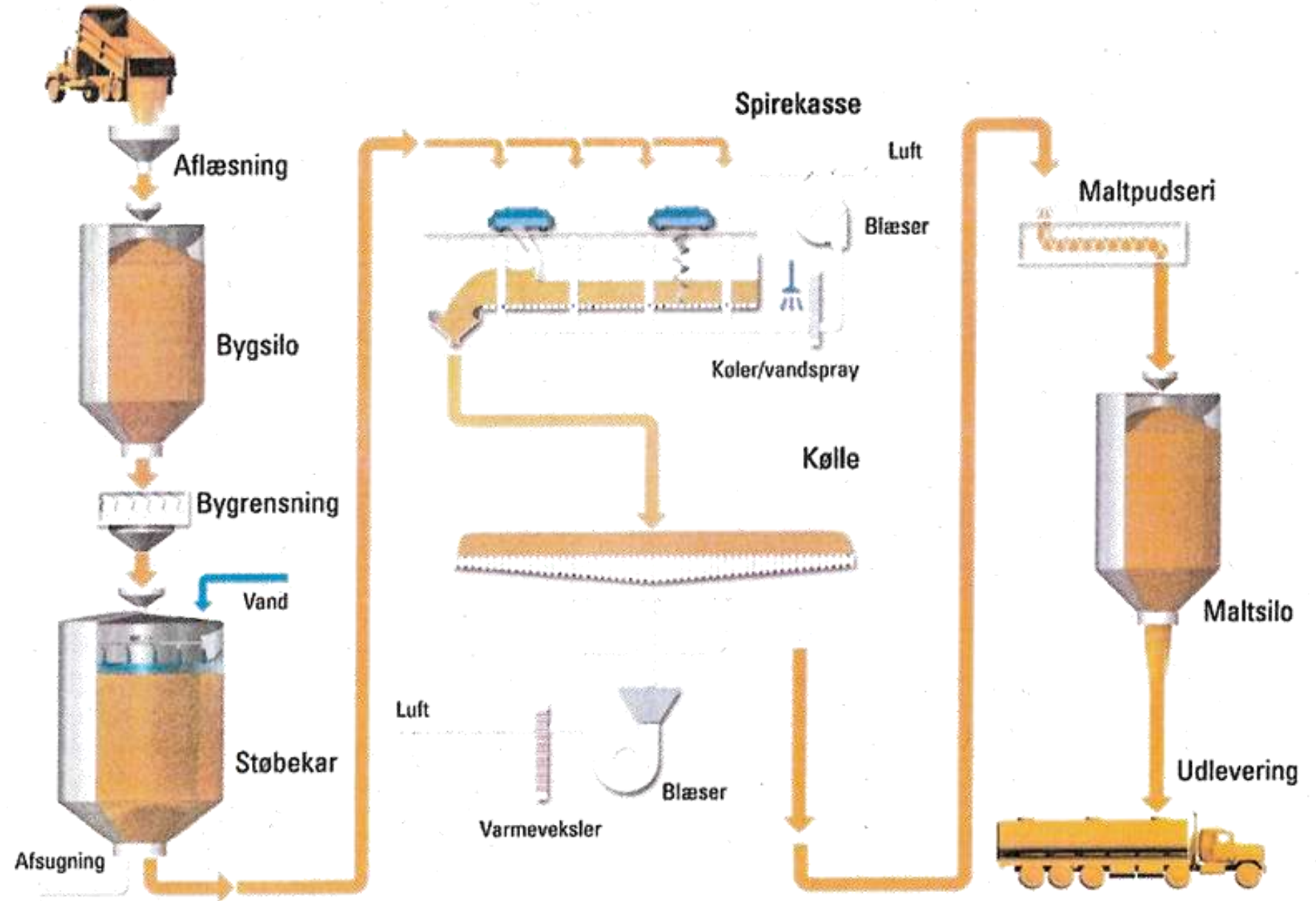
- ▶ Når urten er færdigkogt, nedkøles den og pumpes over i gærtanken, samtidig med at urten beluftes.
- ▶ Den nedkølede og beluftede urt tilsættes gær, og så længe der er ilt til stede, formerer gæren sig. Den alkoholproducerende gæring starter først, når ilten er opbrugt. Gæringens hovedformål ved øl-brygning er at udnytte gærcellernes anaerobe stofskifteproces (uden ilt), hvor sukker nedbrydes til alkohol og kulsyre. Herudover dannes også primært i starten af gæringen en del aromastoffer, hvor nogle bidrager med nogle gode smage, og andre smager ubehageligt, men under den senere kolde lagring forbruger gæren selv mange af de uønskede aromaer.
- ▶ Der findes to hovedtyper af gær — overgær og undergær. Navnene er opstået, fordi den kædeformede overgær ofte "trækkes" med op til overfladen af den udviklede kulsyre. Undergær har i højere grad tendens til at synke til bunds under gæringen.
- ▶ Undergæren omdanner næsten al maltens sukker til alkohol og kulsyre, det betyder at øllet bliver mindre fyldigt og får en mere ren neutral smag. Gæren arbejder ved lav temperatur, og forgæringen tager derfor længere tid. (eks. pilsner og bock øl).
- ▶ Overgæren arbejder ved noget højere temperatur, og gæringen forløber derfor noget hurtigere. Under gæringsprocessen er det ikke al maltens sukker der omdannes, hvilket resulterer i en mere fyldig og sød øl. Overgæren giver sammen med en højere temperatur masser af frugtagtige aromaer. (eks. ale og trappist-øl).

