

INDHOLD

1	GENERELLE GMP OG DESIGNPRINCIPPER.....	1-1
2	VANDKVALITET	2-1
3	VANDBEHANDLING	3-1
4	MALTKVALITET.....	4-1
5	HUMLEKVALITET.....	5-1
6	KRAV TIL ANDRE RÅVARER.....	6-1
7	MØLLEARBEJDET	7-1
8	MÆSKNING.....	8-1
9	SIKARARBEJDE	9-1
10	URTKOGNING.....	10-1
11	ILTOPTAGELSE I BRYGHUSET	11-1
12	NEDSVALING	12-1
13	BELUFTNING	13-1
14	PROPAGERING	14-1
15	GÆROPSAMLING OG OPBEVARING	15-1
16	GÆRING OG LAGRING	16-1
17	TANKE.....	17-1
18	TAPNING I FUSTAGE	18-1
19	TAPNING I FLASKE	19-1
20	ILTOPTAGELSE I TANKE, UNDER TRANSPORT OG UNDER TAPNING.....	20-1
21	FILTRERING INKLUSIV STERILFILTRERING	21-1
22	PLADEPASTEURISERING.....	22-1
23	ANDEN PASTEURISERING	23-1
24	GENEREL RENGØRING OG OVERFLADERENGØRING	24-1
25	CIP (CLEANING IN PLACE)	25-1
26	SLANGER.....	26-1

1 GENERELLE GMP OG DESIGNPRINCIPPER

Dette dokument beskriver generelle principper, som gælder for flere procesområder og funktioner, specifikt design- og bygningsmæssige aspekter, der har indirekte indflydelse på produktets kvalitet:

- Luftkvalitet og luftskifte i lokaler inkl. luftfiltre
- Materialevalg for gulve, vægge og lofter
- Afmærkning af områder og personlige forholdsregler (hygiejne)

1.1 Proceidentifikation

Disse generelle principper er gældende for hele procesområdet, inkl. lagerfaciliteter. Vejledende principper og foreslåede værdier vil afhænge af de enkelte områders funktion.

1.2 Teknologi- og designbeskrivelse

1.2.1 Luft og luftskifte i lokaler

Luftskiftet skal tilsikre, at processen og produktet ikke forurenes (kemisk eller mikrobiologisk) enten fra omgivelserne eller fra andre procesområder i bryggeriet. Luftskiftet og hermed luftkvaliteten kan sikres ved fri eller tvungen ventilation (eventuelt inkl. luftkonditionering og filtre). Det tilstrækkelige luftskifte pr. time afhænger af processernes følsomhed overfor forurening (mikrobiel, støv og væskeformig forurening.) En vejledende værdi på 15-20 luftskifter pr. time og filtrering af luften gennem et 20 µm filter må anses for fuldt tilstrækkeligt til at sikre en god luftkvalitet i kritiske områder. Forurenet luft fra fx skyllemaskiner kan ledes til det fri ved hensigtsmæssig placering af luftudsugning etc. Ventilationssystemet er ofte kilde til mikroinfektioner og bør derfor kunne inspiceres og renholdes.

Luftens kvalitet kan beskrives ud fra en række parametre, hvoraf nogle har større betydning for produktkvaliteten end andre:

- Luftens temperatur og fugtighed. Opbevaring af malt, humle og andre råvarer (etiketter, kapsler, lim, etc.) stiller krav til temperatur og fugtighed for en sikker og holdbar opbevaring af varerne. Kravene til de forskellige procesområder stilles ud fra ønsket om at sikre en ordentlig produktkvalitet og vil derfor variere fra område til område (fx gær- og filterkælder koldt og tapperi normal temperatur)
- Mikrobiologisk forurening (kolonier pr. m³ luft). Indholdet af total kim og eventuelt koliforme bakterier afhænger af de processer, der foregår i og omkring området, hvor luften måles. Særligt den våde del af en tappelinie (flaskevask, kasseskyl o.a.) kan bidrage væsentligt i negativ retning for luftens kvalitet pga. den forurening, der bringes ind i fabrikken udefra. Vandsprøjt/damp bør minimeres for ikke at sprede forurening ad denne vej. Udefra kommende luft vil altid indeholde et vist antal kim,

der kan være årsag til forurening i procesområdet. Kimtallet er årstidsafhængigt og varierer med temperatur, luftfugtighed, vejrtype, omgivelserne, etc.

- Støv og partikler fra omgivende luft og andre processer. Processer som fx malttransport kan skabe en del uønsket støv, som kan opsamles fx ved udsugning på malttransportører. Dieseldrevne trucks på lageret udsender partikler, som resulterer i, at fx færdigvarer vil blive snavsede. Emission af partikler kan undgås ved anvendelse af batteridrevne trucks i stedet for dieseldrevne
- Salte og kemikalier i luften. Afhængig af omgivelserne (især kystnære omgivelser) kan udefra kommende luft indeholde en del salte, der kan tære på metalkonstruktioner. Kemikalieopbevaringslagre og åbne kemikaliebeholdere kan ligeledes resultere i kemikaliedampe, der enten af arbejdsmiljømæssige eller kvalitetsmæssige hensyn er uønskede

1.2.2 Design og materialevalg for gulve, vægge og lofter

Disse beslutninger tages ofte i designfasen, inden produktionen er startet, eventuelt ved ombygninger/udvidelser og har permanent indflydelse for produktionens effektivitet og kvalitet. Materialevalg skal understøtte forretningens overordnede plan for vedligehold, rengøring og kvalitet. Følgende bør overvejes ved valg af materialer og design:

- Materialerne bør kunne rengøres/modstå vandsprøjt uden, at materiale og konstruktion nedbrydes
- Materialerne bør have glatte overflader, der ikke skaber grobund for mikrobiologisk infektion
- Materialerne bør kunne modstå tryk og stød fra udstyr, trucks, glasskår, etc.
- Ansamlinger af snavs og vand bør undgås ved, at der er fald på gulve hen mod afløbet. Samlinger ved gulv/vægge bør afrundes, så der ikke samles vand eller snavs
- Loftsmaterialer bør være inerte overfor damp (kondensation), og eventuelle lydisolierende bafler bør kunne nedtages og rengøres. Der bør ikke være skjulte hulrum bag isoleringsmaterialer, etc., der ikke kan rengøres
- Udstyr placeres således i forhold til fx loftsbjælker, at nedfaldende støv og eventuelt afskallende maling ikke forurener produktet
- Udstyr placeres, således at det ikke hindrer rengøring og vedligehold af afløb

1.2.3 Afmærkning af områder og personlige forholdsregler (hygiejne)

Afmærkning og personlige forholdsregler (hygiejne) har til formål at sikre, at alt personale (ansatte såvel som håndværkere og gæster) overholder et sæt adfældsregler, som sikrer, at produktkvaliteten kan garanteres. Afmærkning og personlige forholdsregler er summen af de aktiviteter, der tages for at opretholde et ønsket GMP-niveau i og omkring procesfaciliteter:

- Adgangsveje til procesområder bør afmærkes tydeligt. Gældende hygiejneregler angives ved indgangen
- Døre bør forsynes med selvlukningsmekanismer for at opretholde et effektivt luftskifte. Adgang til specielt følsomme områder begrænses, og døre holdes låste for uvedkommende

- Rengøringsprocedurer og frekvenser bør ophænges, hvor de er i brug for at eliminere tvivl om procedurer
- Personale bør trænes i personlig hygiejne samt rengøringsprocedurer. Det sikres, at alle er klar over deres ansvar og opgaver. Gennemført træning bør vedligeholdes efter opfriskningsplan
- Håndværkere, myndighedspersoner og gæster bør informeres om gældende regler for personlig hygiejne ved ophold i procesområder
- Sikkerhedsdatablade for kemikalier bør være let tilgængelige. Kemikalier og remedier til kemikalier/rengøring opbevares adskilt fra andet og bør være identificerbart (fx Farvekodet GULT for gulv og RØDT for råvarehåndtering)
- Rengøringsmidler bør være uden forurenende stoffer (fx phenolbaserede kemikalier)
- Instruktioner for personlige forholdsregler bør indeholde beskrivelse af:
 - Hvad der skal gøres
 - Hvordan det skal gøres
 - Hvor ofte det skal gøres
 - Hvordan effektiviteten evalueres
 - Hvad der skal gøres i tilfælde af utilfredsstillende resultat

1.3 Risikovurdering

Tabel 1.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved fejlagtig eller utilstrækkelig luftskifte, materialevalg og personlig hygiejne.

Problem/konsekvens	Mulige årsager	Korrigerende handling
Infektion, luftbåren eller vandbåren	Infektion i ventilationssystem	Rengøring af ventilationssystemet
	Forurening fra flaskevasker eller kassevasker	Reduktion af damp og vand-sprøjt fra udstyret Lokal udsugning ved udstyr Opbevaring af returflasker og -kasser indendørs
	Vægge, lofter eller konstruktioner er grobund for mikroorganismer	Rengøring af vægge, lofter, konstruktioner
	Mikrobiel vækst i lunger og samlinger/huller i gulv	Rette faldet mod gulvafløb Reparere huller, samlinger mellem fliser o.a.
	Utilstrækkelig luftudskiftning	Kontrollere at ventilationen fungerer Rengøring af ventilationssystem
Mikrobiologisk infektion, andet	Utilstrækkelige personlige forholdsregler	Information, træning og uddannelse af operatører, gæster og håndværkere
Snavs og støv på færdiggods	Støv og snavs fra diesel-trucks	Partikelfiltre Skifte til batteridrevne trucks
Kemikaliedunste, salte i luften	Åbne kemikaliedepoter/beholdere	Tildækning af beholdere Opbevaring i separate kemikalierum
Støv i luften (bryghus, maltbehandling)	Støvdannelse under råvaretransport	Udsugning og opsamling af støv fra malttransportører

1.4 Hygiejnisk design/GMP

Dette afsnit er yderligere beskrevet i afsnit 1.2.

1.4.1 Materialevalg til gulve, vægge og lofter

- Døre og vinduer i procesområder bør udføres i aluminium eller rustfrit stål. Overfladen bør være glat, ikke-porøs og nem at rengøre
- Vinduer i procesområder bør udformes, så de ikke kan åbnes.
- Sammenføjninger mellem vægge, lofter eller andre overgange forsegles

- Hylder/afsatser designes med fald, således at støv og vand ikke samler sig
- Gulve udføres i et materiale, der er ikke-porøst og nemt at rengøre. Egnede materialer inkluderer fliser eller betongulve med polymeroverflade fx epoxy
- Gulve bør hælde mod dræn. 10-20 mm fald pr. m er ofte tilstrækkeligt. Dræn installeres ca. 1 pr. 30-50 m² eller tættere, hvis påkrævet (skyllemaskiner, gulvdræn fx). Dræn skal være tilgængelige (ikke under udstyr) og forsynet med vandlås og si
- Særlige forholdsregler bør tages i lokaler/områder, der anvendes til opbevaring af kemikalier. Forhøjninger eller opsamlingskank bør overvejes for at forhindre spredning af lækkelige kemikalier
- Færdselsveje og no-access zoner kan afmærkes på gulvarealer med epoxistriber

1.5 Overvågning

Tabel 1.2 Relevante overvågningsparametre for luftkvalitet.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Luftkvalitet cfu/1000L (tappeområde og vandbehandling)	Gær+skimmel: < 200 cfu/1000L Koliform: 0 < 1000L	Ugentlig
Luftkvalitet cfu/1000L (vådområder; flaskevasker og andre procesområder)	Gær+skimmel: < 500 cfu/1000L Koliform: 0 < 1000L	Ugentlig
Luftkvalitet temperatur og luftfugtighed (råvarer og etiketter, etc.)	Afhænger af varen	Eventuel styring med alarm

1.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd ed.

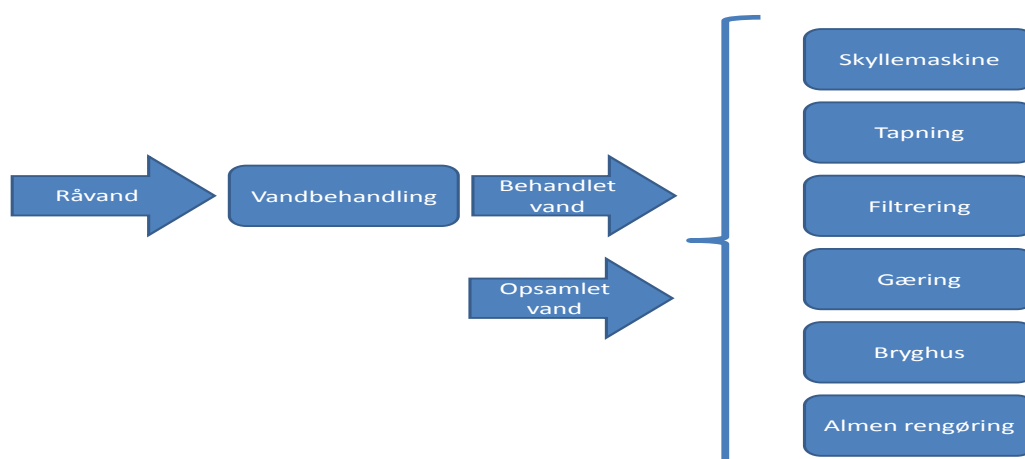
2 VANDKVALITET

2.1 Proceidentifikation

Vand bruges under forskellige forhold i bryggerier til forskellige formål. Dette dokument beskriver, hvilke krav der (med hensyn til lovgivning og proces) bør stilles til vandets kvalitet. Forskellige processer til vandbehandling er yderligere beskrevet i GMP-dokument nr. 3 "Vandbehandling". Beskyttelse af en privat brøndboring mod forurening er et kompliceret emne, der ikke behandles i dette dokument.

Nærværende fremstilling vedrører bryggerier generelt. Afsnittet om behandlet vand har kun relevans for store bryggerier, men det er medtaget for at give et samlet overblik over emnet.

2.2 Teknologi- og designbeskrivelse



Figur 2.1 Vandanvendelse i bryggeriet

Vand anvendt til produktion af fødevarer skal være af drikkevandskvalitet. Råvand leveres enten fra kommunalt vandværk eller fra en lokal brønd til et vandbehandlingsanlæg. Fra vandbehandlingsanlægget fordeles behandlet vand til forbrugssteder i bryghus, gær/filterkælder, tapperi o.a. Der kan være en eller flere kvaliteter behandlet vand aftaget forskellige steder i behandlingsanlægget, fx afilteret vand til vandskub o.a. eller chloreret vand til skyllemaskine eller rengøringsformål. Anvendt vand (vandskub, etc.) kan eventuelt opsamles som opsamlet vand, som – afhængig af vandets oprindelse (kvalitet) – kan indgå i processen igen eller anvendes til fx generelle rengøringsformål.

Det følgende giver en overordnet karakteristik af vandets karakter og dets anvendelsesmuligheder.

2.2.1 Råvand

Råvand leveres fra kommunalt vandværk eller eventuelt en privat brønd. Afhængig af vandets oprindelse (grundvand, overfladevand) varierer råvandets kvalitet fra sted til sted. Ved kommunal forsyning fra et større netværk kan opleves en variation, når der skiftes fra ét indvindingsområde til et andet. Dette *kan* have betydning for, hvordan råvandet skal behandles. Den årlige variation i vandkvaliteten vil ligeledes variere fra fx en stabil (privat) grundvandsresurse med status af naturligt mineralvand til overfladevand med tydelig variation i visse parametre på grund af nedbørsmængder, organisk materiale, etc. Vandets kvalitet fastsættes efter et antal mikrobiologiske og kemiske parametre, beskrevet i afsnit 2.5.

2.2.2 Behandlet vand, chloreret

Chlorholdigt behandlet vand anvendes med henblik på den desinficerende effekt af indholdet af frit chlor, fx ved CIP eller i skyllemaskine til rengøring af genpåfyldelige flasker. Det må erindres, at der er lovgivningsmæssige krav med hensyn til anvendelse af chlorholdigt vand, fx er det ikke tilladt at tilsætte chlor til sidste skyllevand i skyllemaskinen eller ved skylning af dåser inden tapning. Den væsentlige parameter for chloreret vand er koncentrationen af frit chlor, der bør ligge omkring 1-3 ppm.

2.2.3 Behandlet vand

Behandlet vand vil i daglig tale være færdigbehandlet vand udtaget *efter* desinfektion og eventuelt fjernelse af chlor i aktivt kulfilter. Da desinfektionsmidlet ikke længere er til stede er mikrobiologi (kintal, koliforme) væsentlige kvalitetsparametre sammen med forskellige fysisk/kemiske parametre som pH, temperatur, alkalinitet, osv.

2.2.4 Behandlet vand, afiltet

Afiltet vand anvendes ved vandskub, nedbrygning eller andre steder, hvor vand er i direkte kontakt med produktet. Opblanding af produkt med iltholdigt vand har en direkte negativ effekt på produktets kvalitet (oxidation). Ud over de ovenfor nævnte parametre er den væsentligste parameter for afiltet vand iltkoncentrationen, der bør være så lav som mulig, 0,0-0,1 ppm. Det vil ligeledes ofte blive tilstræbt at holde afiltet vand på en lav temperatur, omkring 2-4°C for at undgå at opvarme produktet.

2.2.5 Opsamlet vand til proces og andre formål

Vandskub og andre ”rene” vandfaser kan med fordel opsamles og anvendes som enten brygvand eller som fx første skyllevand ved CIP uden nogen væsentlig nedsættelse af produktets kvalitet. Anvendelsen bør laves på basis af en afvejning af de økonomiske fordele kontra de omkostninger, der er forbundet med opsamling af vandet.

2.3 Risikovurdering

De forskellige procesparametre/krav er yderligere defineret i afsnit 2.5 ”Overvågning”.

Tabel 2.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved utilstrækkelig vandkvalitet.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Råvand/behandlet vand overholder ikke mikrobiologiske krav	Fejlhåndtering af prøve Infektion i distributionsnet eller i brønd Fejl i desinfektionsanlæg Ukorrekt anvendelse af opsamlet vand	Re-analyse Sterilisering af ledningsnet Korriger i henhold til Dokument nr. 3 ”Vandbehandling” Revurdér procedurer for genanvendelse af vand
Råvand/behandlet vand overholder ikke kemiske krav	Forurening af grundvand	Re-analyse Mulig sundhedsfare. Kontakt til myndigheder
Råvand/behandlet vand overholder ikke indikatorkrav	Varierer afhængig af parameteren	Ingen sundhedsfare. Der foretages korrigerende handlinger for at få vandkvaliteten tilbage til dets oprindelige niveau

2.4 Hygiejnisk design/GMP

Der henvises til Kapitel 3 ”Vandbehandling”.

2.5 Overvågning

De i Tabel 2.2 og Tabel 2.3 angivne analyser kan rekvireres fra vandforsyningsselskabet.

Tabel 2.2 Råvand og behandlet vand, mikrobiologiske parametre.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
<i>E. coli</i>	0/100 ml	Frekvensen afhænger af vandforbruget (m ³ /d). For en kommunal vandforsyning bør man kunne få mindst én årlig analyse pr. indvindingssted. For en privat brønd fastsættes frekvensen af myndighederne
Enterokokker	0/100 ml	

Tabel 2.3 Råvand og behandlet vand, kemiske parametre

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Acrylamid	0,10 µg/l	Frekvensen afhænger af vandforbruget (m ³ /d). For en kommunal vandforsyning bør man kunne få mindst én årlig analyse. For en privat brønd fastsættes frekvensen af myndighederne
Antimon	5,0 µg/l	
Arsen	10 µg/l	
Benzen	1,0 µg/l	
Benz(a)pyren	0,010 µg/l	
Bor	1,0 mg/l	
Bromat	10 µg/l	
Cadmium	5,0 µg/l	
Chrom	50 µg/l	
Kobber	2,0 mg/l	
Cyanid	50 µg/l	
1,2-dichlorethan	3,0 µg/l	
Epichlorhydrin	0,10 µg/l	
Fluorid	1,5 mg/l	
Bly	10 µg/l	
Kviksølv	1,0 µg/l	
Nikkel	20 µg/l	
Nitrat	50 mg/l	
Nitrit	0,50 mg/l	
Pesticider	0,10 µg/l	
Pesticider – i alt	0,50 µg/l	
Polycykliske aromatiske hydrocarboner	0,10 µg/l	
Selen	10 µg/l	
Tetrachlorethen og Trichlorethen	10 µg/l	
Trihalomethaner – i alt	100 µg/l	
Vinylchlorid	0,50 µg/l	

Tabel 2.4 Råvand og behandlet vand, indikatorparametre.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Aluminium	200 µg/l	Formålet med <u>løbende kontrol</u> er at tilvejebringe regelmæssige oplysninger om drikkevandets organoleptiske og mikrobiologiske kvalitet samt oplysninger om effektiviteten af en eventuel behandling af drikkevand (navnlig desinfektion) for at bedømme, om drikkevandet overholder drikkevandsdirektivets tilsvarende parameterværdier Flere af disse parametre er af betydning for en ordentlig proceskontrol og kvalitetssikring (smag, lugt, pH) og vil skulle udføres dagligt Andre fx tritium er stort set uforanderlige, og der er kun behov for at analysere årligt eller mindre Andre endnu fx aluminium (til flokkulering) er kun relevant, hvis stoffet anvendes i behandlingsprocessen
Ammonium	0,50 mg/l	
Chlorid	250 mg/l	
Clostridium perfringens	0/100 ml	
Farve	Acceptabel og ingen unormal ændring	
Ledningsevne	2.500 µS/cm ved 20°C	
pH	6,5-9,5	
Jern	200 µg/l	
Mangan	50 µg/l	
Lugt	Acceptabel og ingen unormal ændring	
Sulfat	250 mg/l	
Natrium	200 mg/l	
Smag	Acceptabel og ingen unormal ændring	
Kimtal 22°C	Ingen unormal ændring	
Koliforme bakterier	0/100ml	
Turbiditet	Acceptabel og ingen unormal ændring	
Tritium	100 Bq/l	
Total indikativ dosis	0,10 mSv/år	

Tabel 2.5 Behandlet, chloreret vand.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Frit chlor	1-3 ppm	Daglig

Tabel 2.6 Behandlet, afiltet vand.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Ilt	0-0,1 ppm	Daglig
Temperatur	2-4°C	Daglig

2.6 Litteratur

Drikkevandsdirektivet 98/83/EF. <http://ec.europa.eu>

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd ed.

3 VANDBEHANDLING

3.1 Proceidentifikation

Vand anvendt til fremstilling af færdigt produkt skal være af drikkevandskvalitet. Vandbehandling har til formål at bibringe vandet denne kvalitet samt eventuelt at justere vandets indhold af salte efter bryggerens ønsker, idet disse har indflydelse både på produktets smag såvel som på vedligeholdelsesaktiviteter (kalkdannelse). Hvis bryggeriet anvender kommunalt drikkevand til produktion, vil et eller flere procestrin beskrevet her være unødvendige, idet drikkevandet er af drikkevandskvalitet fra kommunens side. Det er eventuelt yderligere ønskeligt at justere vandets kvalitet for at optimere på processerne og produktets kvalitet, fx fjernelse af ilt, fjernelse af kalk eller justering af alkaliniteten.

Det er ofte ønskeligt at justere pH og salte i bryghusvandet for at optimere på brygprocessen. Disse områder behandles ikke i dette dokument.

3.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Design af et vandbehandlingsanlæg vil altid gå ud fra en vandanalyse på det indkommende råvand og bryggerens krav til vandet. Vandbehandlingen udføres traditionelt i følgende rækkefølge, idet de foregående trin har indflydelse på effektiviteten af de efterfølgende.

1. Fjernelse af suspenderet materiale (humus, jord, småsten, etc.).

Vand fra kommunalt vandværk eller en privat brønd indeholder større eller mindre mængder suspenderet materiale (kalkflager, rust, småsten, etc.), der må fjernes inden videre behandling. Når vandflowet er nul, vil materialet (langsomt) synke nedad og samles som slam i rør og tanke. Afhængigt af materialets karakter vil det være mere eller mindre vanskeligt at fjerne/pumpe væk igen, men vil under alle omstændigheder være et udpræget udgangspunkt for mikrobiel vækst.

2. Fjernelse af opløst materiale (salte, gasser).

Jern (Fe) og Mangan (Mn) er ustabile ioner og omdannes med tiden til $\text{Fe}(\text{OH})_3$ og $\text{MnO}(\text{OH})_2$. Fe og Mn kan derfor udfældes ved beluftning og efterfølgende filtrering i et sandfilter.

Ilt (O_2) i vandet har en udpræget negativ effekt på produktets kvalitet, idet det bibringer øllet en oxideret smag. Iltindholdet tilstræbes derfor at være så lavt som muligt.

Hårdhedsgraden af dansk vand er ofte høj, og bryggeren ønsker ofte at justere dette. Dette kan ske ved udfældning af carbonater eller ved ionbytning, det være sig kation- eller anionbytning. Et andet alternativ til fjernelse af salte er nanofiltrering eller omvendt osmose.

3. Desinfektion (fjernelse af mikroorganismer).

Mikroorganismer fra vandforsyningen kan resultere i dannelse af biofilm i rørsystemet. Biofilm kan være særdeles vanskeligt at slippe af med igen og resulterer ofte i, at rørsystemet re-inficeres kort tid efter en sterilisering. Vandforsyningen kan i enkelte tilfælde være årsag til inficering med patogene bakterier, der kan være sundhedsfarlige.

3.2.1 Holdetank for indgående vand

Ved overgang fra rør til en *settling tank* falder vandets lineære hastighed til tæt på nul, og der vil ske en *sedimentation* af suspenderet materiale i tanken. Sedimentationshastigheden afhænger af partiklernes massefylde/partikelstørrelse og vil oftest ikke resultere i en fuldstændig sedimentation, men måske 60-70% fjernelse af suspenderet materiale. Med mindre vandet har et meget stort indhold af suspenderet materiale – fx ubehandlet overfladevand i visse perioder af året – er denne metode sjældent relevant for bryggeren.

3.2.2 Sandfilter

I et sandfilter ledes vandet gennem sand med partikelstørrelse på 0,8-1,2 mm diameter, som tilbageholder suspenderet materiale. Sandfilteret vil efterhånden stoppe til og må skylles fri for slam ved returskyl med vand og efterfølgende resedimentering af filtermaterialet. Filteret er typisk designet til et flow på 10-20 m³/m²*h og 2 m højt, ikke iberegnet headspace nødvendigt under returskylning af filteret. Filteret bør ligeledes steriliseres med fx varmt vand for at fjerne mikrobiel vækst i filteret.

3.2.3 Termisk afgasning af vand

Ved opvarmning af vand nedsættes opløseligheden af gasser (fx ilt). Det opvarmede vand forstøves i et vandtårn med samtidig udpumpning af dampfasen. Idet ilten er forskudt mod dampfasen, vil det opsamlede vand indeholde mindre ilt end det indgående. Vacuumpumpe og opvarming/køling af vandet gør processen forholdsvis dyr i drift.

3.2.4 CO₂ stripping af vand

Ved tilsætning af CO₂ til vandet opstår en luftfase med CO₂ og ilt i ligevægt med vandet. Idet iltens partialtryk formindskes ved tilsætning af CO₂, går ilt fra vandfase til luftfase og kan derved fjernes med en vacuumpumpe.

3.2.5 Katalytisk fjernelse af ilt

Ilten kan bringes til at reagere med tilsat H₂-gas ved hjælp af en metalkatalysator. Der er ingen biprodukter forbundet med processen, som omdanner ilten til rent vand. Processen skal styres nøje for at fjerne ilten effektivt.

3.2.6 Carbonatfældning

Carbonater fjernes ved tilsætning af Ca(OH)₂, der udfælder carbonater som calciumcarbonat CaCO₃. De udfældede carbonater kan fjernes ved, at vandet henstår i en tank, hvorved carbonaterne samles i bunden eller fjernes i et sandfilter.

3.2.7 Ionbytningsanlæg

Ved ionbytning pumpes vandet gennem en tank med en *anionbytter* eller *kationbytter*, der tilbageholder specifikke ioner og bytter dem ud med andre. Når ionbytterens kapacitet er opbrugt, renses anlægget fx ved returskyl med stærk syre eller andet, og ionbytteren regenereres.

3.2.8 Nanofiltrering og omvendt osmose

Vandet pumpes under højt tryk gennem en semipermeabel membran, der tilbageholder salte. Det er i princippet muligt at producere totalt saltfrit (deioniseret) vand.

3.2.9 Desinfektion ved chlorering

Chlor i form af natriumhypochlorit (NaOCl) eller chlogas tilsættes vandet til en koncentration omkring 1-3 mg/l frit Chlor. Af hensyn til omdannelse og reaktionstid må koncentrationen holdes i ca. 30 minutter i en holdetank for at sikre en effektiv desinfektion. Så længe vandet indeholder chlor i den rette koncentration, har det en desinficerende virkning (ulig de efterfølgende metoder, der kun har en momentan effekt). Chloret fjernes efterfølgende i et aktivt carbonfilter inden anvendelse af vandet på grund af den negative smagspåvirkning fra chloret. Flydende NaOCl omdannes ved henstand til bl.a. chlorat, hvorved effekten reduceres.

3.2.10 Desinfektion ved ozonering

Ozon (O₃) dannes i en ozonreaktor og tilsættes vandstrømmen til 0,4-0,5 ppm. Reaktionen med bakterier og andre mikroorganismer er momentan, og en reaktionstid på 1 minut er tilstrækkeligt. Ozon nedbrydes med tiden og har ingen negativ smagseffekt på vandet. Hvis vandet indeholder andet organisk materiale (humus), reagerer ozon med dette, og effekten af ozoneringen er derved begrænset.

3.2.11 Desinfektion ved UV-belysning

Belysning med ultraviolet lys slår bakterier og andre mikroorganismer ihjel. Vandet må være fri for partikler, for at belysningen skal være effektiv. Hvis vandet indeholder partikler, vil disse skærme for belysningen og mikroorganismene kan passere uhindret. UV-lampens effektivitet falder med tiden og må derfor udskiftes efter et fast antal operationstimer.

3.3 Risikovurdering

Tabel 3.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved utilstrækkelig vandbehandling.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Slam eller partikler fra holde-tank	Tankens udløb sidder forkert i forhold til bunden Sedimentation i bunden af tanken	Hæve tankens udløb fra bunden Skulle holdetanken
Reduceret flow fra sandfilter	Filteret er tilstoppet	Returskyl af filter
Iltindholdet i vand for højt (termisk afgang og CO ₂ stripping)	Vacuum er ikke tilstrækkeligt Vandtemperaturen er for lav CO ₂ tryk for lavt	Kontroller vacuumpumpe Kontroller tank for utætheder ved fx mandehul Kontroller setpunkt for varmeveksler Kontrollér CO ₂ til stripper tank
Iltindholdet i vand for højt (katalytisk omdannelse)	Katalysatoren ødelagt Forkerte procesparametre	Udskifte/regenerere katalysator Kontroller procesparametre (partialtryk, flow)
Ingen effekt af ionbytning	Ionbytteren er opbrugt	Rense og regenerere ionbytter
Mikrobiel vækst mellem sandfilter og desinfektionsenhed	Mikrobiel vækst i sandfilter Mikrobiel vækst (biofilm) i rørsystem	Returskyl og sterilisering af filter Sterilisering/rensning af rørsystem
Mikrobiel vækst efter chlore-ring	For lav koncentration af frit chlor	Øge tilsætning af NaOCl / Cl ₂ Øge reaktionstid eller holdetiden
Mikrobiel vækst efter kulfilter	Mikrobiel vækst i kulfilter Mikrobiel vækst (biofilm) i rørsystem	Sterilisering af kulfilter Sterilisering/rensning af rørsystem
Chlorat i vandet	NaOCl-opløsning er for gammel Aktivt kulfilter er mættet	Udskifte NaOCl opløsning Regenerere aktivt kulfilter
Manglende effekt af ozonering	Forhøjet indhold af humus eller andet organisk materiale	Fjerne suspenderet materiale før ozoneringen
Manglende effekt af UV-belysning	Partikler i vandet skærmer for UV-belysningen UV-lampens effekt er reduceret	Fjerne suspenderet materiale før UV-belysningen Rense UV-lampens yderside Udskifte UV-lampen

3.4 *Hygiejnisk design/GMP*

Rørsystemer og anlæg skal kunne rengøres og steriliseres effektivt for at undgå dannelse af biofilm. Dette kan – afhængig af udstyrstype – være med varmt vand (>80°C), dampsterilisering, eller kemisk (chlorinering, eller andre desinfektanter).

Holdetankes størrelse, etc. skal designes med henblik på maksimalt flow gennem systemet (worst case).

Omgivelserne for vandbehandlingsanlægget bør være rene og tørre og ikke være kilde til kontaminering udefra.

3.5 *Overvågning*

Kravene for overholdelse af Drikkevandsdirektivet 98/83/EF er mangfoldige, og det er tilrådeligt at søge vejledning hos lokale myndigheder om kravene, og hvad myndighederne i givet fald kan levere af data fra fx lokale vandforsyningsværker eller ved prøveudtagning af råvand på bryggeriet.

Derudover bør overvågningen designes, således at en effektiv styring af procesanlægget er mulig. Overvågningsparametre vil derfor afhænge både af vandets kvalitet, og måden hvorpå det behandles. Nedenstående er derfor at betragte som vejledende.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Råvand, mikrobiologi	I henhold til lovgivning	
Råvand, salte, temperatur, pH		Ugentlig
Behandlet vand, mikrobiologi	I henhold til lovgivning	
Trykdifferens, sandfilter, etc.		Daglig/kontinuerlig
Behandlet vand, iltindhold		Daglig/kontinuerlig
Behandlet vand, frit chlor	I holdetank: 1-3 ppm Efter kulstoffilter: 0 ppm	Daglig
Behandlet vand, ozon	Efter reaktor: 1 ppm	Daglig
UV-intensitet	40.000 $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ ved 254 nm eller antal produktionstimer til udskiftning	
Behandlet vand, hårdhed		Afhængig af proces og vandkvalitet
Behandlet vand, salte		Afhængig af proces og vandkvalitet

3.6 *Litteratur*

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

4 MALTKVALITET

4.1 Råvareidentifikation

Denne procedure er gældende for malt indkøbt i sække.

Formålet med denne procedure er at sikre:

- kvaliteten for modtagelse, opbevaring og anvendelse af malt
- mod brug af skadet og for gammelt malt, der kan forringe slutproduktets kvalitet eller skade slutbrugeren

Proceduren beskriver procedurer for modtagelse, opbevaring og slutkontrol inden anvendelse af malt, hvor mulige fejl ved selve malten, der kan have indflydelse på produktkvaliteten og sikkerhed, kan identificeres.

Malt er spiret og derefter tørret/ristet korn (byg, hvede, havre og rug).

Maltens karakteristika afhænger af kornsort, dyrkningsmetode, maltningsproces, tørring og den eventuelle efterfølgende ristning.

Maltens kvalitet har stor indflydelse på det færdige øl, da malten giver øllet smag, fylde og farve samt er medvirkende til dannelse af skum. Maltens indhold af proteiner, stivelse og enzymer danner grundlag for urtens indhold af sukkerstoffer og aminosyrer mm. Dette har betydning for gæringsprocessen og den færdige øls smag, udseende og skumdannelse. Maltens kvalitet kan forringes af ydre påvirkninger under transport til og lagring i bryggeriet.

Fremstiller bryggeriet både ikke-økologisk og økologisk øl, skal der være særskilte regnskaber for råvarerne.

4.2 Råvaremodtagelse

Ved modtagelsen kontrolleres malten og maltens emballage for:

- Transportskader eller anden beskadigelse af sækkene
- Fugtighed
- Oliespild
- Lugt
- Angreb af skimmel/skadedyr

Er der tegn på en eller flere af disse ting, skal malten enten returneres, kasseres eller sættes i karantæne for efterfølgende afgørelse af, hvad der skal ske med malten.

4.3 Opbevaring

Malten skal opbevares/behandles, så den ikke skades af fugt, sollys, krydskontaminering samt angreb af fx skimmelsvampe og skadedyr:

- Lageret skal være tørt
- Lageret skal have glatte vaskbare overflader på gulv, loft og vægge, der er lette at rengøre
- Malten må ikke stå direkte på gulvet
- Der skal være sikring mod skadedyr (insekter, mus og rotter)
- Det skal sikres, at uvedkommende personer ikke har adgang til lageret

En væsentlig årsag til beskadigelse af malt er kombinationen af fugt og varme, der resulterer i insektangreb. Temperaturen i sig selv er ikke kritisk, normal rumtemperatur eller køligere er tilstrækkelig, så længe malten ikke udsættes for fugt.

4.4 Risikovurdering

Godkendte genmodificerede produkter til fødevarer begrænser sig i Europa pr. 01-11-2007 til majs- og sojaprodukter, sukkerroer, rapsolie, bomuldsfrøolie og vitamin B5.

Der må ikke anvendes andre råvarer end ovenstående, der er fremstillet ved hjælp af Gen Modificeret Organismer (GMO). På råvarer fra andre lande end Danmark skal der forefindes et certifikat, der kender råvaren GMO fri.

Malten må ikke have været udsat for fugt samt angreb af skimmel eller skadedyr, da det kan udgøre en risiko for kvaliteten af malten og i værste fald kan det betyde, at det endelige produkt kan være skadeligt for forbrugeren. Fx kan skimmelsvampe danne mykotoxiner, der er skadelige for mennesker.

Der er forskel på, om maltens kvalitet er forringet, og om malten er skadelig for mennesker/slutbrugerne.

4.5 Overvågning

Før brug kontrolleres malten for:

- Fugtskade
- Råd
- Angreb af skimmel/skadedyr
- Smag
- Duft
- Udløbsdato

Findes malten i orden, kan den bruges i produktionen. I tilfælde, hvor malten har taget skade på grund af ukorrekt opbevaring, skal malten enten kasseres eller sættes i karantæne for efterfølgende afgørelse af, hvad der skal ske med malten.

Fra maltleverandøren/maltproducenten kan der rekvireres produktspecifikationer og eventuelt analysecertifikater i de tilfælde, hvor man har brug for specifikke analyseresultater på den enkelte batch.

Et analysecertifikat bør som minimum indeholde følgende parametre for at sikre en god kvalitet af malt og færdigt produkt:

- Vandindhold (%)
- Proteinindhold (%)
- Ekstraktindhold (%)
- Fin/grov ekstraktforskel (%)
- Viskositet af urt (mPa*s)
- Urtfarve (EBC)

4.6 Litteratur

Lov om fødevarer (Fødevareloven), LOV nr. 526 af 24/06/2005 med tilhørende bekendtgørelser på Retsinformations hjemmeside www.retsinfo.dk.

Det Danske Ølakademis hjemmeside www.olakademiet.dk

5 HUMLEKVALITET

5.1 Råvareidentifikation

Denne procedure er gældende for indkøbt humle.

Formålet med denne procedure er at sikre:

- kvaliteten for modtagelse, opbevaring og anvendelse af humle
- mod brug af skadet og for gammel humle, der kan forringe slutproduktets kvalitet eller skade slutbrugeren

Proceduren beskriver procedurer for modtagelse, opbevaring og slutkontrol inden anvendelse af humle, hvor mulige fejl ved selve humlen, der kan have indflydelse på produktkvaliteten og sikkerhed, kan identificeres.

Humle, der anvendes i ølproduktion, er plantens hunblomster – nogle anser, at kopperne af ubestøvede hunplanter giver den bedste aroma.

Humlens funktion i ølbrygningen er bl.a. at afbalancere maltens sødme ved at tilføre bitterhed. Humlekopperne indeholder korn – kaldet lupulin - som indeholder bitterstoffer, der tilfører øllet bitterhed. Bitterstofferne har også en konserverende effekt, der skyldes, at bitterstofferne er bakteriehæmmende. Humlens bitterstof kaldes alfasyre. Producenten angiver humlens alfasyre i procent. En humles alfasyre svinger fra år til år alt efter, hvordan vejret og høsten har været. Indholdet afhænger ligeledes af sorten af humle.

Humle indeholder desuden betasyre, der anses for at have en ”blødere” bittersmag end alfasyren. I praksis kan man regne med, at betasyrens bidrag til den generelle bittersmag er 1/9 af alfasyrens.

En færdig øls bitterhed kan beskrives med et antal ”bitter-enheder” IBU. Denne bitterhed kan enten måles eller beregnes. Beregning sker i praksis ud fra producentens oplysninger om procent alfasyre og praktisk viden om udbytte i ens eget bryganlæg.

Ray Daniels: *Designing Great Beers* og Kunze: *Technology Brewing and Malting* giver samlet et godt overblik om humleberegning og -dosering.

Humle deles op i to hovedtyper – aromahumle og bitterhumle. Aromahumle er rig på bl.a. æteriske og dermed flygtige olier og kan ved kortvarig kogning eller eventuel tørrhumling tilføre øllet en aromatisk og parfumeret smag. Bitterhumle er rig på humlehar-pikser og tilfører øllet en bitter smag, når den koges sammen med urten. Kogetiden har afgørende indflydelse på bitterstoffernes virkning og dermed humlens bittersmag.

Humle, der anvendes i ølbrygning, findes som:

- Heltørret
- Presset til piller
- Ekstrakt

- Isomeriseret humle

Humlens kvalitet kan forringes af ydre påvirkninger under transport til og lagring i bryggeriet.

Fremstiller bryggeriet både ikke-økologisk og økologisk øl, skal der være særskilte regnskaber for råvarerne.

5.2 Råvaremodtagelse

Ved modtagelse kontrolleres humlens emballage for:

- Transportskader
- Fugtighed
- Oliespild
- Lugt
- Angreb af skimmel/skadedyr

Er der tegn på en eller flere af disse ting, skal humlen enten returneres, kasseres eller sættes i karantæne for efterfølgende afgørelse af, hvad der skal ske med humlen.

5.3 Opbevaring

Humle opbevares bedst koldt (5°C eller -18°C), tørt og uden adgang for luftens ilt. Man kan eventuelt efter anbrud af sækken opbevare humlen i lufttæt emballage ved -18°C, eller man kan vakuumpakke humlen i passende mindre portioner.

Lageret skal være indendørs, det skal være nemt at rengøre og skal indrettes, så humlen ikke tager skade af:

- Fugt
- Skadedyr
- Sollys
- Varme
- Forurening af andre stoffer eller andre humler

Humlen skal opbevares/behandles, så der ikke er risiko for krydskontaminering samt angreb af fx skimmelsvampe og skadedyr.

- Lageret skal være tørt
- Lageret skal have glatte vaskbare overflader på gulv, loft og vægge
- Humlen må ikke stå direkte på gulvet
- Der skal være sikring mod skadedyr (insekter, mus og rotter)
- Humlen bør opbevares koldt uden adgang for luftens ilt
- Det skal sikres, at uvedkommende personer ikke har adgang til lageret

- Der må ikke være mulighed for sammenblanding af de enkelte humler under opbevaring

5.4 Risikovurdering

Godkendte genmodificerede produkter til fødevarer begrænser sig i Europa pr. 1. november 2007 til majs- og sojaprodukter, sukkerroer, rapsolie, bomuldsfrøolie og vitamin B5.