Færdigbrygget øl

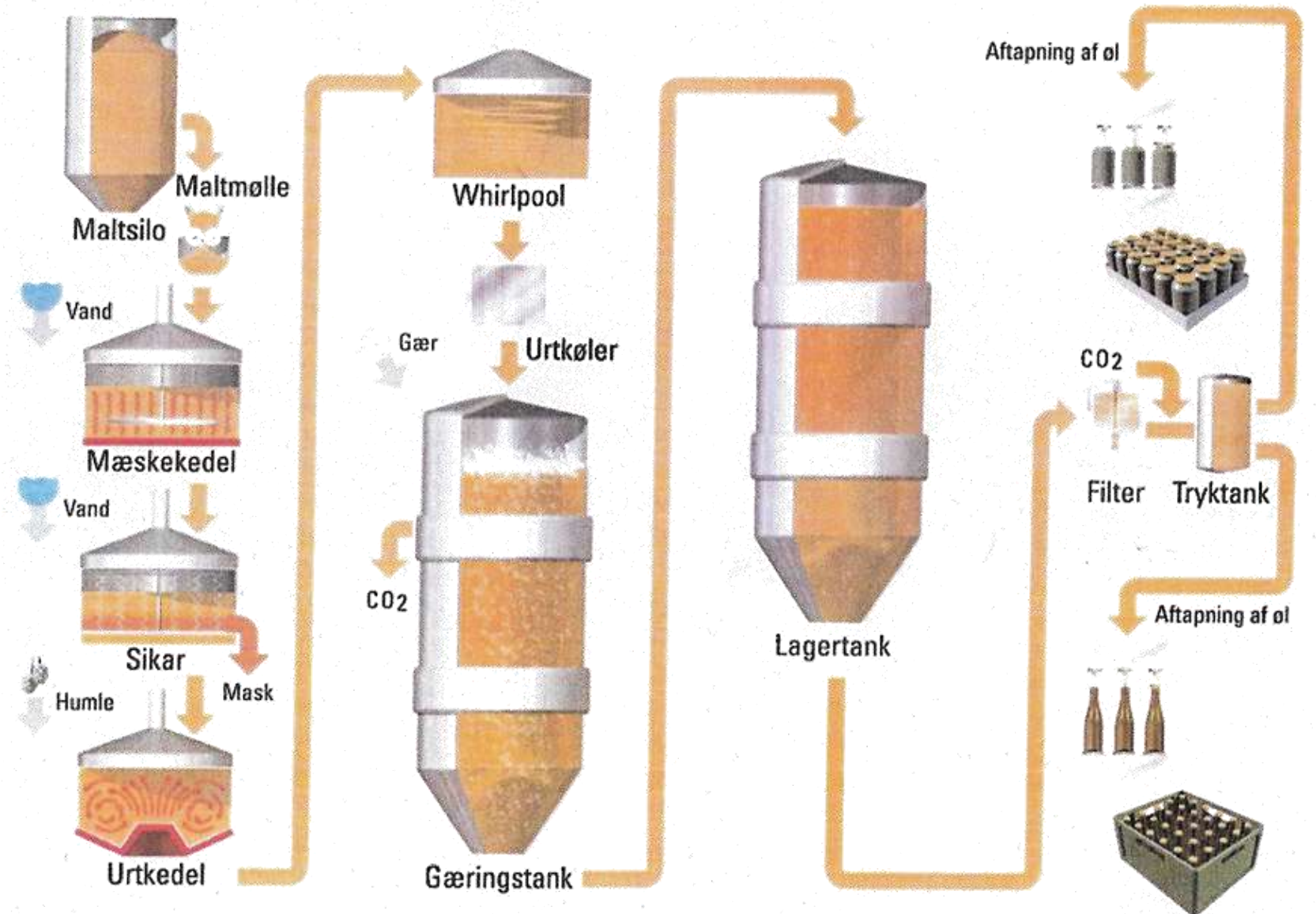


- Mange større bryggerier vælger at filtrere og justere med kulsyre inden tapning på flasker/dåser og fustager.
- Mikrobryggerier undlader ofte filtreringen og undgår herved at miste aroma og smagsstoffer. Da øllet ofte ikke er pasteuriseret kan flaskerne ved tapning tilsættes lidt sukker og øllet eftergærer på flaskerne.

Maltningsprocessen



Brygprocessen



Danske kornsorter



Hvorfor byg?



- God øl-smag
- Højt indhold af stivelse og relativt lavt indhold af protein
- God enzymmængde
- Skaller / avner følger med kornet under maltingen og beskytter mod svampeangreb og mekanisk påvirkning
- Tåler varierende klima og jordbundsforhold