Der må ikke anvendes andre råvarer end ovenstående, der er fremstillet ved hjælp af Gen Modificerede Organismer (GMO). På råvarer fra andre lande end Danmark skal der forefindes et certifikat, der kender råvaren GMO fri.

Humlen må ikke have været udsat for fugt samt angreb af skimmel eller skadedyr, da det kan udgøre en risikofaktor for kvaliteten af humlen, og dermed kan det endelige produkt være skadeligt for forbrugeren. Fx kan skimmelsvampe danne mykotoxiner, der er skadelige for mennesker.

Humle, der har været opbevaret for varmt og med adgang for luftens ilt, kan blive harsk og dermed give det færdige øl en kedelig smag.

Der er forskel på, om humlens kvalitet er forringet, og om humlen er skadelig for mennesker/slutbrugerne.

5.5 Overvågning

Før brug kontrolleres humlen for:

- Fugtskade
- Angreb af skimmel/skadedyr
- Duft
- (Smag)
- Udløbsdato

Findes varen i orden, kan den bruges i produktionen. I tilfælde, hvor humlen har taget skade på grund af ukorrekt opbevaring, skal humlen enten kasseres eller sættes i karantæne for efterfølgende afgørelse af, hvad der skal ske med humlen. Der må ikke anvendes humle, der har overskredet udløbsdato.

5.6 Litteratur

Fødevareloven, LOV nr. 526 af 24/06/2005 med tilhørende bekendtgørelser (www.retsinfo.dk)

Brewers Publication: Principles of Brewing Science, 1999

www.olakademiet.dk - Dansk ølunivers – Øllets råvarer - Humle

6 KRAV TIL ANDRE RÅVARER

6.1 Råvareidentifikation

Denne procedure er gældende for andre råvarer end malt, humle, gær og vand.

Formålet med denne procedure er at sikre:

- kvaliteten for modtagelse, opbevaring og anvendelse af råvarer
- mod brug af skadede og for gamle råvarer, der kan forringe slutproduktets kvalitet eller skade slutbrugeren

Proceduren beskriver procedurer for modtagelse, opbevaring og slutkontrol inden anvendelse af råvaren, hvor mulige fejl ved selve råvaren, der kan have indflydelse på produktkvaliteten og sikkerhed, kan identificeres.

I forbindelse med ølbrygning kan der anvendes umaltet korn, sirup, honning, sukker, ekstrakter, krydderier, råfrugt, frugt, saft, blomster, urter, rødder, træ/bark mm.

Råvarens kvalitet kan forringes af ydre påvirkninger under transport til og lagring i bryggeriet.

Fremstiller bryggeriet både ikke-økologisk og økologisk øl, skal der være særskilte regnskaber for råvarerne.

6.2 Råvaremodtagelse

Ved modtagelsen kontrolleres råvarens emballage for:

- Transportskader
- Fugtighed
- Oliespild
- Lugt
- Angreb af skimmel/skadedyr

Er der tegn på en eller flere af disse ting, skal råvaren enten returneres, kasseres eller sættes i karantæne for efterfølgende afgørelse af, hvad der skal ske med råvaren.

6.3 Opbevaring

Lageret skal være indendørs eller i lukkede tanke for bulkvarer (fx sukker, majsgrits), det skal være nemt at rengøre og det skal indrettes, så råvaren ikke skades af:

- Temperatur
- Fugt

- Skadedyr
- Sollys
- Forurening af andre stoffer eller andre råvarer

Råvaren skal opbevares/behandles, så der ikke er risiko for krydskontaminering samt angreb af fx skimmelsvampe og skadedyr.

- Lageret skal være tørt
- Lageret skal have glatte vaskbare overflader på gulv, loft og vægge
- Råvaren må ikke stå direkte på gulvet
- Der skal være sikring mod skadedyr (insekter, mus og rotter)
- Råvarer skal opbevares, så det er mest hensigtsmæssigt for den enkelte råvares holdbarhed
- Det skal sikres, at uvedkommende personer ikke har adgang til lageret
- Der må ikke være mulighed for sammenblanding af de enkelte råvarer under opbevaring

6.4 Risikovurdering

Der må kun bruges råvarer i ølproduktionen, der er fødevarer godkendt.

Godkendte genmodificerede produkter til fødevarer begrænser sig i Europa pr. 01-11-2007 til majs- og sojaprodukter, sukkerroer, rapsolie, bomuldsfrøolie og vitamin B5.

Der må ikke anvendes andre råvarer end ovenstående, der er fremstillet ved hjælp af Gen Modificeret Organismer (GMO). På råvarer fra andre lande end Danmark skal der forefindes et certifikat, der kender råvaren GMO fri.

Råvaren må ikke have været udsat for fugt samt angreb af skimmel eller skadedyr, da det kan udgøre en risikofaktor for kvaliteten af råvaren, og dermed kan det endelige produkt være skadeligt for forbrugeren. Fx kan skimmelsvampe danne mykotoxiner, der er skadelige for mennesker.

6.5 Overvågning

Der må ikke anvendes råvarer, der har overskredet udløbsdato. Inden brug af råvaren kontrolleres udseende, duft og smag. Findes varen i orden, kan den bruges i produktionen.

Før brug kontrolleres råvaren for:

- Fugtskade
- Råd
- Angreb af skimmel / skadedyr
- Smag
- Duft

- Udløbsdato

I tilfælde hvor råvaren har taget skade på grund af ukorrekt opbevaring, skal råvaren enten kasseres eller sættes i karantæne for efterfølgende afgørelse af, hvad der skal ske med råvaren.

6.6 Litteratur

Lov om fødevarer (Fødevareloven), LOV nr. 526 af 24/06/2005 med tilhørende bekendtgørelser på Retsinformations hjemmeside www.retsinfo.dk.

7 MØLLERBEJDET

7.1 Proceidentifikation

Møllearbejdet er den proces i bryghuset, der gør kornets stivelse tilgængelig for enzymatisk nedbrydning i mæskekarret.

7.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Møllearbejdet udføres ved mekanisk knusning af kornet, fx gennem en hammermølle eller en valse. Hammermøllen er uegnet til brug i bryggerier med sikar-filtrering, og beskrives derfor ikke i denne manual.

Når den knuste malt skal danne filterbund i et sikar, udføres findelingen ved hjælp af en valse. Målet med valsningen er at opnå så stor en tilgængelig overflade af stivelsesholdigt kernemateriale som muligt samtidig med, at kornets skaller bevares så intakte som muligt. For at undgå findeling af skallerne kan malten befugtes (konditioneres) inden valsning.

Valserne er udformet som enten riflede valser eller glatte valser.

Større valseanlæg kan bestå af flere (to eller tre) valsepar, hvorimellem der opdeles i veldefinerede fraktioner. Derved kan man opnå en optimal findeling og således et højere udbytte.

7.3 Risikovurdering

Møllearbejdet har stor indflydelse på udbyttet i bryghuset og er ligeledes en afgørende faktor for gennemløbet i sikarret. Jo finere malten er valset, jo større udbytte kan opnås i mæskeprocessen, mens en fin formaling af malten kan forlænge og i værste fald helt forhindre gennemløbet i sikarret.

Omvendt kan man sige, at hvis der i bryghuset er et fornuftigt udbytte og en rimelig gennemløbstid i sikarret, har møllearbejdet ikke nogen kendt indflydelse på kvaliteten af det færdige øl.

Følgende risici i møllearbejdet kan imidlertid godt give anledning til variationer i det færdige bryg og for punkt 4's vedkommende også udgøre en potentiel fare for fødevarer-sikkerheden:

1. Afsmitning fra et bryg til det næste.
2. For fin formaling kan forårsage langsomt gennemløb i sikarret.
3. Manglende klaring af urten på grund af utilstrækkeligt indhold i masken af grove skaldele.
4. Forurening af brygget med skimmelsvamp eller andre mikroorganismer.

7.4 Hygiejnisk design/GMP

7.4.1 Afsmitning

Valsen blæses/børstes ren efter hvert bryg. Ved transport med snegl eller kop-elevator bør der sørges for, at ”døde ender” bliver rengjort, inden der skiftes øltype.

Det er en god idé at undgå formalning af kraftigt smagende eller kraftigt farvende korn-typer umiddelbart inden, der skiftes øltype. Slut altid møllearbejdet af med at formale en neutral malttype.

7.4.2 For fin formalingsgrad

Der bør i bryggeriet forefindes en procedure for løbende evaluering af valsefunktionen med det formål at minimere problemerne ved fejlindstilling af valseafstand, slid på valserne eller manglende knusning på grund af fysiske forskelle på råvarerne.

7.4.3 Utilstrækkeligt indhold af intakte skaldele

Samme praksis som i afsnit 7.4.2.

7.4.4 Mikroorganismer

Vækst af mikroorganismer kan påvirke brygget med såvel toksiske stoffer, uhensigtsmæssig smag eller øget kontamineringspres, og man bør derfor altid være omhyggelig med at fjerne ophobninger af gammelt støv og lignende, hvor der kan forekomme vækst af mikroorganismer.

Følgende råd kan sammenfatte GMP i møllearbejdet:

1. Så vidt muligt bør møllearbejdet foregå i et lokale, der er isoleret fra den øvrige bryggeproces.
2. Test formalingsgraden med jævne mellemrum for at kontrollere eventuelle ændringer, fx slid eller forkert indstilling af valsen. Formalingsgraden kan testes enten ved med hænderne og synet at vurdere grovheden eller ved at skille den valsede malt i definerede fraktioner med et sæt laboratoriesigter. Man bør i særlig grad være opmærksom på dette, hvis der sker vedvarende ændringer i udbytteprocenter eller gennemløbsevne i sikarret.
3. Rester af uvalset malt og kager af støv fjernes efter endt valsning for at undgå afsmitning til det kommende bryg. Hvis malten transporteres gennem lange rør eller med snegl eller kop-elevator, afsluttes valsningen med en sæk basismalt, for at ”rense systemet ud” for farve- og specialmalte.
4. Påsæt stofrør i udløbet af en fritstående valse for at reducere støvbelastningen af omgivelserne og deraf følgende øget smittepres i bryggeriet.

7.5 Overvågning

Hvis man har adgang til analysesigter, er det en god idé at udtage månedlige prøver på ca. 250 g. Prøverne må ikke neddeles yderligere.

Den udtagne prøve sigtes på nogle eller alle disse sigtestørrelser:

Hulstørrelse mm	Fraktion	Anbefalet %
1,27	Skaller	20
1,01	Knækkede kerner	16
0,547	Grove stykker	35
0,253	Fine stykker	15
Bund	Mel	14

Disse fraktionsstørrelser er dog kun vejledende og vil ikke være gældende i alle proceskonfigurationer. Vigtigere er det, at man løbende evaluerer sit mølleprodukt for derved at kunne gribe ind, hvis partikelstørrelserne afviger væsentligt fra normalen.

7.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

Verlag Hans Carl: Karl-Ulrich Heyse: *Handbuch der Brauerei-Praxis* 1994

8 MÆSKNING

8.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler den enzymatiske (og eventuelt termiske) omdannelse af maltens bestanddele til sukkerstoffer, proteiner o.a. fra opblanding af stivelseskilderne i vand til separering af den færdige urt fra restmasken i sikarret.

8.2 Teknologi- og designbeskrivelse

8.2.1 Formål

Formålet med mæskeprocessen er:

- Enzymatisk og eventuelt termisk omdannelse af råvarenes stivelse til forgærbare og ikke-forgærbare sukkerstoffer
- Nedbrydelse af proteiner til aminosyrer
- Nedbrydelse af β -glucaner
- Fremstilling af en brygurt med et afbalanceret indhold af gærnæringsstoffer

8.2.2 Principper

Malten indeholder naturlige enzymer, der omdanner maltens (og eventuelt råfrugts) indhold af kulhydrater og proteiner til mindre sukkerarter og aminosyrer. Enzymerne har forskellige optima med hensyn til temperatur og pH. Ved yderligere opvarmning vil enzymerne inaktiveres og enzymvirkningen mindskes eller ophøre. Korrekt omdannelse af råvarerne under mæskningen er vigtig for en optimal gæringsproces samt for øllets endelige kvalitet.

Tabel 8.1 Enzym optima og inaktiveringstemperaturer.

Enzym	pH-optimum	Temperatur-optima [°C]	Inaktiv temperatur [°C]
α -amylase	5,6-5,8	70-75	80
β -amylase	5,4-5,6	60-65	70
Proteinase		45-55	
β -glucanase		45-50	

Mæskeprocessen kan opdeles i to grundprincipper:

- Infusionsmæskning, hvor hele brygget opvarmes samlet i ét kar efter en fastsat temperatur/tidsprofil. Infusionsmæskning er relativt simpelt (udstyrsmæssigt) men sætter visse begrænsninger med hensyn til opvarmningshastighed.

Infusionsmæskning kan opdeles i stepvis infusion, hvor det er muligt at basere mæskeprogrammet på flere forskellige temperaturforløb (forudsætter at mæskekarret er forsynet med opvarmning og temperaturregulering), og ”single step”, hvor det kun er muligt at opvarme masken med det tilsatte brygvand og dermed benytte én mæsketemperatur samt udmæskning.

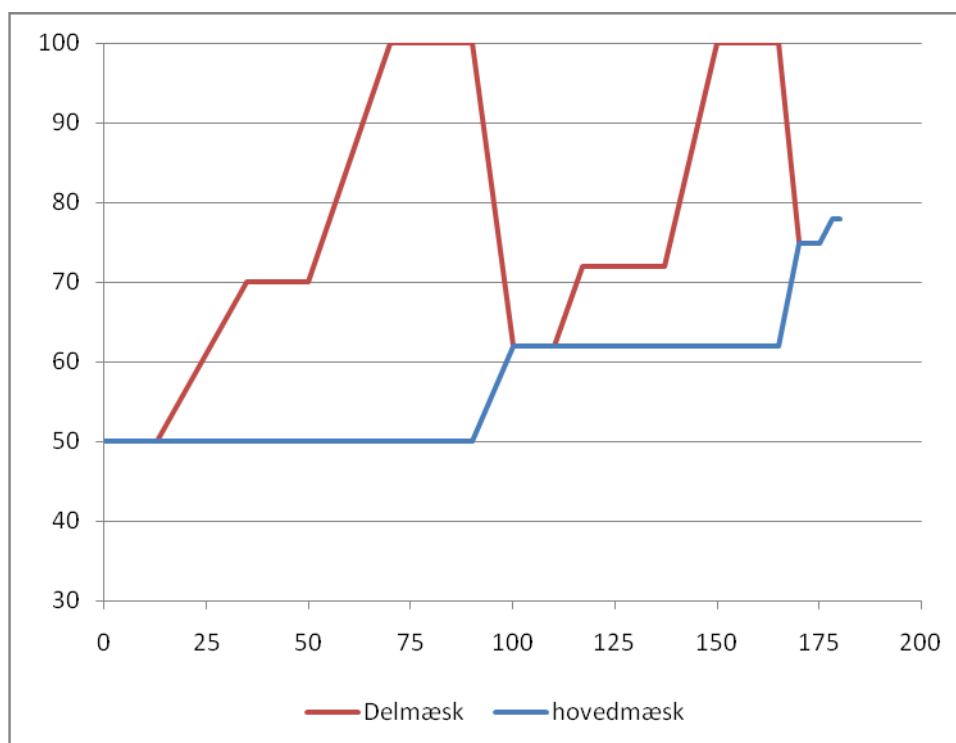
- b) Dekoktionsmæskning, hvorved en delmask opvarmes (eventuelt til kogning) og pumpes tilbage til hovedmasken, hvorved temperaturen ændres momentant. Dekoktionsmæskning er mere kompliceret (udstyrs-mæssigt) men giver flere friheder med hensyn til mæskeprogrammet. Ud over den enzymatiske forsukring giver dekoktionsmæskning fordele ved også at tilbyde termisk nedbrydning af stivelsen ved kogning.

Dekoktionsmæskning kan med fordel anvendes, når opskriften er baseret på mange mørkere maltyper, eller hvis der er tvivl om den anvendte malts kvalitet.

En kombination af infusion og dekoktion ses også, hvorved 1-2 opvarmnings/kogetrin på malt og råfrugt er indført, mens resten af opvarmningen sker samlet i mæskekarret.

Uanset mæskningsmetode kan der forud for mæskekarret indføres et *indmæskningstrin*, hvorunder den knuste malt (skråen) blandes med vand. Fordelen ved våd indmæskning er en hurtigere mæskeproces og en opblanding uden klumpdannelse.

Et eksempel på en dobbelt dekoktionsproces kan være som anført her. Opvarmningshastigheder, mængder og holdetider afhænger af udstyr samt af det ønskede mæskeprogram.



Figur 8.1 Eksempel på mæskeprogram.

8.2.3 **Beskrivelse af processen**

Mæskeprocessen kan bestå af følgende tre enzymatiske reaktioner:

- 1) Amylolysen: Omdannelse af stivelse til sukkerstoffer.
- 2) Proteolysen: Omdannelse af proteiner til frie aminosyrer.
- 3) Cytolysen: Nedbrydning af kornets cellevægge.

Proteolysen er stadigvæk anvendt på mange bryghuse i form af en proteinpause i temperaturintervallet 50-55°C, men ellers er denne og cytolysen i dag noget, der primært foregår på malteriet.

Amylolysen foregår i temperaturintervallet 60-72°C. Den enzymatiske nedbrydning sker hovedsageligt via de to enzymer α -amylase og β -amylase.

α -amylasen nedbryder stivelsen til saccharider med 6-7 glucosemolekuler (ikke-forgærbare glucaner og dextriner).

β -amylasen nedbryder stivelsen direkte til forgærbare maltosemolekyler.

β -glucanase nedbryder β -glucan, der ikke kan forgæres, og som har en negativ effekt i sikarret (viskositetsforøgelse).

8.3 **Risikovurdering**

Mæskningen kan afstedkomme følgende kvalitetsmæssige problemer og risici:

- Ufuldstændig stivelsesomsætning (iodpositiv efter afsluttet mæskeprogram)
- Lav forgæringsgrad (sød smag)
- Høj forgæringsgrad (tør smag)
- Utilsigtet smags- og farvepåvirkning i mæskekarret
- Dårlig smagsstabilitet i færdigt øl
- Høj viskositet/problemer i sikarret
- Dårligt skum i det færdige øl

Tabel 8.2 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved mæskningen.

Fejl	Mulig årsag	Korrigerende handling
Ufuldstændig stivelsesomsætning (iodpositiv efter afsluttet mæskeprogram)	Utilstrækkelig koncentration af stivelsesnedbrydende enzymer i råvareblandingen Utilsigtet termisk denaturering af maltzymer For kort mæsketid Klumpdannelse i mæskekarret Grov knusning af stivelsesråvarer	Hvis der anvendes umaltede stivelseskilder i opskriften, reduceres andelen af disse Kogning (forklistring) af tilsat råfrugt Forlænget mæsketid, eventuelt ved lavere temperatur Kraftigere omrøring/sikring af, at alle klumper røres ud Indstilling af kortere valseafstand
Lav forgæringsgrad (sød smag) Høj forgæringsgrad (tør smag)	For høj/for lav mæsketemperatur	Ændre mæskeprogram
Utilsigtet smags- og farvepåvirkning i mæskekarret	Påbrændinger på varmelegemer	Afrensning af varmelegemer
Dårlig smagsstabilitet	Iltning under mæskning Tyk mæsk (øget indhold af polyphenoler) Indhold af umættede fedtsyrer	Se afsnit om iltbelastning Ændret mæsktykkelse Lavere andel af fede råvarer (fx havre, majs)
Lav skumstabilitet i færdigt øl	For høj nedbrydelse af skumstabiliserende proteiner (for langt stop omkring 50°C)	Ændre mæskeprogram (kortere proteinpause)
Høj viskositet/problemer i sikarret	Utilstrækkelig nedbrydelse af β -glucan	Ukorrekt valsning For kort stop omkring 50°C

8.4 Hygiejnisk design/GMP

8.4.1 Design af mæskekar

Mæskekarret kan være konstrueret som kombineret mæske-/sikasikar eller som mæskekar med omrøring og konisk bund.

Mæskekarret bør have en størrelse, der rummer tilstrækkelig mængde råvare til at fremstille en stamurt på 18-20° Plato.

Hvis der anvendes multiple step infusionsmæskning, skal mæskekarret være forsynet med en varmekilde og et røreværk, der er tilstrækkeligt effektivt til at "vende" masken. Opvarmning kan ske med damp/hedtvand, eller med elektrisk varmelegeme. Mæskekarrets varmekilde bør have kapacitet til at opvarme hele mæsken 1°C pr. minut. Er dette ikke muligt, vil det være vanskeligt at udnytte fordelene ved trinvis mæskning, idet sti-

velsesomdannelsen kan være tilendebragt, inden man når den ønskede mæsketemperatur.

Det er vigtigt, at mæskekarret forsynes med et kort afløb med høj lysning til maskpumpen, således at man får et let udløb, også ved tyk mæsk.

8.4.2 Styring af mæskeprocessen

Når der anvendes *single step* mæskning, styres temperaturen i mæskekarret udelukkende ved hjælp af temperaturen på det anvendte mæskevand. I praksis vil man opvarme mæskevandet til en temperatur nogle grader over den ønskede mæsketemperatur, og ved opblanding med den koldere malt vil blandingen stabilisere sig på en given mæsketemperatur. Man vil ofte recirkulere urten under mæskningen, hvilket vil medvirke til at give en ensartet temperatur gennem hele mæskeprocessen. Overdreven cirkulation eller omrøring især i åbne kar kan resultere i uønsket iltoptagelse.

Ved *single step* afslutter man mæskeprocessen (enzymstop) ved at eftergyde med varmt (typisk 78-80°C) vand.

Ved *single step mæskning* er bryggeren helt afhængig af sin erfaring fra tidligere bryg for at kunne lave et ensartet produkt fra gang til gang, og det er nødvendigt at tage hensyn til forhold som fx varierende temperatur af procesudstyr og råvarer.

Ved *trinvis infusionsmæsk* har bryggeren via sin temperaturstyring fuld kontrol over temperaturforløbet i mæskekarret.

Mæskeykkelsen har en vis betydning for enzymaktiviteten og fordelingen mellem α - og β -amylase. Kvalitetsmæssigt er en tynd mæsk (vand/råvare >3,5) optimal, men af procesmæssige hensyn vil man ofte vælge at brygge med en tykkere mæsk.

8.4.3 Styring af pH

pH vil især ved brygning af mørkere øltyper naturligt indstille sig på det for enzymfunktionen optimale 5,4-5,6. Ved brygning med lyse malte kan det være aktuelt at sænke pH med en syre. I konventionelle bryg kan anvendes fosforsyre af levnedsmiddelkvalitet, dette er dog ikke tilladt i økologiske produkter, hvorfor der her anvendes en mælkesyre-kultur fremstillet på basis af uhumlet urt og rå malt.

8.4.4 Hygiejne

Når mæskningen er tilendebragt, og brygget er overført, skylles efter med varmt vand således at karret og rørstrækninger er rene. Vandet kan pumpes til kogekarret eller opsamles til næste bryg (indmæskning).

For at sikre at såvel kar som rør og pumper i bryghuset er uden påbrændinger og belægninger rengøres hele bryganlægget med jævne mellemrum med varm (80°C) lud. Husk også at vaske/skylle låg og aftrækskanaler. Efter denne behandling skylles grundigt med rent vand, inden der brygges på anlægget.

Hvis mæskekarret er forsynet med et indmæskningstrin, hvor malt og vand forblendes, er det afgørende vigtigt, at denne procesdel rengøres grundigt efter hvert bryg idet den er et oplagt sted for mikrobiel vækst.

8.5 Overvågning

Følgende parametre bør måles og kontrolleres for at sikre en korrekt mæskning, se Tabel 8.3.

Tabel 8.3 Relevante overvågningsparametre ved mæskning.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Mæskestykkelse kg vand : kg råvarer	3,0-4,0 (3,5)	Ved opblanding Resultat anføres i bryglog
pH	5,4-5,6	Ved start mæskeprogram og efter eventuelt tilsætning af syre. Resultat og eventuelt tilsat syre/base anføres i bryglog
Reststivelse - iodprøve	Negativ	I slutning af mæskeprogram Resultat anføres i bryglog
Gravity stamurt (Plato, OG)	Ifølge opskrift	Ved fraløb Resultat anføres i bryglog

8.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd ed.

Karl-Ullrich Heyse, *Handbuch der Brauerei-Praxis*, 3. Auflage, 1995

Kursusmanual, Diplombryggerkursus 2008-09, Den Skandinaviske Bryggerhøjskole

9 SIKARARBEJDE

9.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler indvindingen af den i mæskeprocessen dannede opløselige sukker.

9.2 Teknologi- og designbeskrivelse

9.2.1 Formål

Formålet med sikararbejdet er:

- Ekstraktion af sukkerstoffer fra masken
- Klaring/filtrering af urten

9.2.2 Principper for urtfiltrering

Urtfiltrering kan ske ved tre forskellige metoder:

- a) Kombineret mæske/sikar (mash tun)
- b) Separat sikar (lauter tun)
- c) Maskfilter

Kombineret mæske/sikar (mash tun)

Det *kombinerede mæske/sikar* er teknologisk den mest simple metode til urtklaring. Urtklaring foregår her i umiddelbar forlængelse af mæskeprocessen – eventuelt samtidig med denne – og i samme beholder. Urten recirkuleres via beholderens falske bund, eventuelt via en buffertank (underbag).

Fordelene ved mæske/sikarret er, at udstyret er relativt billigt, og at processen er simpel og kan styres manuelt. Ulempen er, at der ikke er mulighed for at afhjælpe dårligt fraløb, hvorfor det er nødvendigt at anvende grovere valset malt (dårligere udbytte), og at det kan være svært at opretholde en tilstrækkelig høj temperatur under klaring.

Separat sikar (lauter tun)

Det separate *sikar* er den mest almindeligt anvendte teknik til urtseparering. Ved klaring i denne overføres hele mæsken til beholderen, som – ud over falsk bund – normalt også er forsynet med roterende knive til afhjælpning af langsomt fraløb. Dette muliggør anvendelse af finere formalet malt, hvilket sammen med omrøringen giver et bedre udbytte af ekstrakt. Ulempen ved separat sikar er højere udstyrsomkostninger og nødvendigheden af en vis grad af automation.

Maskfilter

Fordelen ved *Maskfilteret* er, at man kan anvende fintformalet malt, og derved opnå et højere udbytte. Maskfilteret anvendes udelukkende i store bryggerier og beskrives derfor ikke yderligere her.

9.2.3 Beskrivelse af processen

Sikararbejdet består af følgende delprocesser:

1. Fyldning (ikke ved mæske/sikar)
2. Klaring
3. Fraløb
4. Gydning (sparging)
5. Tømning

I det kombinerede mæske/sikar foregår processen ved, at ølurten klares som en del af mæskeprocessen enten under eller efter mæskeprogrammet, indtil fraløbet vurderes at være tilstrækkelig klart.

Efter klaring løber urten enten til en buffertank (underbag) eller direkte i urtkedlen. Efter fraløb af stamurten eftergydes med varmt vand, indtil den ønskede mængde ekstrakt er opsamlet i urtkedlen.

Ved klaring i sikar overføres hele indholdet af mæskekarret (mæsken) til sikarret, eventuelt under omrøring med sikarrets knive.

Recirkulering startes, så snart hele mæsken er overført, og der foretages eventuelt en underskylning under den falske bund.

Når urten er klaret tilfredsstillende, aktiveres fraløb til urtkedelen, og eftergydning påbegyndes, når væskeoverfladen når overfladen af masken.

Der eftergydes typisk 2-3 gange, indtil den ønskede ekstraktmængde er overført til urtkedel.

Sikarret tømmes enten ved håndkraft eller ved hjælp af røreværkets plov.

9.3 Risikovurdering

Urten kan utilsigtet iltes under fyldning af sikarret (ovenfra) eller på grund af turbulens under recirkulering.

En utilstrækkelig klaring af urten kan ske ved uensartet fordeling af filterkage og kanal-dannelser.

Ved sparging med vand af for høj temperatur kan udvaskes bitterstoffer, der resulterer i uønsket afsmag i øllet.

Tabel 9.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved sikararbejdet.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Iltning – utilsigtet dannelse af oxidationsprodukter i urten	Fyldning af sikarret fra oven (plaskning) Turbulens/rivning under recirkulering	Flytning af fyldningsindløb til karrets bund Ændre pumpe- eller dysekonfiguration
Utilstrækkelig klaring	For kort tids recirkulering For tynd filterkage Uensartet fordeling af filterkage/kanaldannelse Udvaskning af ophobet materiale under sibund Uklarhed forårsaget af kørsel med plovskær	Forlænge klaringsprogram Øget bygmalt/skalmængde i opskrift Kørsel med plovskær under sparging og eventuelt under fyldning Underskylning under recirkulering Recirkulering ved kørsel med plovskær
Afsmag/fejlsmag	Utilstrækkelig rengøring Spargetemperatur > 78°C (udvaskning af uomsat stivelse/bitterstoffer m.m.)	Afmontering af sibund og rengøring af kar Gydning med 76-78°C vand

9.4 GMP

9.4.1 Design af sikar

Sikarret kan være konstrueret som kombineret mæske/sikar (mash tun) eller som separat sikar med falsk bund.

Uanset klaringsmetode er det vigtigt, at den falske bund er konstrueret, så den relativt nemt kan afmonteres for lejlighedsvis rengøring under denne.

Perforeringen kan udføres som huller eller spalter, og bør udgøre 10-12% af bundens overflade. Såfremt sikarret er forsynet med en urtpumpe, er det vigtigt, at hastigheden på denne kan reguleres.

9.4.2 Styring af sikarprocessen

Der er flere faktorer, som udgør en risiko for, at urtsepareringen ikke forløber tilfredsstillende:

Maltens formalingsgrad

Det er vigtigt, at have god kontrol over sin maltmølle (se afsnit møllearbejdet), idet en malt med for få grove skaldele vil give langsom gennemløb i klaringsprocessen.

Temperatur i sikarret

Det er vigtigt for gennemløbshastigheden, at temperaturen i sikarret bevares så høj som mulig under hensyntagen til den ønskede ekstraktionstemperatur (78°C). Det er derfor hensigtsmæssigt, at der foretages et forskyl af sikarret med varmt vand, inden dette fyldes.

Differenstryk

Så længe masken er opslemmet i vand, vil opdriften sørge for, at masken ikke ”brænder sammen” og skaber en barriere mod sibunden, som hindrer et godt gennemløb. Det er derfor vigtigt at styre væskenniveauet i sikarret, således at dette til stadighed ligger højere end filterkagen, og derved hindre, at der dannes vakuum/tomrum under masklaget og kanaler i filterkagen. Dette gøres bedst ved at lade differenstrykket over urtpumpen styre pumpens hastighed, således at denne nedsættes ved langsommere gennemløb.

9.4.3 Hygiejne

Sikarret er den del af bryghuset, der gemmer på flest ”døde” kroge, som kan være svære at nå ved en CIP-rengøring. Det er derfor vigtigt, at der jævnligt udføres en manuel rengøring f.eks. under sibund (bunden afmonteres), af stigrør der skal forhindre vakuum under sibund, og af returrør/urtpumpe.

9.5 Overvågning

Tabel 9.2 Relevante overvågningsparametre ved sikararbejdet.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Formalingsgrad	Se afsnit møllearbejdet	
Differenstryk	Udstyrsafhængig	Løbende under klaring
Gravity stamurt(Plato, OG)	Iflg. opskrift	Ved fraløb Resultat anføres i bryglog
Gravity kavent (Plato, OG)	> 2% plato	Resultat anføres i bryglog

9.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd ed.

Karl-Ullrich Heyse, *Handbuch der Brauerei-Praxis*, 3. udgave, 1995.

Kursusmanual, Diplombryggerkursus 2008-09, Den Skandinaviske Bryggerhøjskole

10 URKOGNING

10.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler kogning af den fremstillede urt med smagsgivere og hjælpermidler, samt adskillelse og udfældning af humle/krydderier fra den kogte urt.

10.2 Teknologi- og designbeskrivelse

10.2.1 Formål

Formålet med kogning af urten er:

- a) Udtræk og omdannelse af bitterstoffer fra humle.
- b) Termisk denaturering og udfældning af opløste proteinstoffer.
- c) Afdampning af vand (opkoncentrering).
- d) Afdampning af svovlforbindelser (dimetylsulfid – DMS og precursoren dimetylsulfid - DMSO).
- e) Sterilisering af urt.
- f) Denaturering af enzymer ("fiksering").
- g) Dannelse af reductoner (phenoler).

10.2.2 Teknologi

Kogeprocessen foregår i en beholder med aftræk eller en åben gryde, således at damp og andre flygtige stoffer fjernes under kogningen.

Det bør være muligt – med den til rådighed værende varme – at opnå en fordampning på 4-8% pr. times kogning. Det må sikres, at damp ikke kondenserer i aftrækssystemet og løber tilbage til kedlen, da dette vil resultere i, at svovlforbindelser bliver ført tilbage til urten.

I det mindre bryggeri kan anvendes følgende kogesystemer. (Fordele og ulemper for de forskellige designvalg er kort anført):

- Opvarmning med dampkappe (simpelt, men kræver et damp- og kondensatanlæg)
- Direkte opvarmning med gasflamme (simpelt, men foranstaltninger mod brandfare skal tages)
- Opvarmning med elektrisk varmelegeme (simpelt, men dyrt i el)
- Kogning med indvendig rørvarmeveksler (jetkogning) (teknisk kompliceret kedel)
- Kogning med ekstern rørvarmeveksler (investering i varmeveksler og pumpesystem)

Kogetiden vil normalt være afhængig af, hvor meget urten skal inddampes. Omdannelse af bitterstoffer samt afdampning af svovlkomponenter vil dog sætte en nedre grænse for kogetiden.

Kogningen resulterer i dannelse af et vist bundfald (hot break), som bør fjernes inden pumpning til fermenteringstank på grund af negativ effekt på øllets smag. Såfremt bryggeriet har en whirlpool efter kedlen, vil hot break samles som en konus i midten af whirlpoolen og kan herved separeres fra den kogte urt. Sediment fra humleblomster kan mindskes ved, at humle tilsættes via en humlesi og dertil hørende cirkulation over urt-kedlen.

10.3 Risikovurdering

Tabel 10.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved urtkogning.

Problem / konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Mørkfærvning af urt Afvigende udseende	Overdreven varmetilførsel (vejledende mørkfærvning 1,5 EBC pr. times kogning) Påbrændinger på varmeplader	Justere kogetid Justere kogeintensitet Rense varmeplader
Utilsigtet smagspåvirkning under kogning Utilsigtet karamelsmag Brændt smag	Karamel- eller brændte belægninger på varmeplader	Rense varmeplader
Utilstrækkelig isomerisering af humle Manglende bittersmag Nedsat holdbarhed	Lav pH Utilstrækkelig kogeintensitet	Justere pH Justere kogeintensitet Justere kogetid Justere humletilsætning
Utilstrækkelig afdampning af DMS og DMSO Off-flavours (svovl)	Utilstrækkelig kogeintensitet Kort kogeperiode Tilbageløb af kondensat	Justere kogeintensitet Justere kogetid Kontrollere kondensat afløb
Utilstrækkelig koagulering og udfældning af proteiner Dårlig smagsstabilitet Uklart øl Lav forgæringsgrad	Lav humletilsætning Høj pH "Rivning" af urten i pumper og rør	Justere humletilsætning Justere pH (optimum ca. 5,2) Justere pumpeintensitet Kontrollere urtledning for indsnævring, fx udfældet kalkaflejringer

10.4 GMP

10.4.1 Design

En traditionel urtkoger uden vacuum eller overtryk bør konstrueres, således at der kan afdampes 4-8% af urtmængden i løbet af en times kogning. Dette sikrer en effektiv fjernelse af smagsødelæggende flygtige stoffer.

Ved en konstruktion med elektriske varmelegemer er der stor risiko for påbrænding, og derfor er det vigtigt, at konstruktionen giver let adgang til rengøring af disse.

Ved en kedelkonstruktion med dampkappe skal kappen forsynes med et damptryk på 2-3 baro, svarende til en damptemperatur på 133-144°C.

Kogekarret skal have en udformning, så det sikres, at den afdampede væske ikke efter kondensering løber tilbage i kedelen igen (afløb for kondensat fra aftræk er nødvendig).

I konstruktion og styring af en whirlpool, skal følgende forhold tilsigtes:

- Ingen ujævnheder såsom følerlommer og baffelplader. Urten pumpes tangentialt ind i whirlpoolen, dvs. langs med whirlpoolens væg. Når pumpen slukker, vil urtens flow i whirlpoolen resultere i, at hot break samles i midten af tanken
- Klaret urt aftages fra et udtag ved whirlpoolens væg, tilpas langsomt, således at hot break keglen ikke nedbrydes
- Opsamling af hot break kan eventuelt hjælpes ved en fordybning i midten af whirlpoolen
- Hot break indeholder en del sukkerrester (på grund af det høje vandindhold) og kan eventuelt ledes tilbage til bryghuset eller til affald med spent grains fra sikarret

10.4.2 Styring af kogeprocessen

Det er vigtigt, at urten som minimum periodevis under kogningen kommer i en tilstand af intensiv kogning.

Damptrykket fra luften samt væsketrykket inde i kedlen har indflydelse på kogepunktet, og varmetilførslen må derfor justeres hertil for at opnå den ønskede kogning og afdampning. Der bør tilstræbes en ensartet afdampningsandel fra bryg til bryg, således at urtstyrken er konstant fra gang til gang.

Det bør sikres, at urten er af kog, inden den pumpes til whirlpool, da der ellers kan ske kavitation i pumpen, med deraf følgende rivning og ødelæggelse af trubflager.

10.4.3 Tilsætning af smagsgivere og hjælpestoffer

Humletilsætning:

- Tidlig humletilsætning (50-60 minutters kogning) er afgørende for isomerisering af α -syre og udfældning af proteinstoffer samt for tilføring af polyphenoler (reduktio-ner), der forbedrer smagsstabiliteten af det færdige øl

- Der kan vælges mellem hel humle (kopper) , humle pellets, humle ekstrakt og isomeriseret humle. Procesudstyret vil være afgørende for dette valg

Klaringsmidler såsom carraghenan og irish moss tilsættes typisk i den sidste del af kogningen for at forbedre udfældningen af koagulerede proteiner.

Krydderier, honning og andre smagsgivere kan tilføre flygtige smagsstoffer, som let forsvinder under kogning. Disse vil derfor ofte blive tilsat i sidste del af kogningen eller efter endt kogning.

Indstilling af pH kan foretages ved tilsætning af mælkesyrekultur eller fosforsyre. pH 5,1-5,2 angives normalt som det optimale pH-niveau i starten af gæringen.

Syretilsætning i starten af kogeprocessen siges at give en lidt ”finere” bittersmag fra humlen, men går til gengæld ud over isomeriseringen af α -syre, hvorfor der skal doseres lidt mere humle for at opnå den tilsigtede bitterhed.

10.4.4 Hygiejne

For at sikre at såvel kar som rør og pumper i bryghuset er uden påbrændinger og belægninger, behandles hele bryghuset med jævne mellemrum med varm (kogende) lud eller syre. Husk også at vaske/skylle låg og aftrækskanaler.

Efter denne behandling skylles grundigt med rent vand, inden der brygges på anlægget.

10.5 Overvågning

Inden kogning måles pH og justeres eventuelt for at opnå korrekt isomerisering af alfa-syrer og for udskillelse af hot break.

Massefylde af urten måles løbende under kogningen for at kontrollere, at fordampningen og kogeintensitet er tilpas.

Ekstraktindhold i endelig urt og volumen noteres af hensyn til beregning af bryghusudbyttet.

Urtens klarhed vurderes visuelt, dette kan foretages i forbindelse med måling af ekstraktindholdet.

10.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

Karl-Ullrich Heyse, *Handbuch der Brauerei-Praxis*, 3. Auflage, 1995

Kursusmanual, Diplombryggerkursus 2008-09, Den Skandinaviske Bryggerhøjskole

11 ILTOPTAGELSE I BRYGHUSET

11.1 Proceidentifikation

Dette afsnit beskriver de forhold, hvorunder der sker iltoptagelse – bevidst eller ubevidst – i bryghuset og konsekvenserne heraf, samt de mulige handlinger og tiltag til minimering af iltoptagelse i bryghuset.

11.2 Iltning/oxidering

Langt størstedelen af iltoptagelsen i forbindelse med den totale brygprocedure – herunder den del der udelukkende har med bryghuset at gøre – må i første omgang betragtes som værende uønsket ud fra en GMP-mæssig betragtning.

Dette skyldes iltens evne til at gå i kemisk forbindelse med et stof (oxidation), hvorved der sker en nedbrydning af stoffet. I praksis opleves dette som smags- og aromatab/ændring i det færdige produkt, men også faktorer som holdbarhed/Shelf life (der falder) og ikke mindst farven på færdigvaren (der øges på grund af Maillard-reaktionen) påvirkes af oxidering.

I det følgende anvendes termen ”iltning” som dækkende for iltoptagelse/tilførsel af ilt, samt ”oxidering” som dækkende for reaktionen/effekten af iltningen.

11.3 Risikovurdering

Kvalitetsmæssig risikovurdering i relation til de enkelte procestrin i bryghuset:

11.3.1 Valsning

I forbindelse med valsningen af malten/kornet, øges iltningen af malten/kornet betragteligt, hvilket bl.a. betyder accelereret tab af smags- og aromastoffer, men også de naturligt forekommende fedtsyrer i malten/kornet udsættes for øget oxidation (harskning). Hvorvidt enzymerne i basismaltene også påvirkes af oxidering, savnes der indtil videre reel dokumentation for, men må anses for plausibelt.

11.3.2 Indmæskning

Ved introduktionen af malten/kornet til mæskevandet er der øget risiko for iltning, alt afhængigt af indmæskningsmetoden grundet den fysiske påvirkning ved sammenblandingen.

Risikoen for oxidation øges endvidere af temperaturen (HSA = Hot Side Aeration), i dette tilfælde på indmæskningsvandet, hvor begrebet ”øget temperatur – øger risikoen for oxidation” gør sig gældende.

11.3.3 Mæskning

Alt afhængig af den anvendte mæskemetode og konstruktionen af mæskekarret kan iltningen af mæsken være forskellig, med eventuel øget risiko for oxidering af urten.

Dekoktionsmæskning (Decoction mashing), hvor en del af mæsken fjernes fra mæskekarret og senere, efter opvarmning og kogning, tilføjes igen, må i den henseende anses for at have størst risiko for oxidering af mæsken.

Endvidere vil en eventuel omrøring eller recirkulation (HERMS = Heat Exchange Recirculating Mash System & RIMS = Recirculating Infusion Mash System) af mæsken kunne bidrage til øget iltning, med baggrund i den øgede fysiske påvirkning af mæsken.

11.3.4 Transport af mæsk til sikar

Såfremt mæsken efter endt mæskning skal overføres til et separat sikar, øges risikoen for iltning af mæsken.