Byg

SEKS RADET

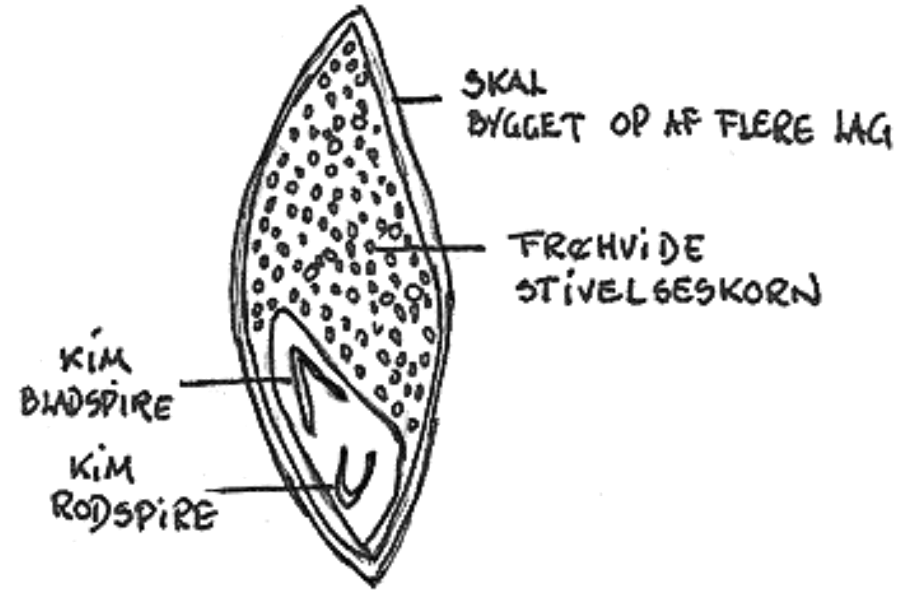


SMÅ KERNER
LAV EKSTRAKT
HØJT PROTEININDHOLD

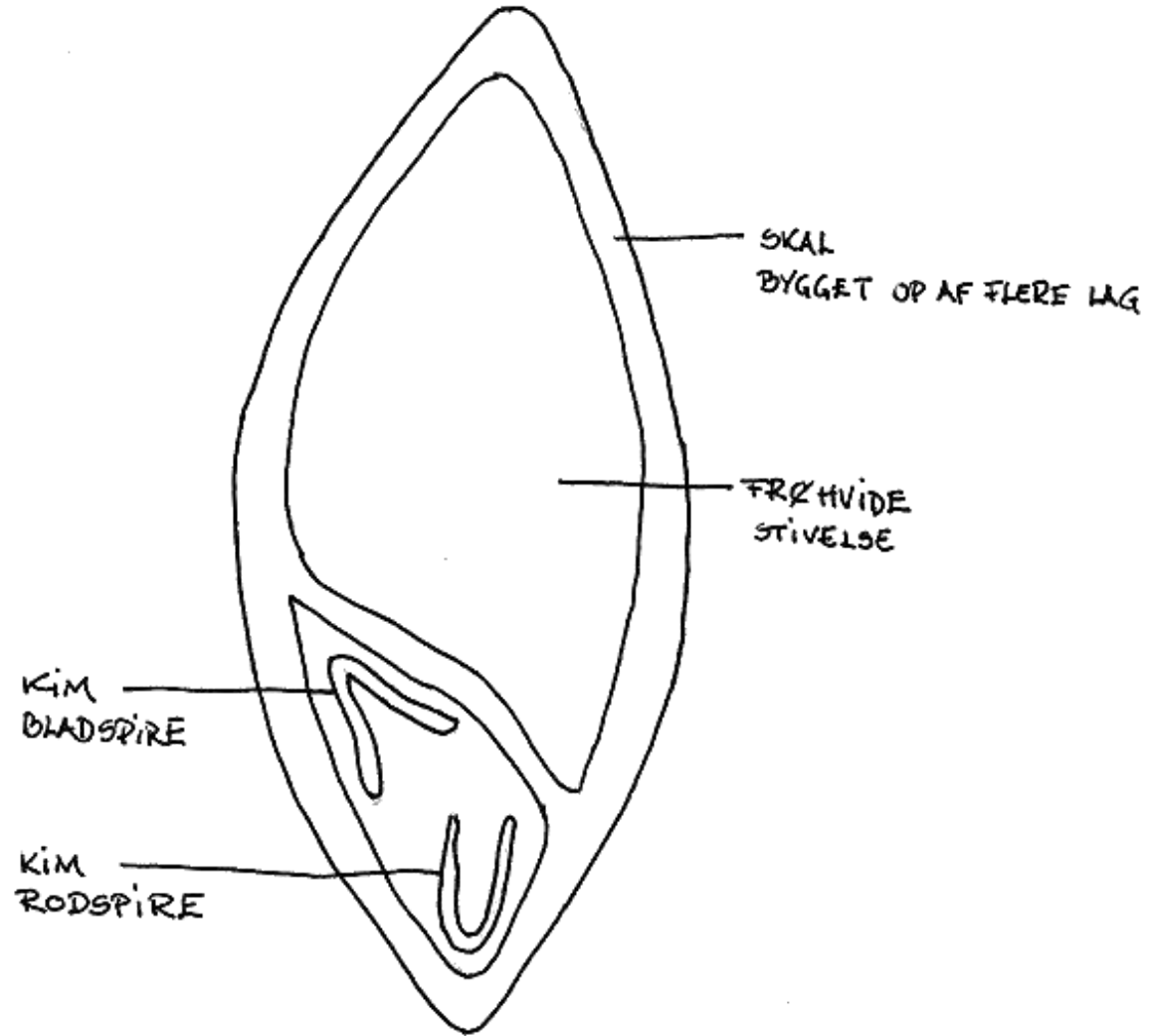
TØ RADET



STORE KERNER
HØJ EKSTRAKT
LAVT PROTEININDHOLD



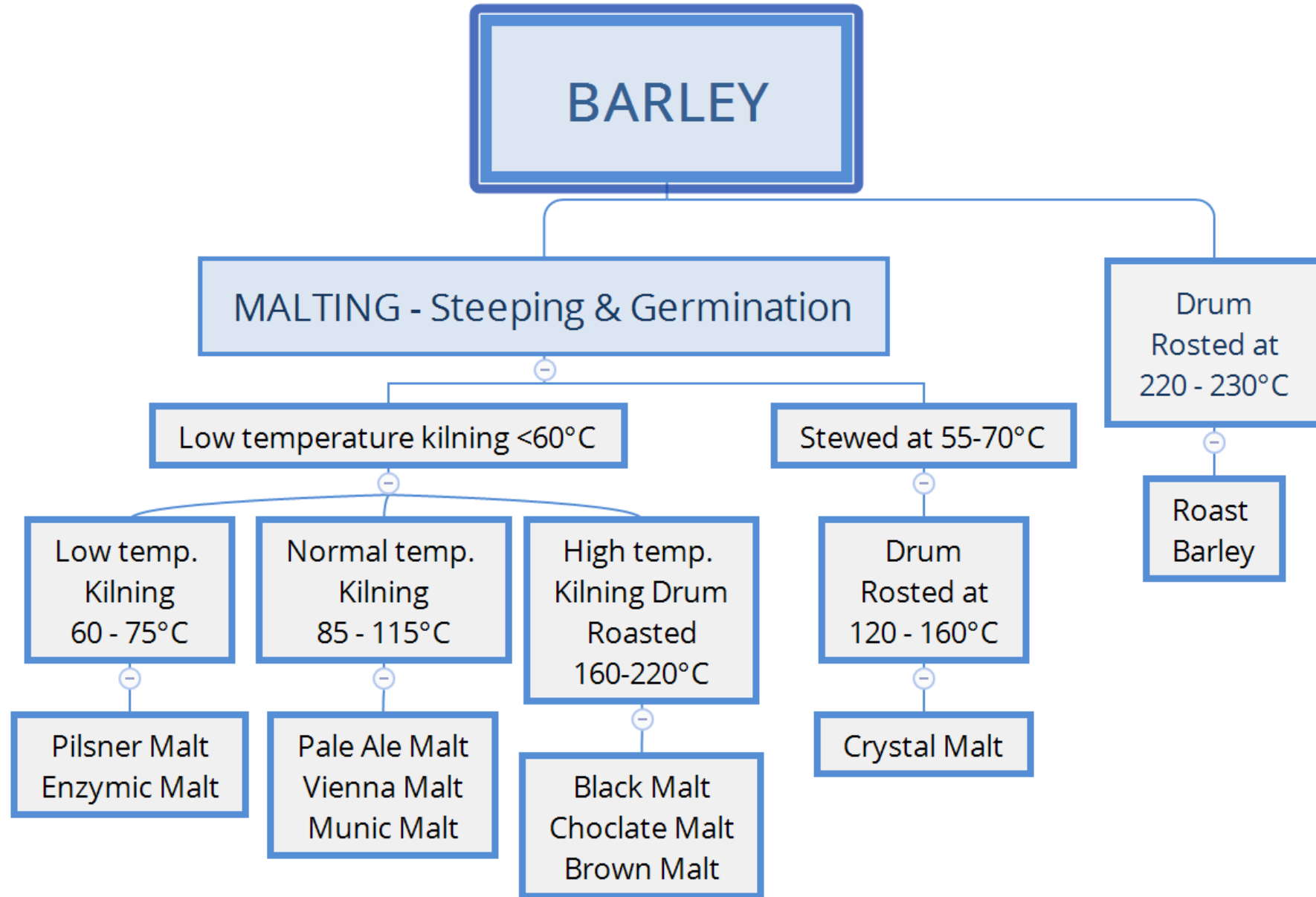
Bygkerne