Denne transport af mæsk sker typisk ved hjælp af anvendelse af pumpe, hvor blot den øgede fysiske påvirkning af mæsken indebærer øget risiko, men også hastigheden hvorved mæsktransporten foregår. Ved højere hastigheder er der øget risiko for kavitation i pumpehuset og/eller turbulens i rørføringer, hvorved iltningen øges betragteligt.

Endvidere er selve afleveringen af mæsken i sikarret forbundet med risiko for øget iltning, hvor en ældre metode med tilførsel fra toppen af sikarret, hvor mæsken falder direkte ned på bunden af sikarret, er forbundet med kraftig iltning af mæsken.

11.3.5 Sining og eftergydning

I forbindelse med siarbejdet opstår risikoen for iltning i forbindelse med recirkulation i starten af urtfraløbet og i forbindelse selve urtfraløbet.

Recirkulationen af urten med henblik på at "sætte" mæsken og klare urten sker typisk ved hjælp af pumpe, hvor de under afsnit 10.3.4. nævnte forhold gør sig gældende. Endvidere er returneringen af den "uklare urt" til mæsken også forbundet med øget risiko for iltning af mæsken.

Alt afhængig af sikarskonstruktionen, er der ved urtfraløbet øget risiko for iltning, såfremt dette sker under større fysisk påvirkning, som fx ukontrollerede fald fra stor højde hvad enten dette sker i fri luft eller i lukkede rørsystemer.

11.3.6 Transport af urt til urtkedel

Samme forhold som nævnt under afsnit 10.3.4. gør sig gældende ved transport af urt til urtkedlen.

11.3.7 Urtkogning

Selve urtkogningen er forbundet med lav risiko for iltning, idet kogningen i sig selv udskiller ilten fra urten, hvilket modarbejder en eventuel iltning.

Dog kan en urtkedelkonstruktion med omrøring, der har til hensigt at imødegå karamelisering grundet for hastig/kraftig eller ujævn opvarmning, ske ved en sådan fysisk kraft at der er risiko for iltning.

11.3.8 Transport af urt til whirlpool

Samme forhold som nævnt under afsnit 10.3.4. gør sig gældende ved transport af urt til whirlpool.

Dog er de i afsnit 10.3.4. nævnte risici ret så markante, da en hensigtsmæssig anvendelse af whirlpoolen indebærer høj pumpehastighed (højt urtflow) og ikke mindst ved selve afleveringen af den kogende urt i whirlpoolen, der typisk sker ved en tangentielt monteret rørføring.

Såfremt brygsystemet formår at opretholde en tilstrækkelig høj temperatur på urten under og efter overførslen til whirlpoolen (tæt på kogepunktet), modvirkes iltningen dog af den høje temperatur som nævnt under afsnit 10.3.7.

11.3.9 Whirlpool

Urtopbevaring i whirlpool bidrager ved korrekt anvendelse, ikke med iltningens risici.

11.3.10 Transport af urt til nedsvaling

Samme forhold som nævnt under afsnit 10.3.4. gør sig gældende ved transport af urt til nedsvaling.

11.3.11 Nedsvaling

Uhensigtsmæssig iltning af urten i forbindelse med nedsvalingen begrænser sig til nedsvalingskonstruktioner, hvor nedsvalingen sker med en utilstrækkelig hastighed i forhold til tid. Der er i så fald tale om defekt varmeveksler herunder utætheder i samme, utilstrækkelig tilførsel af kølemedie eller forældet udstyr som berislingskøler, hvor urten under nedsvaling eksponeres for luft i det fri.

Dog kan en nedsvalingskonstruktion, hvor urten bevidst beluftes (iltes med ren oxygen eller steril luft) umiddelbart inden tilførsel til varmeveksler, muligvis øge risikoen for oxidering på trods af den korte eksponeringstid inden nedsvaling, men der savnes dokumentation herfor.

11.4 Hygiejnisk design/GMP

Tiltag og fokuspunkter til minimering af iltoptagelse i bryghuset:

11.4.1 Valsning

Det bør tilstræbes, at valsningen foregår umiddelbart inden anvendelsen – i praksis maksimalt 24 timer før, medmindre det valsede malt/korn opbevares under iltfattige forhold.

Der savnes dog dokumentation for tidsfaktoren i denne forbindelse, hvorfor ovenstående indtil videre må betragtes som god praksis.

11.4.2 Indmæskning

Sammenblandingen af mæskevand og malt/korn bør foregå under mindst mulig fysisk påvirkning. I praksis betyder dette, at malten/kornet tilføres umiddelbart over mæskevandet, således at plask fra stor højde minimeres.

Endvidere bør en eventuel omrøring ske i et sådant tempo, at mæsken ikke unødigt plaskes.

11.4.3 Mæskning

Det tilstræbes at behandle mæsken så skånsomt som muligt, gennem minimering af fysisk påvirkning.

I praksis ved at en eventuel omrøring sker i et sådan tempo, at mæsken ikke unødigt plaskes, samt at en given recirkulering (HERMS & RIMS system) foregår mest skånsomt ved dels at tilpasse pumpehastigheden samt sikre, at returneringen af mæsken til mæskekarret foregår under mæskoverfladen.

11.4.4 Transport af mæsk til sikar

Det skal tilstræbes at afpasse pumpehastigheden (mæskflowet), således at kavitation og/eller turbulens undgås, samt at afleveringen af mæsken til sikarret foregår fra bunden.

11.4.5 Sining og eftergydning

Recirkulationen bør foregå langsomt (også af andre hensyn), således at eventuel kavitation og/eller turbulens af urten begrænses. Ligeledes skal urten returneres til mæskekarret under mæskoverfladen.

Urtfraløbet skal ske så kontrolleret som muligt, hvor plask med urten begrænses mest muligt. Eventuelt kan urtfraløbet simpelt kontrolleres (differenstrykket) ved hjælp af et "U-formet" rør (Svanehal). Foregår urtopsamlingen ved hjælp af en buffertank eller lignende, skal udløbet placeres så tæt på bunden som muligt.

Anvendes der omrøring af mæsken under siningen, tilpasses hastigheden på knivene således at plask undgås.

11.4.6 Transport af urt til urtkedel

Det skal tilstræbes at afpasse pumpehastigheden (urtflowet), således at kavitation og/eller turbulens undgås, samt at afleveringen af urten til kogekedlen foregår fra bunden.

11.4.7 Urtkogningen

Anvendes der omrøring af urten under kogningen, tilpasses hastigheden, således at plask undgås.

11.4.8 Transport af urt til whirlpool

Det skal tilstræbes at afpasse pumpehastigheden (urtflowet), således at kavitation og/eller turbulens undgås, samt at afleveringen af urten til whirlpoolen foregår så tæt på bunden som muligt.

11.4.9 Whirlpool

Intet at bemærke ved korrekt anvendelse.

11.4.10 Transport af urt til nedsvaling

Det skal tilstræbes at afpasse pumpehastigheden (urtflowet), således at kavitation og/eller turbulens undgås.

11.4.11 Nedsvaling

Da risikoen for oxidering (HSA - Hot Side Aeration) er større, jo højere temperaturen er, bør det tilstræbes, at den varme urt hurtigst muligt bringes under 25°C, der anses for grænsen for HSA.

Beluftning af urten skal foretages efter nedsvalingen og bør udføres ved temperaturer, der er under 25°C.

11.5 Overvågning

Uhensigtsmæssig tilførsel af ilt i bryghuset kan konstateres ved en eller flere af følgende parametre:

- Færdigvaren udviser efter kortere eller længere tids opbevaring smag/aroma, der minder om pap (våd pap) og/eller får udpræget vinøs karakter (sherry/portvin)
- Farven på dels urten og dels færdigvaren, er mørkere end forventet

Ovennævnte karakteristika tiltager proportionalt i styrke med oxidationsgraden.

Da farveændringen i forbindelse med oxidering indtræder relativt hurtigt, kan denne parameter anvendes som simpel indikation af iltningniveauet i bryghuset.

Et miniskalaforsøg (fx et 5 liters batchforsøg) udføres efter nøjagtig samme recept som stor-skala brygget. Efterfølgende sammenlignes urten visuelt for markant farveforskel. Konstateres der markant farveforskel (miniskalaforsøget er markant lysere end storskalabrygget), kan det indikere en større eller mindre iltning i bryghuset.

Det er væsentligt at bemærke, at flere faktorer påvirker urtfarven, hvorfor denne simple test kun må anvendes som vejledende.

Endelig kan oxidationssymptomer på færdigvaren ikke i første omgang isoleres til "Ilt-optagelsen i bryghuset".

11.6 Litteratur

Michael J. Lewis and Tom W. Young, *Brewing*, ISBN 0-306-47274-0

John Fraser, *RIMS brewing*, <http://rims-brewing.tripod.com>

Dennis Collins, *HERMS*, <http://sdcollins.home.mindspring.com/HERMS.html>

Analytica EBC – Manuals of Good Practice, European Brewery Convention

Mash separation systems, <http://www.ibd.org.uk/igbsite/business/training/files/Timscourses/Tech%20summ.%20Feb%2003.pdf>

Oxidering, <http://da.wikipedia.org/wiki/Oxidering>

Maillard reaction, http://en.wikipedia.org/wiki/Maillard_reaction

Decoction Mashing, <http://www.strandbrewers.org/techinfo/decoct1.htm>

The Hot Side debate (HSA), <http://byo.com/mrwizard/752.html>

12 NEDSVALING

12.1 Proceidentifikation

Nedsvalingen har til formål at nedkøle urten efter kogning, således at man hurtigst muligt når en temperatur passende for gærpåsætningen.

Under nedsvalingen og indtil gæringen er i gang, er urten meget modtagelig for infektion. Det er derfor vigtigt at foretage nedsvalingen så hurtig som muligt og med god hygiejne for øje.

12.2 Teknologi- og designbeskrivelse

I dag foregår nedsvalingen normalt i en pladekøler, der er indbygget i rørføringen mellem urtkedel/whirlpool og gærkar/tank. Urten nedkøles i modstrøm med kølevandet og kan derved køles ned til et par grader over kølevandets indgangstemperatur. Ofte er der efter køleren indbygget en beluftningsanordning. På større bryggerier kan der også være indbygget en anordning til fjernelse af cold break.

Pladekøleren kan enten være udformet som et-trins, hvor kølingen foregår med koldt (eventuelt afkølet) vand, eller som to-trins, hvor det første trin afkøles med vand, og det næste afkøles med glykol. Designet afhænger af, hvor kold urten skal være til slut. Væsken, der anvendes til køling, skal være minimum 3°C under den ønskede sluttemperatur. Det opvarmede kølevand (ca. 80°C) kan opsamles og anvendes efterfølgende i næste bryg.

For at kontrollere urtens temperatur når den forlader pladekøleren, bør der være et termometer på kølerens afgangsside. Dette kan eventuelt via en styring være med til at styre urtflowet eller kølemidlet, således at den ønskede afgangstemperatur kan holdes automatisk.

Af andre nedsvalingsmetoder kan nævnes nedsvalingskar, som blev brugt i gamle dage, og andre åbne anordninger, hvor urten er i kontakt med luften under nedkølingen. Ingen af disse kan anbefales på grund af risikoen for infektion.

12.3 Risikovurdering

Under nedsvalingen er der stor risiko for infektion. Ikke mindst i temperaturintervallet 40-20°C, hvor bakterier kan overleve og formere sig. Pladekøleren skal designes, således at effektiv rengøring og kontrol heraf er mulig.

Tabel 12.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved nedsvaling.

Problem / Konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Urtens temperatur er for høj efter nedkøling	Køletemperatur er for høj/køleflow er for lille	Justering af flow eller temperatur om muligt
	Fouling af pladevarmeveksleren på urt eller kølesiden	Fjerne aflejringer (CIP), inspicere varmeveksler
Urten er inficeret	(Kold) urt er inficeret af kølevandet	Inspicere varmeveksler, fjerne utætheder, efterspænde
	Urt er inficeret ved indtrængning af luft efter nedsvaling	Inspicere eventuelle samlinger, efterspænde
	Urtledningen efter varmeveksler er inficeret (biofilm)	CIP, eller i værste fald ny rørføring ved for meget aflejring

12.4 Hygiejnisk design

Pladekølerens udformning er vigtig set fra et hygiejnesynspunkt. De mange samlinger og kroge gør rengøring og kontrol af rengøringen vanskelig. Det er derfor vigtigt, at anlægget designes, således at er muligt at gøre rent så effektivt som muligt, og at ens rengøringsrutiner optimeres med hensyn til rengøring af pladekøleren. Effektiv fjernelse af hot break i whirlpoolen bidrager også til, at risikoen for aflejringer i køleren nedsættes.

Rengøringsplanen vil afhænge af, hvor længe der er mellem hvert bryg (daglig/-ugentlig). En rengøringsplan for pladekøleren og rørføring frem til fermenter kan eventuelt se således ud:

1. Alkalisk CIP afsluttet med desinfektion efter hver gang køleren har været i brug.
2. Desinfektion umiddelbart før køleren skal bruges igen, enten kemisk eller med damp.
3. En gang om ugen CIP med syre for at undgå opbygning af ølsten.

Trykket på urtsiden bør være højere end på kølesiden for at undgå indtrængning af kølevand i urten i tilfælde af lækage.

En afkalkning af kølevandssiden af pladekøleren kan også være nødvendig og skal foretages efter behov. Opbygning af kalk på kølesiden nedsætter pladekølerens effektivitet, men er ikke nogen direkte risiko for øllets kvalitet.

12.5 Overvågning

Kontrol af rengøringen af pladekøleren er meget vanskelig. Køleren skal skilles ad og plader og pakninger inspiceres i henhold til leverandørens anvisninger, fx én gang årligt. Hyppig adskillelse og samling af en pladevarmeveksler er tidskrævende og giver risiko for beskadigelse af plader. Et forøget trykfald over pladevarmeveksleren vil indikere opbygning af aflejringer og kan anvendes som daglig kontrol af kølerens stand.

Efterhånden som ATP-måleapparater bliver billigere, vil de nok finde vej til mikrobryggerierne, og man vil muligvis kunne udtænke en metode til kontrol af rengøringen af pladekøleren. En mikrobiologisk prøve kan i alle tilfælde tages af sidste skyllevand efter rengøring. Prøven analyseres for mikrobiologi enten ved traditionel udsåning på agarplader eller ved hurtigmetoder (ATP).

12.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd ed.

Ted Goldhammer (1999), *The Brewers' Handbook*, KVP Publishers

13 BELUFTNING

13.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler beluftning af nedsvalet urt fra bryghus.

13.2 Teknologi- og designbeskrivelse

13.2.1 Formål

Gæren har brug for ilt for at opformere sig i den første del af gæringsfasen. Uden tilstrækkelig ilt vil der ikke blive dannet det tilstrækkelige antal gærceller, og der er risiko for, at anaerobe bakterier udkonkurrerer gæren.

13.2.2 Metoder

Urten beluftes med komprimeret luft eller eventuelt ren ilt fra en trykcyylinder. I det efterfølgende anvendes ordet ”luft” for ”komprimeret luft eller ren ilt”. Iltens opløsning i urten kan lettes af en statisk mixer i urtledningen eller af injektorer/dyser, der forøger overfladen mellem luft og urt. Gæren tilsættes efter mixer/dyser for at mindske den fysiske stresspåvirkning af gæren.

Luft kan evt. direkte tilføjes gæringstanken gennem tankens bundventil i tilfælde af utilstrækkelig beluftning.

13.2.3 Beskrivelse af processerne

Beluftning og mixing i urtledning

Luft injiceres i urten, efter at den er blevet nedsvalet til den ønskede gæringstemperatur. Iltens opløsning lettes ved at findele boblerne, hvorved den samlede overflade af luftboblerne forøges væsentligt, samt ved at skabe turbulent flow i urten. Følgende elementer anvendes ofte hertil:

Statisk mixer

En statisk mixer består af en rørstykke, hvori er indsat et antal vinklede metalplader. Metalpladerne tvinger urten til gentagne gange at skifte retning over rørstykket og skaber derved en effektiv turbulent strømning. En statisk mixer har ingen bevægelige dele og kræver ingen særlig vedligeholdelse ud over CIP sammen med urtledningen.

Venturidyser

I en venturidyse indsnævres rørdiameteren over et kort rørstykke og udvides derefter igen, hvorved der skabes et turbulent flow efter indsnævringen. Luft injiceres umiddelbart før indsnævringen, hvorved den turbulente strømning letter opløsningen af ilt. Venturidyser har ingen bevægelige dele. Hvis venturidysen er monteret med flanger, er der potentielt risiko for infektion ved pakningerne, hvis disse ikke vedligeholdes eller er af forkert udformning.

Keramiske eller sintret metalstænger

Stænger af keramisk materiale eller sintret metal har en porøs struktur, hvorved luften findeles til særdeles små bobler, når den pumpes ind i urten. Den samlet set store overflade af de små bobler sikrer en effektiv opløsning af ilt. Candles af denne type har dog en ulempe ved, at de kan være svære at rengøre og holde fri for infektion af mikroorganismer.

Beluftning i tank

I tilfælde af at ilttilførslen har været utilstrækkelig, kan fermenteringen eventuelt igangsættes ved at tilføre ekstra luft direkte i tanken gennem bundventilen ved hjælp af et ”candle”, der er påsvejst et kort rørstykke.

Iltens opløselighed i urt

Iltens opløselighed i væske afhænger af temperaturen, tryk og væskens sammensætning generelt. Ved 0°C og 1 atm kan opløses 0,07 g ilt pr. kg vand, hvilket ca. svarer til 30 l atmosfærisk luft pr. hl urt.

13.3 Risikovurdering

Tilførsel af uønskede mikroorganismer ved beluftningen er et væsentligt kvalitetsmæssigt problem, da det potentielt kan ødelægge gæringsprocessen, således at øllets kvalitet (pH, smag, lugt, karakter) tager uoprettelig skade.

Utilstrækkelig beluftning af urten kan resultere i utilstrækkelig gærvækst og forlænget fermenteringstid.

Tabel 13.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved beluftning.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Infektion i fermenteringstank	Infektion via komprimeret luft eller ilt fra trykbeholder	Kontrollere og sterilisere sterilfilter i luftstrømmen
	Infektion via urtledning efter nedsvaling	CIP af urtledning Fjernelse af kalk eller belægninger i urtledningen
Manglende/langsom fermentering	Utilstrækkelig beluftning af urten	Beluftning direkte i fermenteringstanken Forøge beluftningen i urtledningen
	Utilstrækkelig opløsning af ilt i urten	Kontrollere procesbetingelser (tryk, etc.) for venturi eller andet udstyr

13.4 Hygiejnisk design/GMP

Rørstrækningen mellem urnedsvalingen og gæringstankene må effektivt kunne rengøres og steriliseres ved CIP. Kalk og belægninger i urtledningen kan være grobund for infektioner og må undgås.

”Candles” eller andet udtageligt udstyr må effektivt rengøres og opbevares i fx klorholdigt rengøringsvæske, når det ikke anvendes.

Tilførsel af komprimeret luft eller ilt fra trykbeholder bør ske gennem et sterilfilter for at undgå infektion. Filteret bør kunne dampsteriliseres.

Såfremt der anvendes komprimeret luft, bør det sikres, at luften ikke er forurenset med olie fra kompressoren. Oliefri skruekompressorer er effektive, men dyre.

13.5 Overvågning

Mængden af tilført luft bør kontrolleres, således at der tilsættes den tilstrækkelige mængde ilt.

13.6 Referencer

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

14 PROPAGERING

14.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler opformering af gær leveret fra kommerciel leverandør, til en mængde, der er tilstrækkelig til et bryg.

14.2 Teknologi- og designbeskrivelse

14.2.1 Formål

Formålet med propageringen er at:

- a) opformere en tilsendt mængde gær (ca. 100 ml) til en mængde, der er tilstrækkelig til et bryg.
- b) konditionere propageringsøllet, så det er i sit mest aktive stade.

14.2.2 Metoder

Påsætning af ny gær kan ske efter følgende metoder:

- a) Påsætning af tilstrækkelig tørgær.
- b) Påsætning af tilstrækkelig flydende gær leveret direkte fra gærproducenten.
- c) Påsætning af gær propageret fra en mindre foliepakke (ca. 100 ml).

Metoderne a) og b) er normalt problemfrie, men øl brygget med tørgær kan have en afvigende smag sammenlignet med øl brygget med normal påsætningsgær. Flydende gær til 10-20 hl urt koster typisk godt et par tusinde kr.

Kun metode c) beskrives nedenfor.

14.2.3 Beskrivelse af processen

Propagering i et mikrobryggeri består i en batchvis opformering af gæren, hvor målet er at kunne tilsætte 5-30 mio. gærceller/ml til en øl/urt, og hvor disse gærceller er i den eksponentielle vækstfase. Flydende gær i foliepakker indeholder 30-100 mia. gærceller. Da generationstiden for en gær under optimale vækstbetingelser er få timer afhængig af gærtype og temperatur, kan propageringen i mindre bryggerier for de fleste typer overgær oftest ske i et enkelt trin, hvor gæren tilsættes 10-15 l godt beluftet og humlet urt, og den næste dag eller to dage senere påsættes det nye bryg. Med undergær og ved brygstørrelser mellem 5 og 15 hl må der indskydes et ekstra propageringstrin på 30-50 l. Denne propagering kan ske i bunden af den tank, hvortil der brygges.

14.3 Risikovurdering

Tabel 14.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved propagering.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Brygget kommer for sent i gang med gæring	Der er tilsat for få gærceller Den propagerede urt er varmere end det nye bryg Besværlig gær	Større mængde propageret øl Mere intensiv beluftning af propageringsurt Indføre et ekstra propageringstrin Starte propageringen tidligere Kontrollere at propageringsøllet har højt skum, dvs. at det er i logaritmisk vækstfase Afstemning af temperaturerne så det nye bryg er lidt varmere end den propagerede urt. Der er stor forskel på de forskellige gærtyper. Det er vigtigt at finde en pålidelig gær med de egenskaber i øvrigt som man ønsker
Infektion i øllet	Manglende humling af propageringsurt Dårlig proceshygiejne Dårlig hygiejne i omgivelser Dårlig personlig hygiejne Manglende træning i håndteringen	Urten koges med humle Trinvis gennemgang af udstyr og proces Kontrol af luft til beluftning (kompressor, filtre) Anvendelse af ren ilt til beluftning, da denne er steril Afspritning af arbejdsbord, der bør være af rustfrit stål Indblæsning af kimfiltreret luft i lokalet Arbejdstøj bør vaskes ved min 60°C Den personlige hygiejne effektiviseres Træning

14.4 GMP

14.4.1 Valg af gær

Ved valg af gær bør man være opmærksom på, at de forskellige typer gær kan være meget forskellig med hensyn til robusthed. I de fleste tilfælde er det fordelagtigt at vælge en neutralt smagende gær, der hurtigt og effektivt gærer øllet færdigt, som er alkoholtolerant, modstandsdygtig overfor infektion, som ikke går i stå ved temperatursvingninger, og som har passende fældningsegenskaber. Kun hvor øltypen kræver det, bør der vælges gær med tydelig egensmag.

14.4.2 Urt og urtbehandling

Urt kan opsamles fra tidligere nedsvalede bryg og opbevares på frost, eller den kan fremstilles af spraytørret urt eller koncentreret flydende urt. Når man fremstiller den selv, bør den koges med humle i ½ time til en IBU på 30-40.

Gær arbejder bedst ved ca. 10 Plato, der hensigtsmæssigt kan vælges som urtstyrke.

Der nedsvales i vandbad eller lignende til ca. 12-14°C for urt, der skal påsættes undergær, og godt 20°C for urt, der skal påsættes overgær.

Under alle omstændigheder bør urten koges i mindst 20 minutter.

14.4.3 Beluftning og gærtilsætning

Den anvendte urt skal beluftes grundigt med luft eller ren ilt. Det skal foregå ”koldt”. Det er ikke muligt at overbelufte. Enklest kan anvendes et ”spyd” i rustfrit stål med små borer i enden. 4-6 minutters beluftning med dette i 15 l urt er tilstrækkelig. Luftmængden i liter/minut kontrolleres med et cylinderglas under vand. Der bør tilføres 4-5 l luft til 15 l urt. Denne mængde er 10 gange den teoretisk nødvendige, fordi kontakten mellem luftbobler og urt ikke er optimal. Anvendes ren ilt, bør der tilføres ca. 1 l.

Propageringshastigheden kan intensiveres ved hyppig tilførsel af luft. Her må ikke anvendes ilt, da denne i ren form er giftig for alt levende inkl. gær.

Gæren eller øllet til påsætning kan tilføres i urtledningen, men det fungerer normalt også udmærket at lægge det ind i bunden af en cylindrokøns tank inden nedsvalingen.

14.4.4 Hygiejne

Infektion i forbindelse med propagering resulterer med sikkerhed i inficerede bryg, der skal kasseres. Det er derfor vigtigt at tænke hygiejne ind i alle processer under propageringen.

Alt udstyr skal være rengjort og desinficeret. Kogende vand eller 80°C vand er godt. Alt udstyr, der kan skoldes, bør skoldes.

Personlig hygiejne er vigtig og alt arbejdstøj skal være vasket ved 60°C.

Alle omgivelser skal være rene, og arbejdsbord skal være desinficeret.

14.5 Overvågning

Tabel 14.2 Relevante overvågningsparametre ved propagering.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Plato	10	Ved fortynding af koncentrat eller urt
pH	Ca. 5,2	Målt ved opsamling af urt
Mikrobiologi		Lejlighedsvis
Gærtælling		Lejlighedsvis

14.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

Personlige notater og erfaring

15 GÆROPSAMLING OG OPBEVARING

15.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler opsamling af gær fra konventionelle gærtanke og cylindroniske tanke (CCT) samt opbevaring og behandling af gæren inden ibrugtagning.

15.2 Teknologi- og designbeskrivelse

15.2.1 Formål

Formålet med opsamling og opbevaring af gær er:

- At stille gær af god kvalitet til rådighed for bryggeriets produktion

15.2.2 Metoder

Opsamling af gær kan ske fra konventionelle gærtanke efter tømning eller fra bunden af CCTer. Desuden kan der opsamles gærende øl fra en CCT i sin primære gæringsfase.

- a) Ved opsamling fra konventionel gærtank efter tømning opsamles al gær på én gang.
- b) Ved opsamling fra CCTer opsamles gæren flere gange med korte intervaller.
- c) Ved opsamling af gærende urt i primær gæring opsamles al gær/øl på én gang.

Ved metoderne a) og b) oplagres gæren inden anvendelse. Ved metoden c) anvendes gæren/øllet med det samme til et nyt bryg.

Opbevaring af gær kan ske koldt eller køligt i lukkede spande, kar eller beholdere af rustfrit stål.

Inden anvendelse bør gæren beluftes med kimfiltreret luft.

Gær, der er opsamlet som gærende urt c) eller som tykgær, der anvendes indenfor få timer, skal ikke beluftes eller køles.

I mikrobryggerier er det næppe nødvendigt at foretage syrevask eller sining af gær. I stedet bør der købes eller propageres ny gær.

15.2.3 Beskrivelse af processen

Opsamling af gær fra konventionel gærtank sker typisk ved, at gærstop fjernes, og gæren derefter opsamles, alternativt udtages gæren fra et bundudløb i tanke med to udløb. Fra CCTer udtages gæren flere gange med korte mellemrum.

Udtaget fra CCT er erfaringsbaseret afhængig af gærtype og tankens udformning.

Det først udtagne gær fra CCT er normalt blandet med humlerester og trub, og den sidst udtagne gær er opblandet med skumrester.

Opsamles gæren efter samme mønster hver gang opnås hurtigt erfaring med, hvornår den sundeste gær bliver udtaget. Der kan normalt udtages ca. tre gange den påsatte gærmængde.

Opbevaring af undergær bør ske ved 0-2°C. Gæren må ikke udsættes for frost. Overgær opbevares ved 0-12°C afhængig af gærtype, opbevaringstid og ens egne erfaringer. Både overgær og undergær bør maksimalt opbevares to uger.

15.3 Risikovurdering

Tabel 15.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved gæropsamling og opbevaring.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Gæren bliver tiltagende flokkulent Gæringen forløber for langsomt Øllet modnes ikke ordentligt Gærhøsten er for ringe Øllet smager tørt eller kunstigt Gærintensiteten er forringet Forgæringen forløber unormalt Slutplato er for høj pH stiger ved afslutningen af gæringen	Degenereret gær	Ved gæropsamling vurderes gæringsforløbet i den aktuelle gærtank. Problemerne kan opstå, hvis: <ul style="list-style-type: none">• Gæringstemperaturen har været for høj• Gæren har manglet næring• Gærtanken har været inficeret• Der har været store temperaturstigninger i gærtanken• Gæren er opsamlet sent fra CCT og har derfor været udsat for høj kulsyrekoncentration Ovenstående korrigeres efter behov Overgær, der opsamles fra CCT, anvendes maksimalt 4-8 generationer afhængig af gærtype Beluftning af gæren må maksimalt foretages fire timer før påsætningen Gæren må ikke udsættes for frost Gæren skal opbevares køligere eller i kortere tid
Infektion i øllet	Inficeret gær	Gærtanken, hvorfra gæren opsamles, kontrolleres for bakterier Gæren opsamles under hygiejniske forhold Infektion under opbevaringen imødegås Vedligehold af sterilfiltre for iltningsslut Trinvis gennemgang af udstyr og proces

15.4 GMP

15.4.1 Gæropsamling

Ved opsamling af gær fra konventionel gærtank eller CCT bør det forinden sikres, at brygget har forløbet normalt. Der bør anvendes faste rørledninger eller rørstykker af rustfrit stål. Det er bedst at føre gæren direkte ind i opbevaringsbeholderen i et lukket system. Alternativt kan gæren opsamles i en rustfri stålspand og umiddelbart efter opsamlingen hældes i opbevaringsbeholderen.

15.4.2 Gæropbevaring

Gæren opbevares bedst i en lukket rustfri beholder med køling i væggen; gerne monteret, så den kan hældes. Det er også fint med rustfri stålspande med låg, der går ned over spanden på ydersiden. Gæren skal være dækket af restøllet opsamlet med gæren eller af vand. Gærbeholderne bør være placeret i særskilt rum, hvortil gæster ikke har adgang.

15.4.3 Beluftning af gær

Tykgær kan med fordel beluftes, inden det påsættes. Derved sker en aktivering af gæren, så den går hurtigere i gang. Beluftningen bør ske 2-3 timer før påsætning. Beluftet gær kan højst opbevares fire timer inden påsætning. Opbevares den i længere tid, dør den. Der må kun anvendes sterilfiltreret luft til beluftning af gæren. Ren ilt dræber gæren.

Nyligt udtaget gær, der anvendes inden for 3-5 timer skal ikke beluftes.

Beluftningen foretages bedst i lukket gærbeholder, men den kan selvfølgelig også foretages med et rustfrit stålspyd, der stikkes ned i gærspanden.

15.4.4 Hygiejne

Infektion i forbindelse med håndtering af gær resulterer med sikkerhed i inficerede bryg, der skal kasseres. Det er derfor vigtigt at tænke hygiejne ind i alle processer under opsamling, opbevaring og beluftning af gær.

Alt udstyr, beholdere og ledninger m.m. skal være rengjort og desinficeret. Kogende vand eller 80°C vand er godt. Alt udstyr, der kan skoldes, bør skoldes. Ventiler har også en yderside, der skal rengøres eller skoldes, så den snavsede side ikke kommer i kontakt med gæren, når ventilen åbnes.

Personlig hygiejne er vigtig, og alt arbejdstøj skal være vasket ved minimum 60°C. Alle omgivelser skal være rene.

Eventuel indblæsningsluft i arbejdslokalet bør være kimfiltreret.

15.5 Overvågning

Tabel 15.2 Relevante overvågningsparametre ved gæropsamling og opbevaring.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Celletæthed	-	Inden påsætning
Mikroskopi	-	Inden påsætning
Lugt, smag, udseende	-	Inden påsætning

15.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

Personlige notater og erfaring

16 GÆRING OG LAGRING

16.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler gæring og lagring af øl i konventionelle tanke og i cylindroniske tanke (CCTer).

16.2 Teknologi- og designbeskrivelse

16.2.1 Formål

Formålet med gæring og lagring af øl er at:

- omdanne de forgærbare sukkerarter til alkohol og kuldioxid
- sikre, at uønskede biprodukter ved gæringen kontrolleres og fjernes
- sikre, at de ønskede biprodukter dannes

16.2.2 Metoder

Gæring og modning af øl kan ske ved:

- Gæring i gærtanke og modning i lagertanke
- Gæring og modning i CCT

I begge tilfælde sikres de ønskede omdannelser ved:

- Mængde og type af gær samt beluftning
- Kontrol af tid og temperatur
- Kontrol af kulsyretryk

Begge processer kan gennemføres trykløst med efterfølgende tilsætning af sukker, tapping og modning i flaske eller fad.

16.2.3 Beskrivelse af processen

Efter indpumpning af den beluftede urt påsat gær i gærtank eller CCT går gæringen i gang. I starten tilpasser gæren sig det nye miljø, herefter opformeres gær, og derefter begynder omdannelsen af sukker til alkohol og kulsyre. I konventionelle gærtanke er processen trykløs den første tid eller hele tiden. I CCTer bør processen også være trykløs i starten (eller med et lille overtryk).

Flytning af øl til lagertank styres enklet ved måling af Plato under hensyntagen til erfaring, gærtype og ønsket lagertid. Flyttes øllet i uklar tilstand med en lille mængde restekstrakt, kan kulsyretryk opbygges i lagerkælderens. Flyttes blankt øl, må bevaring af kulsyre sikres.

Afhængig af gærtype, øltype, ønsker om fjernelse af uønskede biprodukter og/eller ønsker om dannelse af smagsgivende biprodukter fastlægges en ønsket tid og temperaturprofil. Denne korrigeres efter behov.

16.3 Risikovurdering

Tabel 16.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved gæring og lagring.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Brygget kommer for sent i gang med gæring	Der er tilsat for få gærceller Gæren er inaktiv eller død Urten var for kold Besværlig gær Gæren er udhungret med hensyn til essentielle aminosyrer eller sporstoffer	Større mængde gær Sikring af, at beluftning af gæren sker maksimalt fire timer før tilsætning Opbevaring af gær ved korrekt temperatur Bedre beluftning af gæren inden påsætning Skift gær ved næste bryg – den er degenereret Tilpas urttemperatur med gærtype Der er stor forskel på de forskellige gærtyper. Det er vigtigt at finde en pålidelig gær med de egenskaber i øvrigt, der ønskes Gæren har brug for kvælstofforbindelser og bl.a. zink for dannelse af nye gærceller. Disse emner er normalt til stede via råvarerne fra bryghuset. Manglende kvælstofforbindelser eller zink vil manifestere sig som sløv/manglende formering efter gentagen anvendelse af en gærstamme
Gæring forløber langsomt eller går i stå før ønsket. Plato er opnået	Gæren er degenereret Der er for lidt gærnæring i urten Beluftningen er utilstrækkelig	Skift gær ved næste bryg Korriger råvaresammensætningen Korriger mæskeprogrammet Kontroller og tilpas beluftningen
pH stiger ved slutningen af gæringen	Besværlig gær Der er anvendt for meget gær/autolyse	Find en anden og mere pålidelig gær Reducer gærtilsætningen Tilpas gærings- og modningstiden
Smagsfejl: <ul style="list-style-type: none"> • Lukket sur • For lav bitterhed • Flad kønsløs • Grovbitter/hård smag og dårligt 	Lav redox/for meget ilt For varm gæring For tidlig gærhøst For sen gærhøst/autolyse	Kraftig gæring Alt der forhindrer luft til tanken Koldere gæring Senere gærhøst Tidligere gærhøst

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
skum • Diacetyl/smør	For lidt gær i kontakt med øllet ved slutningen af gæringen Forkert tid/temperaturforløb Oxidation	Vælg en mindre flokkulerende gær Korrigér tid/temperaturforløb i tanken Undgå luft i øllet
Infektion i øllet	Dårlig proceshygiejne Inficeret gær Inficeret beluftningsluft Der er gået for lang tid inden gæringen gik i gang Dårlig hygiejne i omgivelser Dårlig personlig hygiejne Manglende træning i håndteringen Øllet er for følsomt til anlæg og omgivelser	Trinvis gennemgang af udstyr, proces, rengøring og desinfektion Kontrol af gær og gærhåndtering Kontrol af luft til beluftning (kompressor, filtre) Anvendelse af ren ilt til beluftning, da denne er steril Optimer, gær, gærkondition, nedsvalingstemperatur, beluftning, ortsammensætning Indblæsning af kimfiltreret luft i lokalet, hvis der forekommer åbne processer Arbejdstøj bør vaskes ved minimum 60°C Den personlige hygiejne effektiviseres Træning Vælg øltyper med højere alkohol og bitterhed

16.4 GMP

16.4.1 Gærpåsatning

Gæren tilsættes normalt ved dosering i urtledningen. Under ”små” forhold er det i orden at hælde den godt omrørte eller omrystede gær ind i bunden af en cylindronisk tank. Hvis gæren er meget tyk, skal den forinden røres op i lidt (steril) urt eller vand.

Der tilsættes normalt 15-30 mio. gærceller pr. hl urt svarende til ½-1 l tykgær pr. hl. Til små tanke bør tilsættes 1 l tykgær pr. hl. Til stærk stout og barley wine m.m. bør tilsættes den dobbelte mængde. Gærmængden kan kontrolleres ved mikroskopi med tællekammer, men lidt god erfaring rækker også.

Valg af gær samt forbehandling af gæren inden påsatning omtales i Kapitel 14 ”Propagering”.

16.4.2 Beluftning

Der skal altid sikres rigelig beluftning. Dette opnås ved at tilføre 10 gange den nødvendige mængde, hvilket er 30 l luft pr. hl. Ren ilt kan også anvendes. Ren ilt har den fordel, at den er steril. Beluftning omtales i øvrigt i Kapitel 13 "Beluftning".

16.4.3 Styring af tid og temperatur

Ved styring af tid og temperatur for gærings- og modningsprocesserne er det vigtigt at iagttage, at det er styringen, der skal indpasses efter processerne, og ikke omvendt. Det er derfor vigtigt at følge med i tankprocesserne.

Dette opnås bedst ved måling af Plato og pH. Desuden bør man lære øllets udseende, smag og lugt at kende i de forskellige stadier.

For at sikre en holdbar øl er det under alle omstændigheder vigtigt, at der ikke er forgærlig ekstrakt tilbage, når øllet tappes (flaskemodnet øl selvfølgelig undtaget), men ellers er der meget vide rammer for procesforløbet, især afhængig af ønsker om smagsprofil, tilgængeligt udstyr og økonomi.

16.4.4 Styring af kulsyre

Ved fastlæggelse af strategien for trykforholdene under gæring og modning er det vigtigt at være opmærksom på, at der under maltningen, mæskningen og den indledende gæring dannes stoffer, der smager dårligt og som kan påvirke det færdige øls kvalitet. Disse stoffer udvaskes under gæringen, og dette sker bedst, hvis den indledende gæring foregår trykløst eller under et svagt overtryk.

Overgær er følsom overfor kulsyre. Også af denne grund bør kulsyretrykket først bygges op, når det er nødvendigt.

Ved pumpning af øllet og ved tapning tabes der kulsyre. Dette tab kan kun fastlægges ud fra erfaring med det aktuelle udstyr.

Styring af kulsyreindholdet i øllet skal fastlægges efter det ønskede niveau i det færdige øl (typisk 0,5%) plus tabet.

Ved fastlæggelse af sluttryk i tanken skal iagttages, at ligevægtstrykket for kulsyre varierer med temperaturen. Ved 1°C kan der opløses 0,321%, mens der ved 20°C kan opløses 0,169%.

Ændringerne i opløselighed af kulsyre i øl med temperaturen er ikke lineær og skal findes i et opslagsværk. 0,514% kulsyre udøver fx et tryk på 3,04 bar ved 20°C. Ændringerne i opløselighed af kulsyre i øl med trykket er lineær efter Henry's Lov:

Ved 1,6 bar (0,6 bar overtryk) kan der opløses $0,321 \times 1,6 = 0,514\%$ kulsyre.

16.4.5 Pumpning af øl til lagerkælder

Øllet pumpes normalt til lagerkælder, når det har opnået en Plato omkring 3,5-4, meget afhængig af øltype og gær. Desuden er slutplato i gærtanken afhængig af den valgte strategi for kulsyreopbygning i øllet.

Øllet pumpes ofte uklart og med relativt høj Plato, når der ønskes en kort lagertid, når lagerkælderen er kold, og når gærtanken er stor.

Øllet pumpes ofte klart og med relativt lav Plato, når der ønskes lang lagring, når kælderen er varm, og når gærtanken er lille.

Den valgte strategi for pumpning af øl fra gærkælder til lagerkælder kan kun fastlægges ud fra erfaring på det enkelte bryggeri.

16.4.6 Diacetyl

Diacetyl (vicinale diketoner) giver øllet en sødlig smøragtig aroma. Diacetyl dannes i forbindelse med gæringen, og det omdannes efterfølgende af gæren til forbindelser, der ikke påvirker øllets smag. Dannelse af diacetyl øges kraftigt ved oxidation af øllet. Omdannelse af diacetyl øges meget ved højere temperatur og ved god kontakt med gæren.

Diacetyl kontrolleres bedst ved at vælge en gær, der ikke er for kraftigt flokkulerende og ved at styre temperaturen i øllet. Desuden skal man undgå oxidation.

Færdigmodnet øl, der smager af diacetyl, kan reddes ved at ompumpe øllet for at skabe kontakt med gæren og ved at hæve temperaturen i tanken.

16.4.7 Oxidation

Gærens forbrug af opløst ilt i urten er tæt forbundet med øllets redoxpotentiale. Redoxpotentialet kan måles direkte og angives med rH-værdien. Der ønskes øl med en lav rH-værdi og tilsvarende et lavt indhold af opløst ilt.

Efter beluftning af urten skal man i alle processer sikre, at øllet ikke udsættes for ilt. Dette gælder især, når øllet pumpes og tappes eller på anden måde håndteres. Af hensyn til øllets rH-værdi bør man foretrække anvendelse af cylindroniske tanke eller i det mindste anvende lukkede gærtanke. En kraftig gæring giver lave rH-værdier.

16.4.8 Hygiejne

Infektion i forbindelse med gæringen resulterer med sikkerhed i inficerede bryg, der skal kasseres. Det er derfor vigtigt at tænke hygiejne ind i alle procestrin. Personlig hygiejne er vigtig og alt arbejdstøj skal være vasket ved 60°C.

16.5 Overvågning

Tabel 16.2 Relevante overvågningsparametre ved gæring.