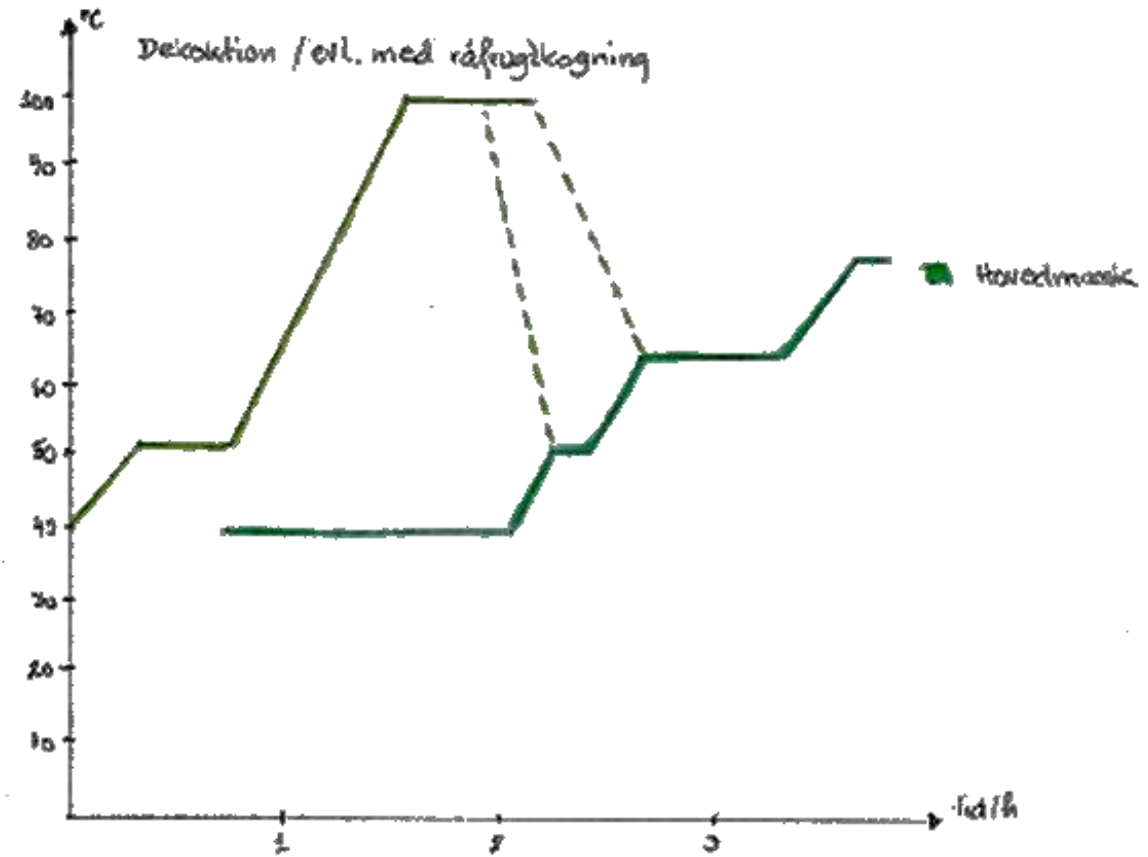
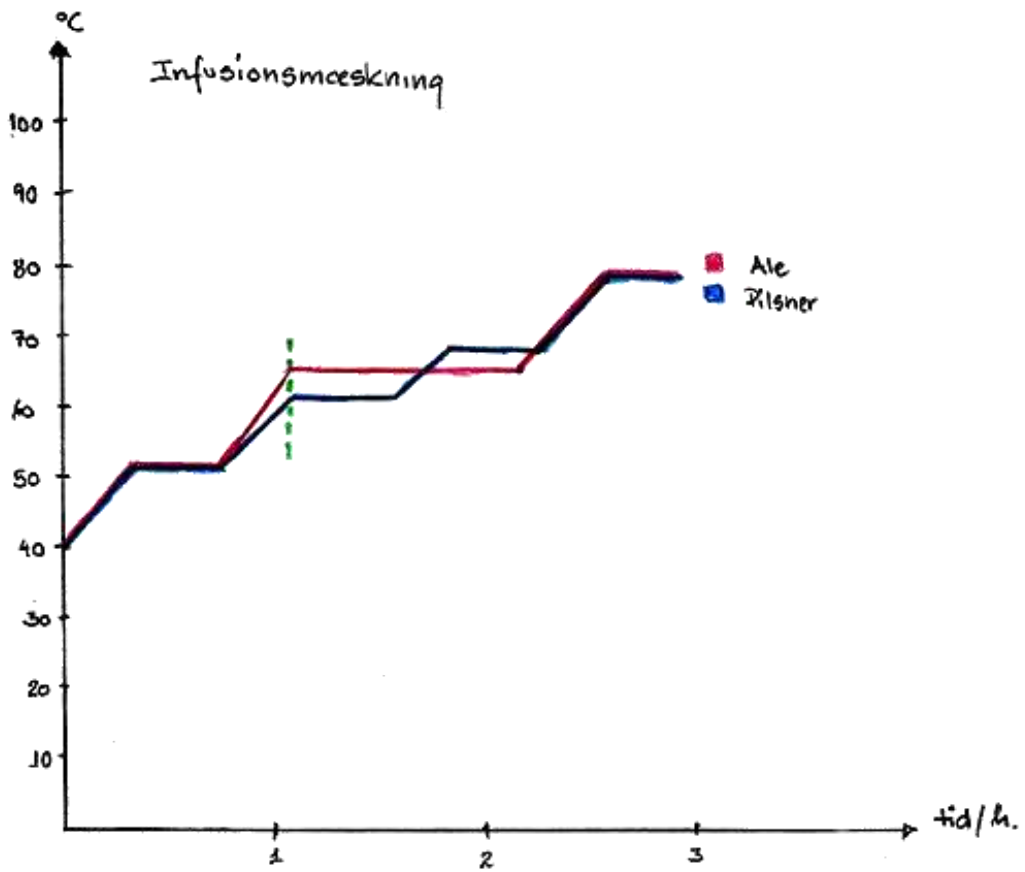
Spiret byg



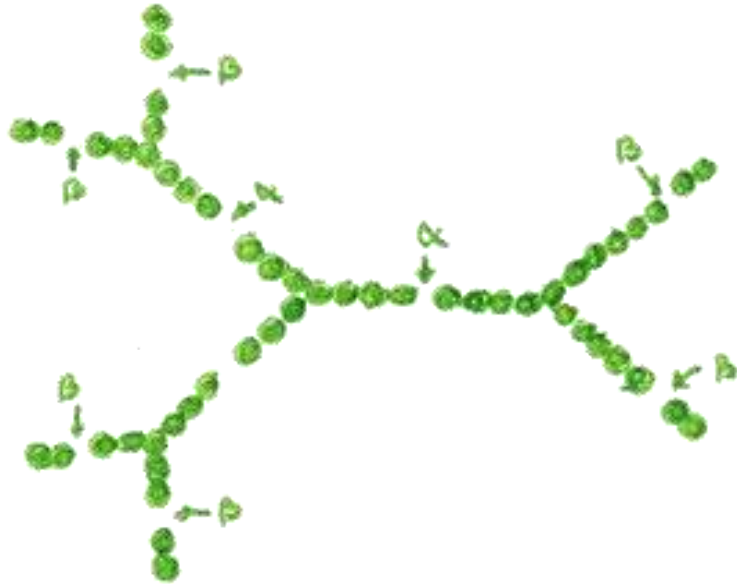
Malte



Forsukrings-temperaturer



Alfa- og Beta-amylase 1



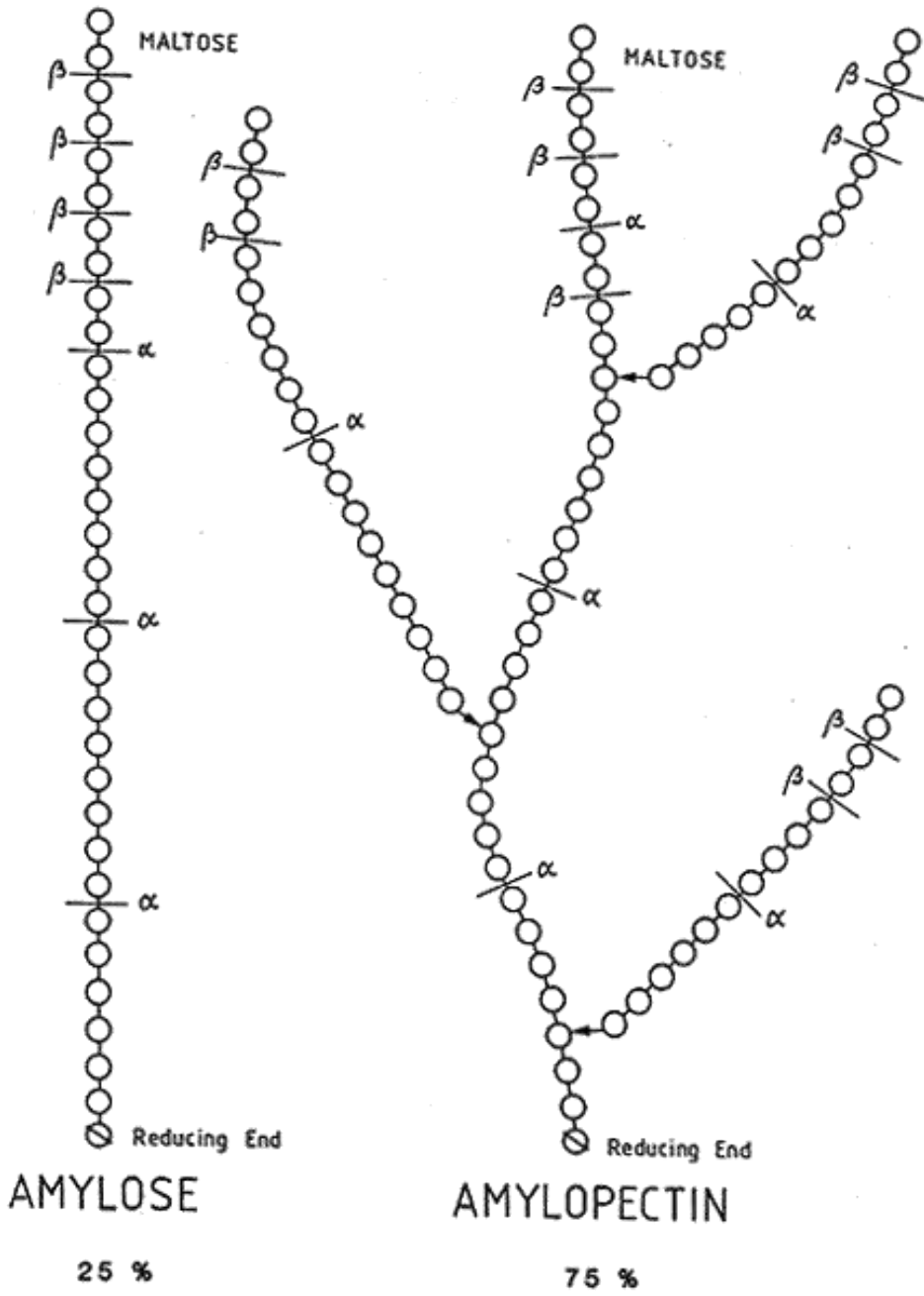
α -amylase nedbryder stivelsen til dextriner



β -amylase nedbryder stivelse og dextriner til maltose

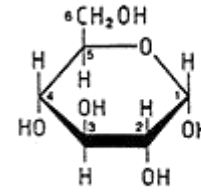
| Enzym | pH -optimum | Temp -optimum | Inakt. temp. |
|-------------------|----------------|------------------|-----------------|
| α -amylase | 5,6-5,8 | 70-75 | 80 |
| β -amylase | 5,4-5,6 | 60-65 | 70 |

Alfa- og Beta-amylase 2

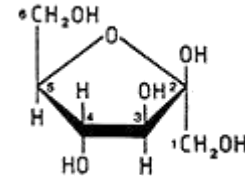


Forgærlig sukker

α -D-GLUCOSE

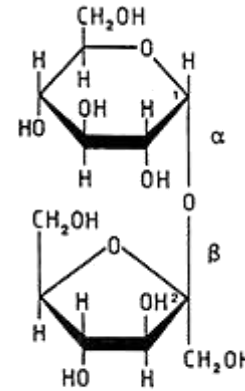


β -D-FRUCTOSE



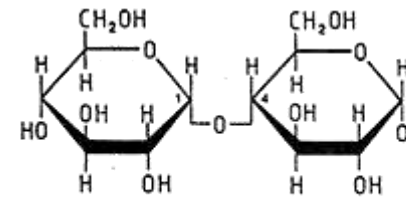
SUCROSE

α -D-Glucopyranosyl-(1-2)- β -D-fructofuranoside



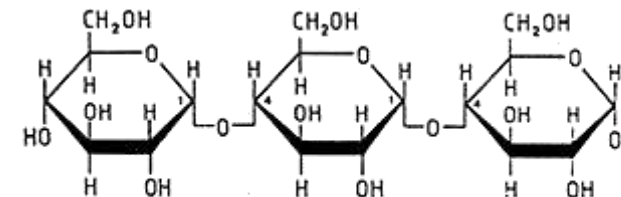
MALTOSE

α -D-Glucosyl-(1-4)- α -D-glucose

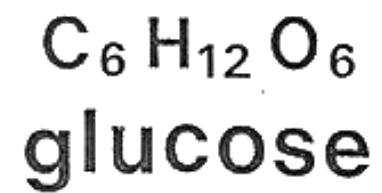
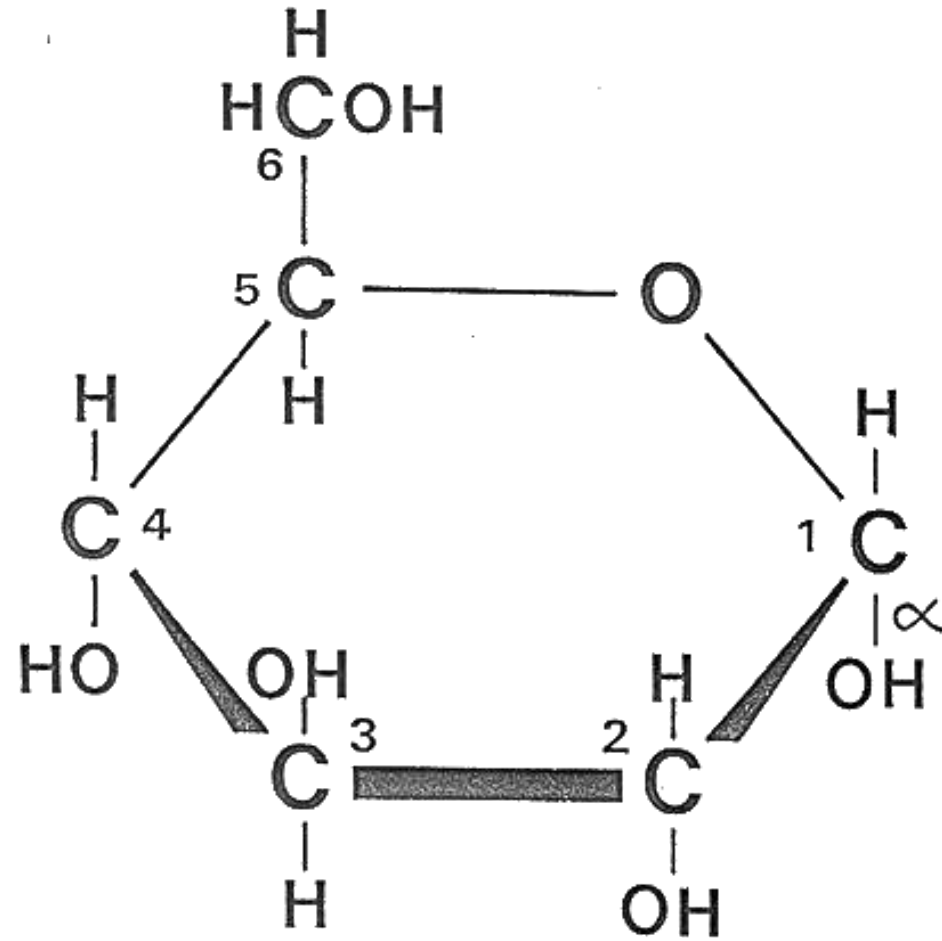


MALTOTRIOSE

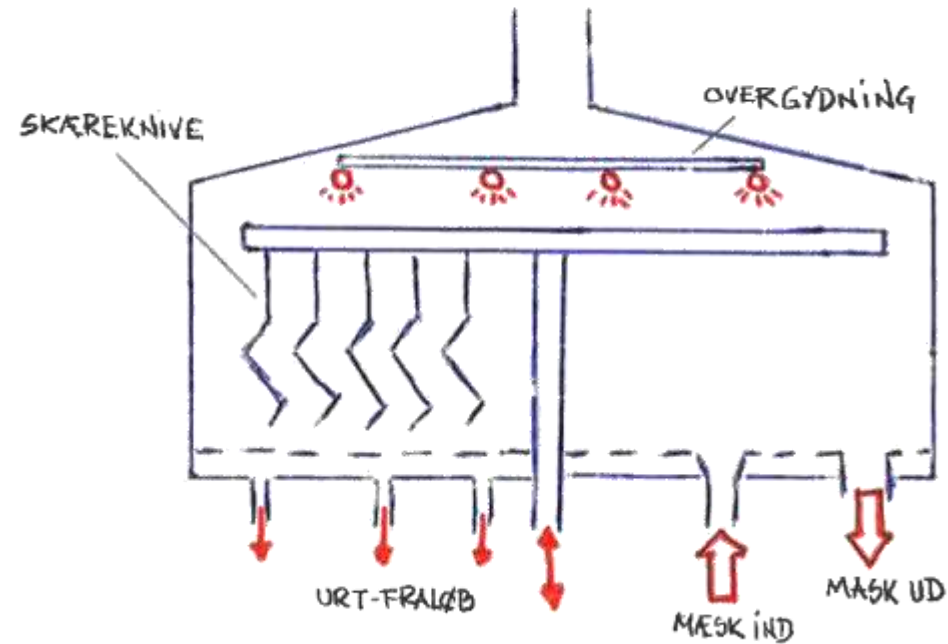
α -D-Glucosyl-(1-4)- α -D-glucosyl-(1-4)- α -D-glucose