Parameter	Vejledende niveau	Målefrekvens
Plato	Afhængig af øltype	Plato bør følges under gæringen
Alkohol	Afhængig af øltype	Beregnes ud fra Plato-målinger Måles eksternt efter behov
pH	Omkring 4,2-4,4	Lejlighedsvis
Tryk/kulsyre		Følges i alle bryg
Diacetyl	Maksimum 0,1 mg/l	Ekstern analyse efter behov
Lugt, smag og udseende		Alle bryg følges
Ilt		Gennemmåling af anlæg, hvis man kan låne en iltmåler
Mikrobiologi		Normalt ekstern analyse efter behov

16.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

Personlige notater og erfaring

17 TANKE

17.1 Proceidentifikation

Cylindrokøniske tanke (CCT) har efterhånden vundet stærkt indpas i store og små bryggerier grundet sine fremragende egenskaber og fleksibilitet på flere forskellige anvendelsesområder (gæring såvel som lagring af øl). Dette afsnit beskriver designovervejelser og instrumenteringen af CCT. Desuden beskrives specielle forhold for andre tanke, hvor disse afviger fra de generelle retningslinjer.

17.2 Teknologi- og designbeskrivelse

17.2.1 Cylindrokøniske tanke

En CCT er opbygget af en konisk bund og en cylindrisk beholder samt en tanktop, hvorpå forskelligt udstyr oftest anbringes. En CCT køles ved hjælp af kølekapper påsvejst og isoleret på ydersiden af tanken, således at den indre tankflade er så jævn som mulig.

Designovervejelser

CCT kan designes i alle størrelser efter behov fra pilotanlæg til 40 m høje. Ved design af en CCT bør følgende tages i overvejelse:

- Tanken bør kunne indeholde én dags produktion fra bryghuset, + headspace nødvendigt under fermentering. Det er ikke ønskeligt at strække fyldningen over flere dage af hensyn til gærpåsætningen og effektiv start af gæringen
- Tankens placering giver fysiske begrænsninger for dens højde og diameter. Hvis tanken leveres samlet, må det også overvejes, hvorledes den bringes ind i bygningen

Det er af yderste vigtighed, at tankens overflade er ren, holdbar og ikke grobund for mikrobielle infektioner, CCT laves derfor oftest i rustfrit stål (SS 314) eller lignende og elektrolyseres for at opnå en glat overflade. En CCT har typisk en konusvinkel på 60-75°, der hjælper til med at tømme gær ud af konus.

Afhængig af gæringsprocessens hastighed (temperatur, gærtype, etc.) er et headspace på op til 25% nødvendig for at kunne rumme det dannede skum i tanken. Overflow af skum fra tanken kan tilsmudse ventiler o.a. i tanktoppen og hindre deres funktion, samt skabe komplikationer i CO₂-opsamlingsystemet, hvis et sådant findes.

En CCT køles ved hjælp af en konuskølekappe samt en eller flere kølekapper på den cylindriske del af tanken. Størrelsen af kølekapperne beregnes på baggrund af kølebehovet, dvs. kJ/h energi, der maksimalt skal fjernes fra væsken under gæring. Kølekapper og resten af tanken isoleres med et materiale, der tåler at blive vådt uden at miste isole-ringsevnen (fx PU-skum). Isoleringen holdes på plads af metalplader.

CCT top

- CIP-tilkobling. Tankens indre rengøres ved tilførsel af CIP-væske gennem en roterende sprayball eller eventuelt en rotojet. Sprayball/rotojet drejes rundt af vandtrykket og dækker derved hele tankens indre med CIP-væske. Renseeffekten af CIP består bl.a. i den spulende virkning af vandstrålen og der er derfor mere rengørings-effekt i punktet, hvor strålen rammer, end når væsken løber frit ned ad tankens inderside. Af denne årsag bør ”skyggezone” undgås (tankflader, der ikke kan oversprøjtes direkte på grund af fx følere/instrumentlommer). Leverandøren af rotojets kan rådgive om fornødent vandtryk og CIP-tid for at oversprøjte 100% af overfladen på basis af tankens dimensioner. Idet luften i tanken efter gæring for størstedelen er CO₂, vil der oftest anvendes et syrebaseret rengøringsmiddel, der ikke reagerer med CO₂. Lud reagerer med CO₂ samtidig med, at der skabes undertryk i tanken på grund af omdannelse af CO₂-gas til salt. Det er derfor en god idé at lufte tanken ud, inden der rengøres med lud
- Overtryksventil. Overtryksventilen består af et ventilhoved, der ved hjælp af et lod eller en fjeder presser mod et ventilsæde. Ved overtryk i tanken løfter ventilen, og overtrykket udlignes. En ulempe ved denne type ventil er, at ventilhovedet i nogle tilfælde ikke slutter fuldstændig tæt efter, den har åbnet (gærrester, etc. i ventilsædet), og der vil kunne tabes en del CO₂ på denne konto, hvis det ikke korrigeres
- Sprængplade. En sprængplade ligner et skueglas, hvori – i stedet for et glas – er indsat en plade af kulstof med en defineret tykkelse, der kan modstå et vist tryk. Sprængpladen har den fordel frem for en overtryksventil, at den ikke kan blokeres og kan derfor benyttes som et fail-safe supplement eller erstatning for en overtryksventil. Sprængpladen har derimod den ulempe, at den skal skiftes, når den sprænger, samt at sprængplader har en vis produktionstolerance (+/- X% af angivet maksimalt tryk), og det faktiske ”breakpoint” kan af åbenbare grunde ikke testes
- Undertryksventil. Undertryksventilen er udformet på samme måde som en overtryksventil, men åbner indad i stedet for udad i tilfælde af undertryk i tanken. Til sammen med en ”vacuumring” påsvejst tankens yderside beskyttes tanken på denne måde mod kollaps fx efter varm CIP og efterfølgende nedkøling + sammentrækning af luften i tanken
- Skueglas med lys. Gennem skueglasset kan observeres, hvorledes gæringen forløber. Hvis der ikke er tilstrækkelig med headspace i tanken, vil skueglasset tilsmudses af skum fra gæringen, hvorved glassets funktion reduceres betydeligt
- CO₂-opsamling. CO₂ fra gæringen opsamles via en trykventil og en vandlås til rensning og genanvendelse i et CO₂-opsamlingsanlæg. Da det ofte er ønskeligt at justere trykket i tanken under gæringen, er opkoblingen ofte ført ned til operatørniveau
- Inspektionsluger/mandehul. Ovennævnte udstyr placeres ofte i en flange, således at udstyret kan tages af for vedligehold, samt at der er adgang til tanken herfra for vedligehold og inspektion af tankens indre

CCT konus

- Fylde/tømme ventil. Fyldning og tømning af tanken foregår fra bunden af tanken. Af sikkerhedshensyn bør der være både en automatventil (styret af PLC-program under fyldning/tømning) og en butterflyventil (manuel lukning efter tanken er fyldt)
- Tom-melder. Bl.a. under CIP-kørsel er det nødvendigt at vide, om der står væske i bunden af tanken. Tom-melderen kan eventuelt placeres i afgangsrøret fra tanken

- Niveaumåler. Volumen i tanken kan måles ved det hydrostatiske tryk i tanken (meter væskesøjle)
- Temperaturføler. Af årsager anført nedenfor bør konuskølekappen styres individuelt af en temperaturføler i konus
- Prøveudtagningshane. En steriliserbar prøvetagningshane anvendes til udtagning af gærprøver (celletal) om nødvendigt

CCT andet udstyr

- Prøveudtagningsudstyr. En steriliserbar prøvetagningshane over konus kan anvendes til udtagning af prøve af øllet, også selv om konus eventuelt skulle være fyldt med gærceller
- Temperaturføler. Temperaturføleren til styring af kølekapperne på den cylindriske del af CCT placeres oppe ad tankens side. Den præcise placering vil afhænge af antallet af kølekapper. I tilfælde af, at der kun er én kølekappe på siden, placeres føleren ovenover kølekappen

CCT kølekapper

Under gæringen vil der foregå en (langsom) væskecirkulation i hele tanken dels på grund af CO₂-bobler, der stiger opad, og dels fordi varmeudviklingen ændrer massefylden i væsken. Den varmere væske stiger op i tankens midte, mens koldere væske falder ned langs tankens sider. Grundet disse forhold vil det være fordelagtigt at placere kølekapper højt oppe, hvor temperaturen er højest.

Kølingen er oftest on/off-regulering, hvor det ønskede flow i kølekappen justeres med en flowreguleringsventil på hver enkelt streng. Hvis flow/forbrug af kølemiddel ikke er balanceret og nogenlunde konstant over tid, kan det være en udfordring at justere flowreguleringsventilerne korrekt, idet køleeffekten vil afhænge af, hvor stort trykket er i systemet.

Når gæringen er tilendebragt, og øllet køles ned, ændres massefylden (lokalt) afhængig af øllets temperatur. Dette kan resultere i en såkaldt "inversion", hvor væsken i bunden er varmere end væsken ovenover, og der sker ikke nogen temperaturudligning, selv om der køles på tanken netop på grund af forskelle i massefylden. Massefylden for vand har sit maksimum ved ca. 4°C, og for at køle konus længere ned end 4°C, er det nødvendigt at have en separat konuskølekappe under nedkøling/lagringsfasen.

CCT isolering

Det anvendte isoleringsmateriale må ubetinget kunne bibeholde sin isoleringsevne, selv om det bliver fugtigt. Grundet tankens temperatur vil der være stor risiko for kondensdannelse på tanken, der vil opfugte isoleringsmaterialet. Da isoleringen oftest sidder bag metalplader, er det besværligt at inspicere isoleringsmaterialets tilstand.

17.2.2 Tryktank/Bright beer tanke

En CCT kan uden problemer benyttes til opbevaring af øl efter filtrering. Hvis der investeres i en separat tryktank til dette formål, kan følgende indgå i designovervejelserne:

- Da der ikke er behov for at trække gær af tanken, er det ikke nødvendigt med en konisk bund, men en svagt hvælvet bund er tilstrækkelig til at tømme tanken

- Afhængig af tiden mellem fyldning og efterfølgende tapning er der kun ringe behov for køling, eventuelt ingen behov for en kølekappe
- Tanken skal kunne sættes under tryk med CO₂

17.2.3 Gæropbevaringstanke

Gæren bør kunne opbevares køligt og uden risiko for infektion fra et bryg til det næste. Afhængig af bryggeriets størrelse kan opbevaringsbehovet herfor dækkes af en bred vifte af udstyr, fra åbne afkølede mælketanke med tætsluttende låg til vacuumsikrede tryktanke med mulighed for dampsterilisation. Uanset metode for opbevaring af gæren mellem bryggene bør følgende indgå i designovervejelserne:

- Beholderne skal kunne rengøres effektivt, eventuelt steriliseres med varme
- Beholderne skal beskytte gæren mod infektion under opbevaring
- Det bør være muligt at udtage gærprøver sterilt uden at inficere gæren
- Gæren skal opbevares og pumpes uden at stresser gæren unødigt (fx kraftig omrøring)

17.3 Risikovurdering

Følgende er en kort liste over generelle problemer relateret til tanke og tankudstyr. Disse problemer vil oftest være udtrykt ved et konkret problem med det færdige produkt.

Tabel 17.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved tanke.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
For lavt tryk i gæringstank	Overtryksventil ikke tæt/ defekt/fejlfjusteret Modtryksventil for CO ₂ -opsamling forkert indstillet Gæringen er ikke startet	Kontrollere, justere overtryksventil Justere modtryksventil Kontrollere gærpåsætning, beluftning, etc.
For højt tryk i gæringstanken	Modtryksventil for CO ₂ -opsamling forkert indstillet	Justere modtryksventil
Utilstrækkelig rengøring af tanke, infektioner	Vandtryk for lavt For lav koncentration af rengøringsmiddel Skyggezone i tanken Dårlige svejsninger, grundlag for vækst	Kontrollere vandtryk, koncentrationer, temperaturer, CIP-tider Kontrollere at udstyrslommer ikke skygger for CIP Elektropolering af svejsninger
Tilsmudsning af skueglas og tanktop/ventiler Overflow i tanken	Overfyldt tank (ingen headspace)	Justere volumen i tanken Reducere gæringstemperatur Øge gæringstrykket
Underkøling/utilstrækkelig køling af konus under lagring	For højt/for lavt flow af kølemiddel Forkert styring på temperatur sensor ovenover konus	Justere reguleringsventil på kølekappe Separat styring baseret på temperatursensor i konus

17.4 Hygiejnisk design/GMP

Designprincipperne for tanke er beskrevet ovenfor. Derudover bør følgende overvejes:

- Tanksvejsninger foretages af autoriseret svejser
- Tryktanke skal trykprøves og (gen)godkendes efter svejsninger på tanken

17.5 Overvågning

Tabel 17.2 Relevante overvågningsparametre i forbindelse med tanke.

Parameter	Vejledende niveau	Frekvens
Rengørings effektivitet (visuelt)	Visuel kontrol OK	Efter rengøring
Rengørings effektivitet (total kim/1ml i sidste skyllevand)	< 25/1 ml	Ugentlig
Tank inspektion (indefra)	Ingen ansamlinger af snavs, rust, etc. på tankens inderside	årlig
Gærings- og lagringstemperatur	i henhold til gæringsprofil	løbende

17.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

18 TAPNING I FUSTAGE

18.1 Proceidentifikation

Tapning i fustage har til formål at overføre bulk øl til fustager for distribution til restaurationer og andre udskænkingssteder. Tapningen skal ske med mindst muligt tab af kvalitet, og det skal sikres, at øllets kvalitet/karakteristika kan garanteres indtil udløbsdato.

Denne procedure fokuserer på forhold vedrørende selve tapningen, rengøring og kontrol af fustager samt etikettering.

Distribution via engroshandel til den enkelte forbruger (med eget/lejet fustageanlæg) adskiller sig tappeteknisk ikke fra ovenstående. Denne procedure omfatter ikke specielle emner vedrørende distribution til forbrugeren, ej heller rengøring/vedligeholdelse af fustageanlæg hos kunden.

18.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Fustager er oftest cylindriske metalbeholdere med en speciel ventil/fitting, der muliggør automatiseret og kontrolleret rengøring, fyldning og tømning af fustagen. Fustagen kan grundet denne fitting betragtes som en lukket trykbeholder, der til en vis grad er beskyttet mod forurening udefra, således at produktets kvalitet kan garanteres. Ulempen i forhold til traditionelle åbne *casks/fade* er, at håndteringen under rengøring, tapning og tømning kræver investering i udstyr hertil. ”Tømning og rengøring” henholdsvis ”fyldning af fustage” kan betragtes som to uafhængige processer og beskrives hver for sig efterfølgende.

18.2.1 Tømning og rengøring

Denne proces består typisk af de følgende procestrin, der tilsammen sikrer, at fustagen er rengjort og klar til tapning. Afhængig af automatiseringsgraden kan der være mere eller mindre manuel håndtering (flytning/vending) af fustagerne.

- Fustagen vendes med fittingen nedad og kobles til rengøringsanlægget
- Fustagen sættes under tryk, og det kontrolleres, at fustagen holder tæt
- Trykket udlignes, og restvæske blæses ud
- Fustagen skylles indvendigt med vand
- Vandet blæses ud under tryk
- Fustagen vaskes indvendigt med varm lud (NaOH)
- Lud blæses ud under tryk
- Fustagen renses indvendigt med varmt vand
- Vand blæses ud med damp, og fustagen steriliseres ved hjælp af damp
- Trykket i fustagen udlignes og trykkes derefter op med CO₂

- Fustagen frigøres fra rengøringsanlægget
- Fustagen vendes med fitting opad (for opbevaring), såfremt den ikke fortsætter direkte til fyldning

18.2.2 Tapning

Denne proces består typisk af de følgende procestrin, der tilsammen sikrer at fustagen er korrekt fyldt. Afhængig af automatiseringsgraden kan der være mere eller mindre manuel håndtering (flytning/vending) af fustagerne.

- Fustagen vendes med fittingen nedad og kobles til tapningsanlægget
- Fustagen sættes under tryk (med CO₂), og det kontrolleres, at fustagen holder tæt
- Tappehovedet/fitting renses og blæses rent
- Fyldning startes, først langsomt for at undgå skumning, dernæst hurtigt
- Fyldehastigheden sænkes langsomt til sidst, og fyldningen afsluttes
- Tappehovedet/fitting blæses tomt
- Fustagen frigives fra tappemaskinen
- Fustagen vendes med fitting opad for videre håndtering

Af hensyn til logistik og kvalitetskontrol bør alle fustager mærkes/etiketteres med produkttype og udløbsdato.

18.2.3 Kontrol af fustage

Kontrol og reparation af utætte fustager er en udpræget manuel proces, der indebærer, at fitting udtages og eventuelt udskiftes. Fustager skal endvidere trykprøves jævnligt ved et autoriseret trykprøvningsfirma. Trykprøvningsåret er oftest stemplet ind i toppen af fustagen.

18.3 Risikovurdering

Ved tapning af øl på fustage kan følgende kvalitetsmæssige problemer opstå med negativ effekt på øllets kvalitet/forbrugerens oplevelse af produktet som følge:

- Utilstrækkelig rengøring og tømning af fustage inden tapning
- Iltoptagelse under tapning med forringelse af smag og kvalitet
- Utilsigtet sammenblanding af øl med restvæsker i rør og udstyr med kvalitetsforringelse af øllet, eventuel sundhedsfare for forbrugeren
- Underfyldning af fustager
- Mikrobiel vækst i produktet efter tapning
- Mikrobiel vækst på fustagens ventilfitting efter tapning
- Tab af kulsyre på grund af utæt fustage.

Tabel 18.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved tapning i fustage.

Fejl	Mulig årsag	Korrigerende handling
Utilstrækkelig rengøring og tømning af fustage inden tapning	Procesfejl	Ret fejlen, gentag rengøring
	Utæt fustage	Reparerer fustage
Iltoptagelse under tapning med forringelse af smag og kvalitet	Sammenblanding af øl med iltholdigt vand fra tanke eller dead ends	Kontrol af rørsystem og procedurer
	Øllet er oxideret inden tapning	Gennemgang af processer og procedurer før tapning
Utilsigtet sammenblanding af øl med restvæsker i rør og udstyr med kvalitetsforringelse af øllet, eventuel sundhedsfare for forbrugeren	Dead ends på rør fyldt med væske	Gennemgang af rørsystem og ændring af rørføring.
	Manglende tømning af rør og udstyr efter CIP	Kontrollerer procedurer for rengøring og opstart
	Fejlhåndtering af ventiler under tapning	
Underfyldning af fustager	Forkert volumetrisk setpunkt	Justering af tappemaskine (recept)
Mikrobiel vækst i produktet efter tapning	Øllet er kontamineret inden tapning	Rengøringsprocedurer for CIP
	Fustager er kontaminerede (forurening af fitting inden tapning)	Biofilm/vækst i rørsystem Eventuel afsprøjtning/beskyttelse af fitting under opbevaring inden tapning
Mikrobiel vækst på fustagens ventilfitting efter tapning Tab af kulsyre i produktet	Utilstrækkelig rengøring af fitting efter tapning	Eventuel afsprøjtning/beskyttelse af fitting under opbevaring efter tapning
	Utæt fustage	Reparation af fustage

18.4 Hygiejnisk design/GMP

Tapning i fustage er ikke så følsom overfor forurening fra omgivelserne som tapning i flaske, der er dog forhold, som bør tilstræbes af kvalitetsmæssige såvel som af æstetiske forhold.

Fustagens ydre overflade bør rengøres efter behov, fx med varmt vand.

Tappeområdet bør holdes rent og ryddeligt uden potentielle kilder til forurening (mikrobiologisk såvel som fysisk/kemisk). For produktets kvalitet er renholdelse af fittingen kritisk. Det bør eventuelt overvejes, om fittingen skal afsprøjttes efter fyldning; eventuelt

beskyttes med et plasticlåg. I så fald bør låget være udformet, således at det ikke kan fjernes og sættes på igen uden, at det kan ses (låget er anbrudt).

Tappematerialer (fustager, etiketter, plasticlåg) bør opbevares beskyttet og efter gældende forskrifter indtil brug.

18.5 Overvågning

18.5.1 Tømning og rengøring

Da det ikke er muligt at inspicere fustagen indvendigt uden at fjerne ventilfittingen, er det nødvendigt at have en grundig proceskontrol, der kan sikre, at fustagen er rengjort og tømt, inden den fyldes igen. Såfremt et hvilket som helst procestrin i rengøringen beskrevet ovenfor ikke fuldføres 100%, bør fustagen rengøres på ny, eventuelt inspiceres for fejl. Hvis processystemet udskriver en log ved fejl på en fustage, er sagen åbenbar, hvis ikke må proceskontroller inspiceres for at finde fejlen. Følgende procesparametre kan være nødvendige:

- Log af temperatur og tryk (koldt vand, varmt vand, lud, CO₂ og damp), samt ledningsevne (koncentration af lud)

18.5.2 Tapning

Samme forhold gør sig gældende under tapning som under tømning og rengøring. Derudover bør følgende overvejes:

- Etikettering af fustagerne. Se også GMP dokument nr. 19, afsnit 19.5.1. Volumenkontrol kan eventuelt udføres ved at veje fustagerne før/efter tapning og beregne indholdet deraf
- Kontrol af datomærkning og produkt navn

18.6 Litteratur

Mærkning: Fødevarestyrelsen, Vejledning om mærkning af fødevarer (maj 2009)

Wolfgang Kunze (1996), *Technology brewing and malting*, VLB Berlin, ISBN 3-921-690-34-X

19 TAPNING I FLASKE

19.1 Proceidentifikation

Tapning i flaske har til formål at overføre bulk øl til en beholder (flaske) der kan distribueres til kunder og sluttelig forbrugeren. Tapningen skal ske med mindst muligt tab af kvalitet, og det skal sikres, at øllets kvalitet/karakteristika kan garanteres indtil udløbsdato.

Denne procedure fokuserer primært på forhold vedrørende selve tappemaskinen, men nævner også andre forhold såsom flaskerengøring, kapselpåsætning, inspektion og etikettering.