Glucose



URTSEPARERING / SIKAR



1. DER LÆGGES VAND I BUNDEN, SÅ SÅPLADERNE HIGE ER DÆKKET.
2. MÆSKEN PUMPES IND - EVT. MEDENS HAKVÆRKET KØRER RUNDT.
3. EFTER CA. 15 MIN. RECIRKULERES FRA BUNDEN INDTIL URTEEN ER "KLAR".
4. EGENTLIGE FILTERING, PÅBEGYNDES.
5. EFTERGYDNING MED 78°C VAND STARTER MEDENS VANDET I MÆSK-KAGEN SØRGER FOR OPDRIFT. - EVT. ENKELTE OPHAKNINGER.
6. DER EFTERGYDES INDTIL EKSTRAKTEN ER CA. 2%

Urtklaring og køling



- Til klaring af urten findes forskellige systemer
- Whirlpool
- Efter kogning pumpes urten tangentialt ind i et rundt kar med opadvendt konus i bunden, hvor der dannes en trubkegle i midten.
- Rørværk i urt-kedlen (trubkegle)
- Centrifuge
- Klaringmiddel (Carragen-tang)
- Tilsættes 10-15 minutter inden urtkogningen afsluttes.
- Urtkøling - efter klaring af urten skal den nedkøles. Dette sker typisk via pladevarmeveksler.

Urtkogning



- - Op-koncentrere urten til endelig styrke (Fordampning 4-8 %)
- - Sterilisere urten
- - Koagulere / udfælde proteiner
- - Uddampe Di-Methyl- sulfit (Grønsagsagtig smag)
- - Danne aromastoffer (Millard-reaktioner)
- - Isomerisere humle-bitterstofferne

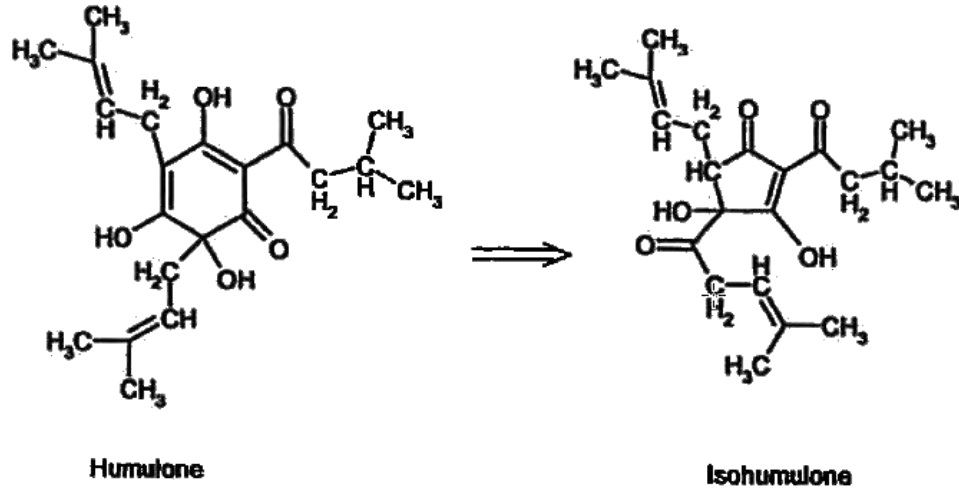
Humle



- ▶ Humlen opdeles overordnet i to hovedgrupper.
- ▶ Bitterhumle, som er rig på humleharpikser og dermed tilføjer øllet meget bitterhed.
 - ▶ Tilsættes i starten af kogningen, da den kemiske omdannelse (isomerisering) er ret langsom.
- ▶ Aromahumle, som er rig på humleolier, og dermed også tilføjer øllet en udpræget humlearoma.
 - ▶ Humleolier er meget flygtig og tilsættes sent under kogningen, og bidrager ikke væsentlig til øllets bitterhed.
- ▶ Humle kan også tilsættes under gæring og/eller under lagring, såkaldt dry-hopping ("tør humling"). Dette giver øllet udtalt humlearoma.

Humle / kogning

Isomerisation

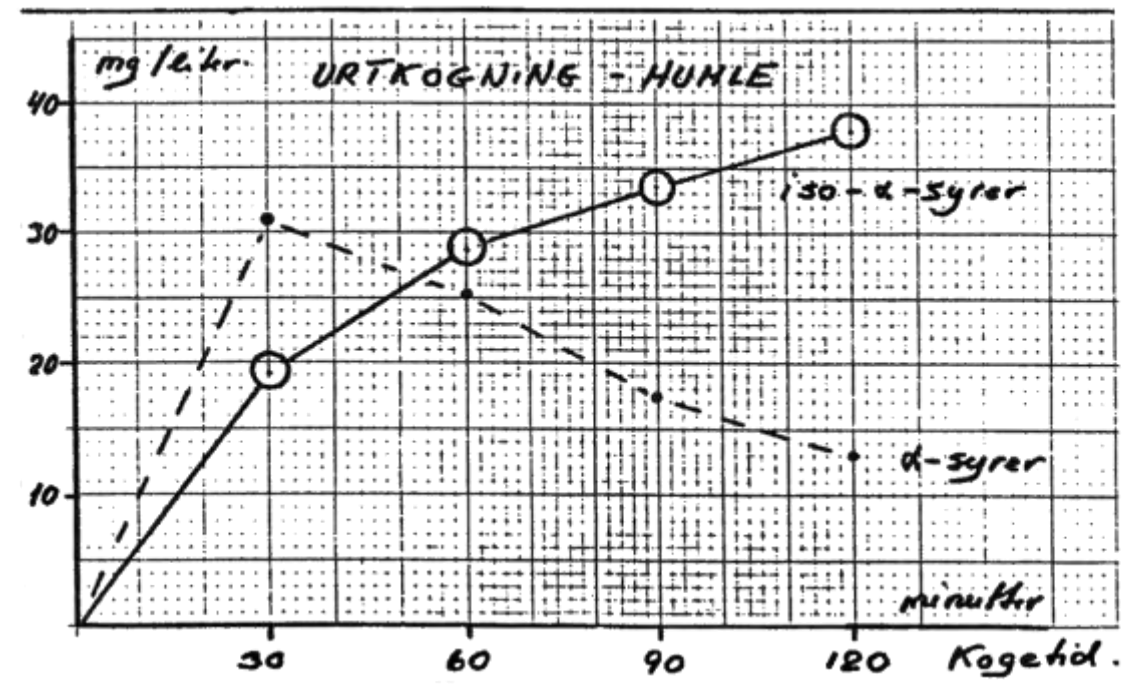


Solubility 3 mg/l
Bitterness 1

120 mg/l

9

Urtkogning



Gær

Der findes flere hundrede tilgængelige ølgær-stammer.

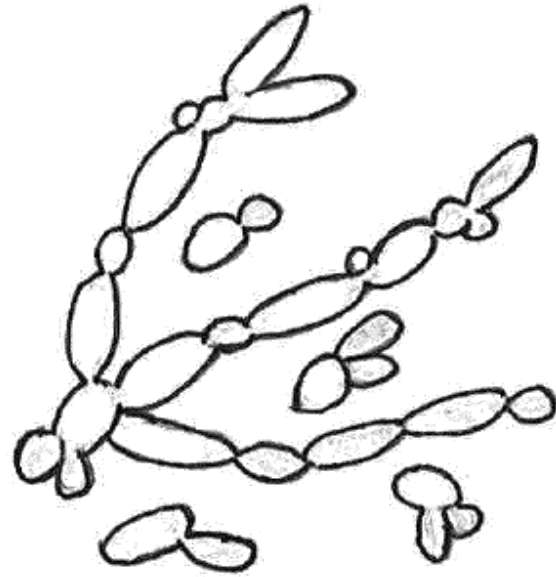


Hovedreglerne:

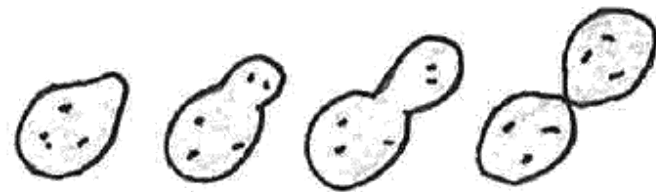
- ▶ **Overgær** stiger op til overfladen under gæringen sammen med kuldioxidbobler og danner et tykt gærslag på øllets overflade.
- ▶ Gæringen foregår ved 18-25 C.
- ▶ Under gæringsprocessen er det ikke al maltens sukker, der omdannes til alkohol og kulsyre. Det bliver en mere fyldig øl.
- ▶ Overgæren giver sammen med den høje gæringstemperatur meget aroma i øllet.

- ▶ **Undergær** synker til bunds under gæringen.
- ▶ Gæringen foregår ved 10-15 C.
- ▶ Under gæringen omdannes næsten al maltens sukker til alkohol og kulsyre. Det betyder, at øllet bliver mindre fyldigt og får en mere neutral ren smag.
- ▶ Undergær giver ofte mindre aroma.

Gær II

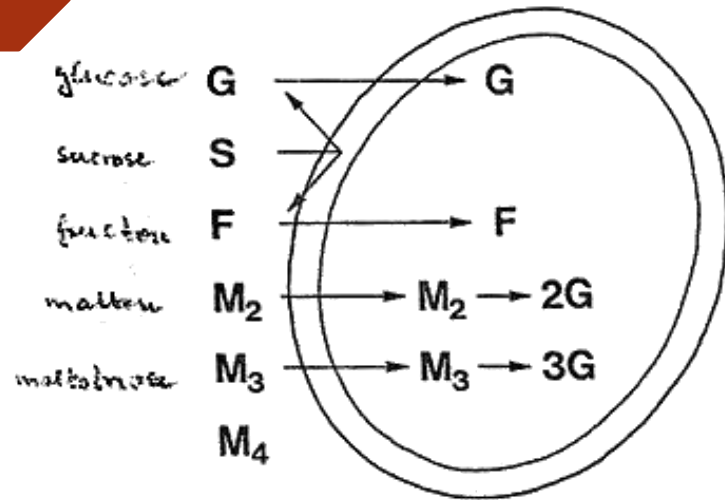


OVERGER



UNDERGER

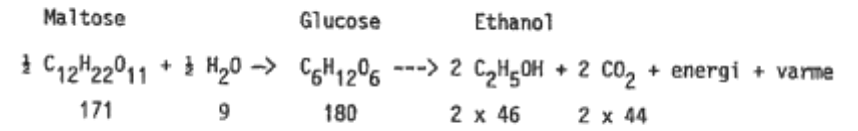
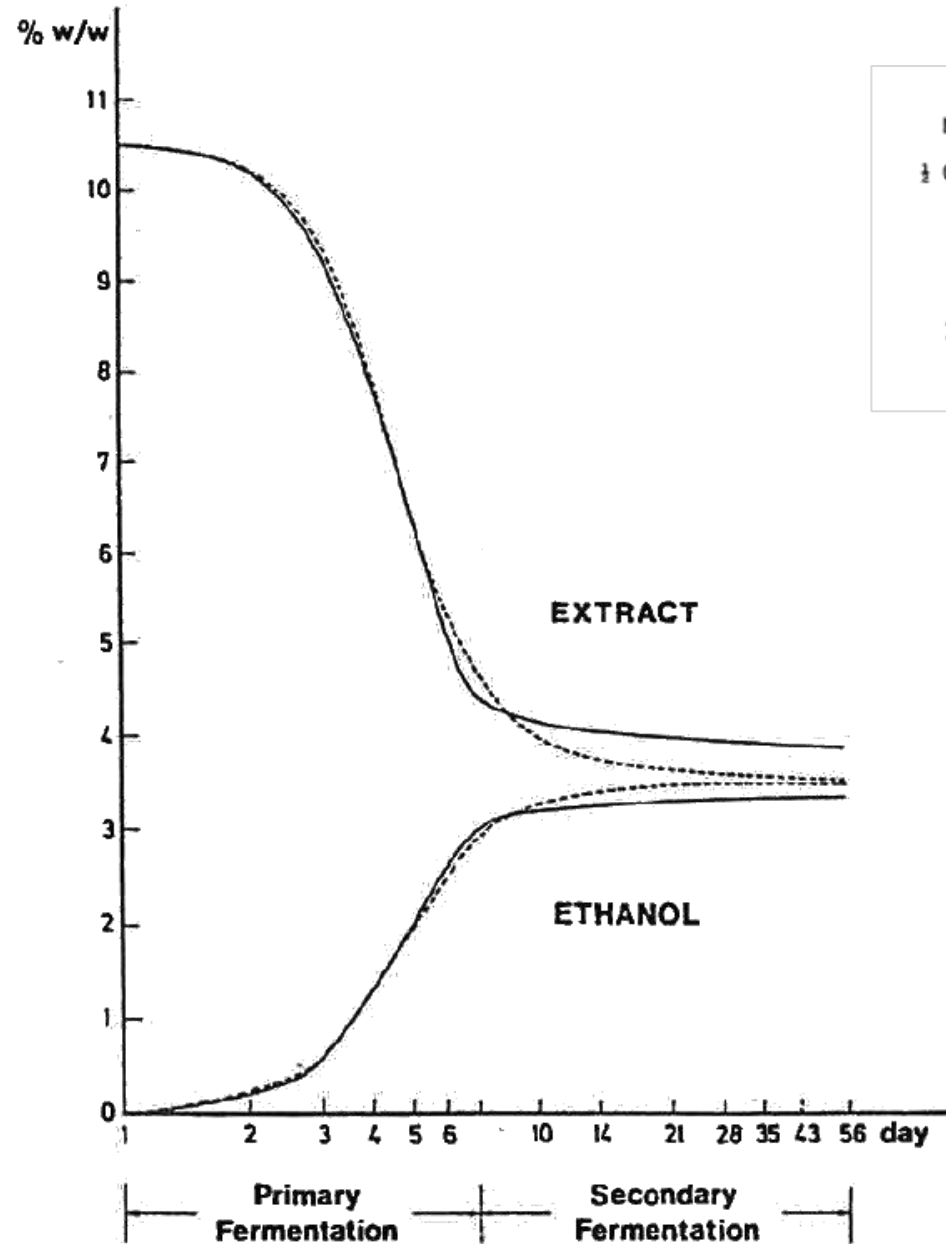
Forgærlbar sukker



Lad os derpå kigge på en skematiseret gærcele. Den tynde indre linje markerer cellemembranen, der omslutter cytoplasma, medens området mellem cellemembranen og gærens ydre afgrænsning udgøres af cellevæggen. Det er her søgt vist, hvorledes de forgærlbare sukkerarter omsættes. Glucose (G) og fructose (F) er direkte forgærlbare, idet disse monosaccharider er i stand til at trænge ind i gærcellen, hvor de via det velkendte skema for glycolysen under anaerobe forhold omsættes til CO₂ og ethanol. Disaccharidet sucrose (S) spaltes af gærens- invertase, som findes iridesluttet i gærcellevæggen, og spaltningsprodukterne glucose og fructose kan derpå trænge gennem cellemembranen og ind i cellen, hvor de så forgæres. Maltose (M₂) og maltotriose (M₃) er i stand til at trænge ind i gærcellen, hvorefter de inde i cellen spaltes til glucose, som så forgæres.

Betragter vi denne skematiske gærcele, kan det være tankevækkende at foretage det lille regnestykke, der viser, at på det tidspunkt, hvor hovedgæringen er kraftigst, forgæres ca. 15 g maltose pr. liter pr. døgn, hvilket med en gærcellekoncentration på 30 millioner celler pr. ml viser, at der pr. gærcele pr. min. passerer 600 millioner maltose molekyler ind i en sådan gærcele.

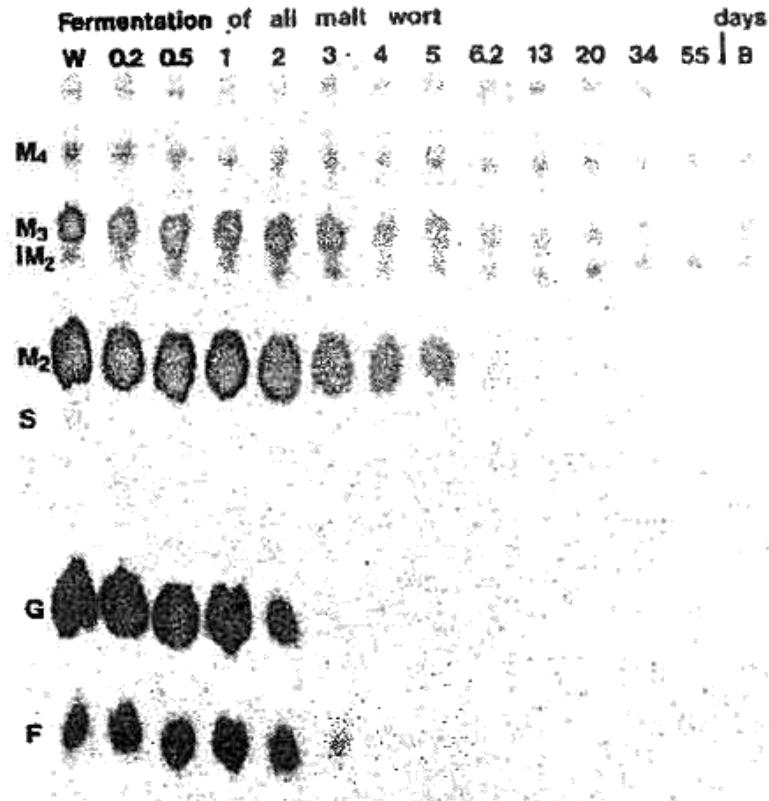
Forgæring



2 GRAMS EXTRACT \longrightarrow 1 GRAM ALCOHOL + 1 GRAM CO_2

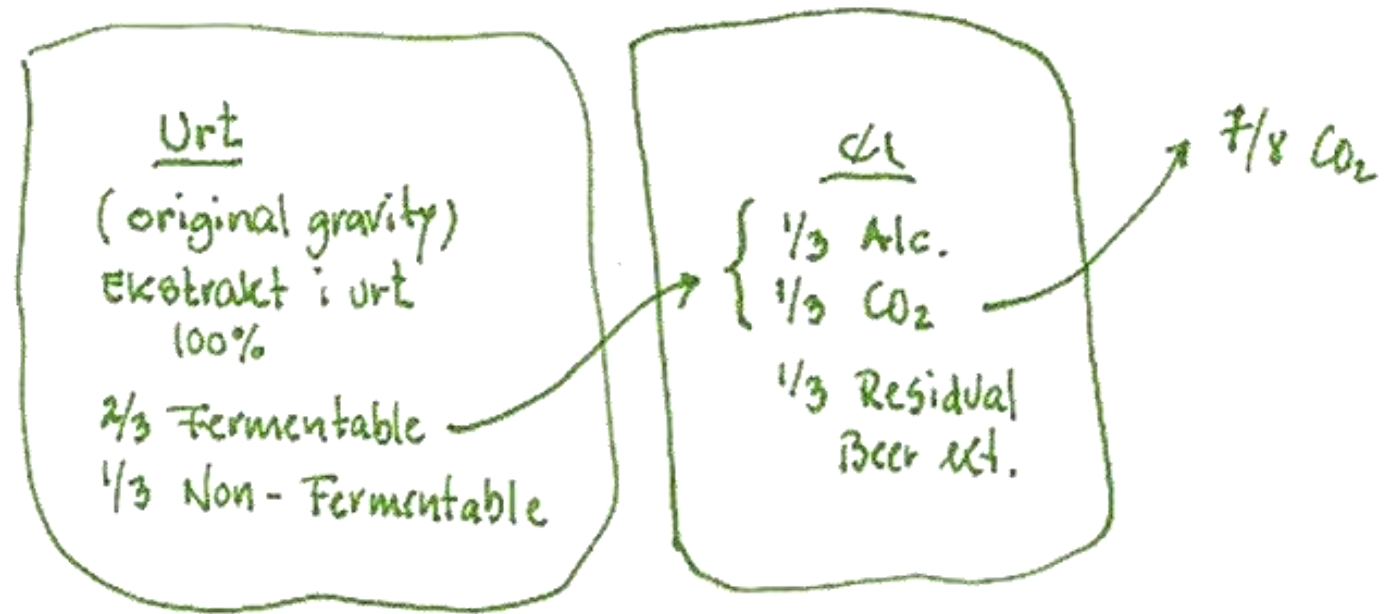
Nedgæringsmønster

Papirchromatogram: nedgæringsmønster for de forgærbare sukkerarter i all-malt urt.



| Days | g/litre | | | | | | |
|------|---------|-----|-----|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | S | G | F | M ₂ | M ₃ | M ₄ | IM ₂ |
| 0.0 | 27 | 7.7 | 1.2 | 47.0 | 12.1 | 2.0 | 0.9 |
| 0.2 | 1.6 | 8.5 | 1.6 | 49.2 | 12.8 | 2.4 | 0.5 |
| 0.5 | 0.9 | 8.0 | 2.4 | - | - | - | - |
| 1.0 | 0.3 | 4.8 | 2.6 | 49.2 | 11.2 | 2.1 | 0.9 |
| 2.0 | 0.0 | 1.4 | 1.5 | 44.8 | 11.4 | - | - |
| 3.0 | ↓ | 0.0 | 0.4 | 33.0 | 9.3 | 1.9 | 1.0 |
| 4.0 | ↓ | ↓ | 0.1 | 13.6 | 7.4 | - | - |
| 6.2 | ↓ | ↓ | ↓ | 1.9 | 4.4 | 1.9 | 0.4 |
| 20 | ↓ | ↓ | ↓ | 0.3 | 2.9 | 2.1 | 0.6 |
| 34 | ↓ | ↓ | ↓ | 0.2 | 2.1 | 2.0 | 0.8 |
| 55 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 2.1 | 2.3 | 0.7 |

Kulsyre



Indbrygningsprocent

f. des. 12% — 4% Alc
— 4% Rest E
— 0,5% CO₂