Forskellige former for håndtapning samt tapning uden modtryk (øl til flaskemodning) omtales ikke. Risikovurderingen for disse teknologier og metoder er grundlæggende den samme som risikovurderingen i nærværende dokument.

19.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Tapningens enkelte procestrin afhænger af tappemaskinens design. Følgende beskrivelse gælder generelt for tapningen. Forskellige tappeprincipper beskrives efterfølgende.

1. Øllet pumpes under tryk fra en Bright beer tank til tappemaskinens ringbeholder.
2. De rengjorte flasker fyldes under tryk til et fastsat volumen/fyldehøjde.
3. Efter fyldning sprøjtes en minimal mængde varmt vand under højt tryk (en water jet) i flasken, hvorved øllet skummer op og uddriver luften i flaskens hals.
4. Flasken lukkes ved påsætning af kapsel.
5. Fyldte flasker kontrolleres for fyldevolumen og tæthed, og fejlemner frasorteres.
6. Etiket påsættes, og fejlemner frasorteres.
7. Flaskerne sættes i kasser eller andet sekundært transportmedium og flyttes til lager.

19.2.1 Tappemaskine med fylderør

I en tappemaskine med fylderør fyldes flasken ved, at øllet pumpes gennem et tyndt rør til bunden af flasken. Øllet presser samtidig luft i flasken ud. Fyldehastigheden styres ved åbning/lukning af forskellige ventiler.

1. Flasken centrerer i tappemaskinen, fylderøret indføres i flasken, og flasken løftes og lukker tæt mod ”centering tulip”.
2. Flasken fyldes med CO₂ under tryk. Trykket reduceres ved at åbne en afgangsentil, og luft og ilt løber derved ud af flasken.
3. Øl fyldes langsomt gennem fylderøret, til øllet er 10-20 mm over fylderørets munding.
4. Øl fyldes nu hurtigt gennem fylderøret (main filling).

5. Flasken efterfyldes langsomt. Fyldehøjden bestemmes af højden på ”return gas tube”.
6. Fyldeventiler lukkes, og flaskens tryk reduceres til atmosfærisk tryk.

19.2.2 Tappemaskine uden fylderør

I en tappemaskine uden fylderør løber øllet via et kort rør ned langs flaskens inderside og presser samtidig luft i flasken ud. Tappingen er ikke hindret af fylderørets dimensioner og kan derved foregå hurtigere. Der er til gengæld en større risiko for iltoptagelse, når øllet løber som en film over flaskens inderside.

1. Flasken centrerer i tapperen og lukker tæt mod ”centering tulip”. Flasken tømmes partielt for luft (op til 90%) ved at åbne for en vakuumventil. Flasken fyldes nu med CO₂ til nær atmosfærisk tryk. Dette trin gentages for at reducere flaskens indhold af ilt.
2. Flasken fyldes med CO₂ til samme tryk som ringbeholderen, og fyldeventilen åbnes. Øllet løber derved fra beholder ned i flasken, og CO₂ ledes tilbage til ringbeholderen.
3. Fyldningen stopper, når øllet når bunden af ”return gas tube”, hvorved CO₂ ikke længere kan slippe ud. Overskydende øl i ”return gas tube” trykkes ved hjælp af CO₂ tilbage til ringbeholderen og sikrer en ensartet fyldehøjde.

Alternative teknologier eksisterer også, hvorved fyldevolumen styres ved induktiv måling af flowet.

19.3 Risikovurdering

Ved tapping af øl på flaske kan følgende kvalitetsmæssige problemer opstå med negativ effekt på øllets kvalitet/forbrugerens oplevelse af produktet som følge:

- Iltoptagelse under/efter tapping med forringelse af smag og kvalitet
- Utilsigtet sammenblanding af øl med restvæsker i rør og udstyr med kvalitetsforringelse af øllet, eventuel sundhedsfare for forbruger
- Fyldning på flasker med glasskår i eller andre skader på flasken
- Tapping på (genpåfyldelige) flasker med fremmedlegemer på grund af utilstrækkelig rengøring/skylning
- Underfyldning af flasker
- Mikrobiel vækst efter tapping

Tabel 19.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved tapning i flaske.

Fejl	Mulig årsag	Korrigerende handling
Oxidation af øl	Iltindholdet i flasken er for høj efter tapning Sammenblanding af øl med iltholdigt vand fra tanke eller dead ends Øllet er oxideret inden tapning	Fungerer water jet mellem tappemaskine og crowner? Kontrol af rørsystem og procedurer Gennemgang af processer og procedurer før tapning
Sammenblanding af øl med restvæsker	Dead ends på rør fyldt med væske Manglende tømning af rør og udstyr efter CIP Fejlhåndtering af ventiler under tapning	Gennemgang af rørsystem og ændring af rørføring Kontroller procedurer for rengøring og opstart
Glasskår i fyldte flasker	Bøjede fylderør Skæve flasker Flaskesprængning under fyldning	Kontrollere centering tulip, fylderør Indgangskontrol af flasker, inspektion efter skylning Alle åbne flasker fjernes Evt. Glasfragmentationsprogram (se afsnit 19.5.2)
Fremmedlegemer i flasker	Utilstrækkelig rengøring af (genpåfyldelige) flasker	Kontrol af vaskeprogram (temperatur, tider, koncentrationer) Inspektion efter skyllemaskine for fremmedlegemer
Underfyldning af flasker	Uensartede flaskehøjder Forkert fylderørslængde Forkert volumetrisk setpunkt Overskumning efter tapning	Indgangskontrol af flasker Inspektion af flasker før fyldning Justering af fylderør Justering af tappemaskine (recept) Temperatur og tryk, hastighed på tappemaskine
Mikrobiel vækst efter tapning	Øllet er kontamineret inden tapning Flasker er kontaminerede Kaspler er kontaminerede/-utætte Water jet er kontamineret	Rengøringsprocedurer for CIP Biofilm/vækst i rørsystem Indgangskontrol Indgangskontrol/rengøring af kapselsystem Vandtemperatur/rengøring

19.4 Hygiejnisk design/GMP

Tappemaskinen er en kompliceret maskine, og leverandørens anvisninger for vedligehold og rengøring bør følges. Tappeområdet bør holdes rent og ryddeligt uden potentielle kilder til forurening (mikrobiologisk såvel som fysisk/kemisk). Placeringen af tappemaskine i forhold til andre maskiner bør overvejes nøje, idet fx flaskeinspektionsmaskiner og skyllemaskiner ofte forurener den omgivende luft med mikroorganismer. Placering af ventilationssystemer bør ligeledes overvejes i forhold til tappemaskinen.

Tappematerialer (flasker, kapsler, etiketter) bør opbevares beskyttet og efter gældende forskrifter indtil brug.

19.5 Overvågning

Øllets temperatur og tryk i ringbeholderen har indflydelse på tapningens kvalitet og bør overvåges. Tappemaskinen bør ligeledes ikke køre hurtigere end ”nominal speed”.

Fyldehøjde/volumen kontrolleres jævnligt med en frekvens, der sikrer, at lovkrav er overholdt. Korrekt etikettering og datomærkning kontrolleres ligeledes løbende.

19.5.1 Etikettering

Forkert etikettering er en af de væsentligste årsager til sundhedsmæssige risici for forbrugeren og tilbagekaldelse af produkter. Det er bryggeriets ansvar korrekt at angive indholdsdeklaration, advarsler om eventuelle allergener o.a. til forbrugeren. Dette kan fx være gluten fra anvendte råvarer.

Forbrugeren har også krav på at få det volumen, der er angivet på flasken. ”e”-mærket er indført for at nedbryde tekniske handelshindringer i EU herfor. Produktet skal overholde kravene til minimumsfyldning og gennemsnitsfyldning, uanset at e-mærket ikke anvendes.

19.5.2 Glasfragmentationsprogram

Når en flaske sprænger under fyldning, vil maskinen registrere et trykfald på tappeventilen og lukke for fyldningen på ventilen. Der initieres samtidig et program, der spuler de nærmeste tappeventiler fri for glasfragmenter, samt underfylder de efterfølgende tapninger (se Tabel 19.2). Dette sikrer, at glasfragmenter fra sprængningen effektivt er skyllet af centering tulips, etc. omkring sprængningen.

Tabel 19.2 Eksempel på glasfragmentationsprogram.

Runde	Kasserede flasker (x=sprængning) (u=underfyldt/ikke fyldt)
1	u-u-u-x-u-u-u
2	u-u-u-u-u
3	u-u-u
4	u
5	Normal fyldning

19.6 Litteratur

Fødeareallergi: <http://www.foedevareallergi.dk>

Mærkning: Fødearestyrelsen, Vejledning om mærkning af fødevarer (maj 2009)

Wolfgang Kunze (1996), *Technology brewing and malting*, VLB Berlin. ISBN 3-921-690-34-X

20 ILTOPTAGELSE I TANKE, UNDER TRANSPORT OG UNDER TAPNING

20.1 Procesidentifikation

Denne procedure vedrører opbevaring, transport (pumpning) og tapning, hvorunder øllet potentielt kan bringes i forbindelse med ilt. Ilt har en negativ effekt på øllets karakter idet det oxiderer forskellige smagsstoffer i øllet.

20.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Før forgæring tilsættes ilt til brygget af hensyn til gærens vækst. Når forgæringen er tilendebragt, har gæren opbrugt ilten, og øllet har en restkoncentration af ilt op til ca. 0.01 mg O₂/l. Efterfølgende utilsigtet iltoptagelse vil have en negativ effekt på kvaliteten af øllet, idet det udvikler en "oxideret" smag af varierende karakter.

Tanke benyttes oftest som buffere mellem udstyr, der skal kunne køre i kortere eller længere tid uafhængig af andre maskinstop; fx en buffertank mellem en pladepasteur og en tappemaskine. Desuden anvendes ofte en "bright beer tank" til opbevaring af øl efter filtreringen, indtil tapningen skal foregå. Såfremt disse tanke er fyldt med atmosfærisk luft inden de anvendes, eller hvis indholdet holdes under tryk med luft, er der stor risiko for, at luftens indhold af ilt delvist optages i øllet.

Rørsystemer kan indeholde store volumener af luft eller væske, der kan resultere i en væsentlig forøgelse af iltindholdet i øllet. Nedenstående beregning viser, at selv små mængder luft kan give en stor forøgelse af iltindholdet i det færdige produkt.

Atmosfærisk luft indeholder 23 vægt-% luft. En m³ luft ved 0°C og 760 mm Hg vejer 1,239 kg, dvs. 1 l luft alene indeholder 285 mg O₂. Ved 0,5 bar overtryk indeholder luft 428 mg O₂/l. Opblandes dette i varierende mængder øl, fås:

1 l luft (1,5 bar_a) opblandet i:	Slutkoncentration af ilt
1 hl	4,2 mg/l
10 hl	0,42 mg/l
100 hl	0,042 mg/l
450 hl	0,01 mg/l

20.3 Risikovurdering

Afsnittene 20.3.1, 20.3.2 og 20.3.3 beskriver forhold, som medfører risiko for iltoptagelse.

20.3.1 Iltoptagelse i tanke

- Tanken er fyldt med atmosfærisk luft inden påfyldning af øl
- Tanken holdes under tryk med komprimeret luft
- Tanken tømmes ved at trykke indholdet ud ved hjælp af komprimeret luft
- Tanken er en trykløs buffertank med adgang for atmosfærisk luft

For alle ovenstående punkter gælder, at omrøring eller bevægelse i grænsefladen luft/væske vil forøge hastigheden for optagelse af ilt i øllet.

20.3.2 Iltoptagelse under transport

Problematik vedrørende iltoptagelse under anvendelse af trykløse doseringstanke behandles også her, idet dosering oftest sker under en samtidig transport af øllet fra en tank til en anden.

- Rørsystemet er fyldt med atmosfærisk luft, inden øllet pumpes fra et sted til et andet
- Rørsystemet har dead ends fyldt med luft eller eventuelt iltholdigt vand
- Flanger/samlinger i rørsystemet er utætte og trækker luft ind fra omgivelserne
- Indsugning af luft fra sugesiden på pumper
- Dosering af filtermiddel (kieselgur/PVPP) eller andet opblandet i iltholdigt vand

20.3.3 Iltoptagelse under tapning

- Tappemaskinens ringbeholder indeholder atmosfærisk luft, eventuelt fra ”evakueringsfasen”, se Kapitel 19 ”Tapning i flaske”
- Utilstrækkelig fjernelse af luften fra flasken inden selve tapningen begynder
- Utilstrækkelig fjernelse af residualluft fra flaskehalsen efter tapning (water jetting)
- Utætte kapsler med efterfølgende indtrængen af luft fra omgivelserne

Tabel 20.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved iltoptagelse i tanke, under transport og under tapning.

Fejl	Mulig årsag	Korrigerende handling
Iltoptagelse under filtrering og under opbevaring i tanke	Iltholdigt vand anvendt til opslemning af kieselsgur eller PVPP Ilt i tanke eller filteret	Opslemning i mindst mulig mængde afiltet vand. Undgå overdreven omrøring/oppiskning i doseringsstank Anvend CO ₂ til at fortrænge luften, før/efter anlægget fyldes med øl
Iltoptagelse under transport/pumpning	Rørsystemet er fyldt med luft Dead ends med luft eller iltholdigt vand Utætheder i rørsystemet Indsugning ved pumper	Anvend CO ₂ til at fortrænge luften, før/efter anlægget fyldes med øl Fjerne eventuelle dead ends Trykprøvning og efterspænding af unioner o.a. Tætning af flanger på sugesiden, juster eventuelt ventiler, der regulerer flow/tryk
Iltoptagelse under tapning	Ilt i ringbeholderen Ilt i flasken inden tapning Residualluft efter tapning Utætte kapsler	Anvend CO ₂ til at tømme ringbeholderen, inden anlægget fyldes med øl Maskinafhængigt! Check eventuelt, om evakueringen kan justeres Kontroller water jetting Kontroller kapsel kvalitet samt crowner

20.4 Hygiejnisk design/GMP

Øllet bør beskyttes i videst muligt omfang for kontakt med atmosfærisk luft og iltholdigt vand.

20.4.1 Tanke

Tanke beregnet for opbevaring af øl bør være fyldt med CO₂ inden påfyldning af øl. Tanke bør tømmes ved hjælp af CO₂ (ikke komprimeret luft) om nødvendigt. Det bør erindres, at afblæsning af CO₂ fra tanke til omgivelserne er en mulig arbejdsmiljømæssig risiko i lukkede rum.

20.4.2 Vand

Vand, der anvendes til vandskub eller opløsning af diverse hjælpestoffer (kielsegur, PVPP), bør være afiltet vand. Vandmængden bør være så lille som mulig, fx opslemmes kieselsgur i den højest mulige koncentration.

Opblanding mellem vandskub og ølfasen kan mindskes ved at pumpe ved relativ lav hastighed (laminar strømning/plug flow frem for turbulent strømning).

Vandskub eller mixefaser bør ikke opsamles og blandes med øl, men ledes til kloak eller anvendes til mindre følsomme processer, fx bryghusvand.

20.4.3 Rørsystemer

Rørstrækninger designes under hensyntagen til, at de skal kunne tømmes 100% for væske og luft uden dead ends. Rørsystemet bør kunne fyldes med CO₂.

Pumper placeres, således at der er tilstrækkeligt tryk på sugesiden, og således at de ikke trækker luft ind.

Det samlede rørsystem trykprøves med mellemrum og flanger/samlinger/unioner efterspændes om nødvendigt. Trykprøvning foregår ved at rørsystemet sættes under tryk. Rørsystemet bør kunne stå med tryk uden tryktab i et antal timer.

20.4.4 Tappeudstyr

Tappemaskines ringbeholder bør tømmes med CO₂, ikke komprimeret luft. Atmosfærisk luft fra evakueringsfasen (inden selve tapningen) bør ikke ledes til ringbeholderen, men til omgivelserne. Dette kan blive et kompromis mellem CO₂-forbrug og kvalitet.

Den resterende luft i flaskehalsen bør fjernes ved water jetting, inden kapslen sættes på.

Flasker med utætte/forkert påsatte kapsler bør fjernes. Utætheder ses nemmest ved at udsætte alle flasker for påvirkning med en ultralydsskinne. CO₂ frigives herved i flasken, og utætte flasker skummer over (= underfyldt flaske). I tætte flasker vil fyldhøjde forblive det samme, og CO₂-ligevægt indtræder hurtigt igen efter ultralydsskinnen.

20.5 Overvågning

Øllets indhold af ilt bør måles og kontrolleres:

- Efter filtrering
- Ved indløb til tappemaskinen
- I det færdige produkt

Ilt opløst i væske måles med en sensor med en semipermeabel membran, der resulterer i en målbar spændingsforskel, lidt á la en pH-elektrode. Det skal bemærkes, at denne type instrument er følsomt overfor fx CO₂-bobler i væsken, der kan give et forkert resultat. 0,03 til 0,05 mg O₂/l er target.

Fri luft i det færdigtappede produkt måles ved headspace analyse, hvorved al luften fra en flaske opsamles i en (vandfyldt) tragt. CO₂-gas fjernes ved tilsætning af en kaliumhydroxidopløsning, og det tiloversblevne volumen er N₂ og O₂. Fri luft bør ikke overstige 2 ml luft/l.

Af de to ovenstående målinger beregnes det færdige produkts indhold af O₂.

20.6 Litteratur

Wolfgang Kunze (1996), *Technology brewing and malting*, VLB Berlin. ISBN 3-921-690-34-X

21 FILTRERING INKLUSIV STERILFILTRERING

21.1 Proceidentifikation

Filtreringens formål er at gøre øllet blankt/klart og så stabilt, at udseendet ikke ændres i en ”længere” tid.

Sterilfiltrering har til formål at fjerne mikroorganismer i øllet, således at produktets kvalitet kan garanteres indtil udløbsdato. Sterilfiltrering udføres ofte efter hovedfiltreringen og umiddelbart før en steril aftapning.

21.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Filtrering af øl foretages primært i:

- Belagte filtre
- Pladefiltre
- Membranfiltre
- Patronfiltre

21.2.1 Belagte filtre

Belagte filtre er filtre, hvor filtreringen gennemføres ved hjælp af et filterhjælpemiddel – normalt kiselgur – der pålægges en relativt åben overflade.

Belagte filtre byder på en række håndteringsmæssige problemer i forbindelse med forbelægning og dosering af kiselgur samt med fjernelse og deponering af kiselguren. De er relativt komplekst opbyggede og derfor dyre i anskaffelse. Deres fordel er, at man kan opnå en stor kapacitet og tilsvarende lav pris målt pr. hl.

21.2.2 Pladefilter

Pladefiltre er opbygget med plader, hvorimellem filterplader hænges. Konstruktionen er således enkel og robust. Desuden giver et muligt valg af forskellige filtre mulighed for etablering af en stor variation af filtreringsmuligheder.

Filtrene opbygges typisk til grovfiltrering, finere filtreringer og eventuelt til sterilfiltrering. Desuden kan filtrene opbygges med samtidig grov- og finfiltrering (sterilfiltrering).

Fordelen ved pladefiltre er, at de er enkle at anvende og relativt billige i anskaffelse. Ulemperne er især, at de kræver en del manuel arbejdskraft, og at de hurtigt stopper til, hvis øllet er meget uklart.

21.2.3 Patronfilter

Patronfiltre er filtre, hvor øllet passerer gennem et filtermateriale (oftest celluloseholdig vævet papirmateriale) monteret inde i et filterhus. Denne type fås også i små størrelser og med en stor variation i filtermaterialet. De er derfor velegnede til mikrobryggerier. Til sterilfiltrering kan anvendes patronfiltre, men kapaciteten er begrænset, hvis øllet ikke er meget klart.

21.2.4 Cross-flow filtrering

Ved cross-flow filtrering pumpes øllet tangentielt hen over en filtermembran med en defineret porestørrelse og overfladeladning. Porestørrelse og overfladeladningen resulterer i, at øllet (filtratet) passerer gennem filteret, mens partikler og en del af væsken (koncentratet) tilbageholdes. Det ufiltrerede øl cirkulerer med koncentratet på langs af membranen og bliver stadig mere ”tykt”. Filterets overflade vil blive blokeret af partikler/organismer og skal renses jævnlige. På trods af cross-flow filtreringens kompleksitet har den specielle anvendelser, fx fremstilling af lav-alkohol øl. Cross-flow anvendes sjældent med henblik på sterilfiltrering af færdigt produkt, idet der altid vil være en del volumenspild, da koncentratet ikke kan anvendes til tapning.

21.3 Risikovurdering

Ved filtrering kan følgende kvalitetsmæssige problemer opstå med negativ effekt på øllets kvalitet:

- Iltoptagelse i filteret
- Iltoptagelse i forbindelse med precoating og dosering af kiselgur
- Utilstrækkelig fjernelse af gærrester og protein/polyphenolkomplekser
- Gennembrud i filteret resulterende i mikroorganismer m.m. i det færdige produkt
- Gennembrud i filteret resulterende i filtermedie i det færdige produkt
- Metalsmag i færdigt produkt på grund af især jern-ioner fra kiselguren

Tabel 21.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved filtrering og sterilfiltrering.

Fejl	Mulig årsag	Korrigerende handling
Oxidation af øl	Sammenblanding af øl med vandskub eller vand i rørsystemer/filter	Tømning af systemet med afluftet vand Tømning af filter og tanke med CO ₂ Kontroller samlingers tæthed (især gældende for pladeramme filtre)
	Filtermedie er opslemmet i iltholdigt vand	Anvend minimum mængde af afluftet vand til opslemningen Opslemningen dækkes med CO ₂ -gas i lukket beholder Undgå oppiskning af opslemningen
Metallisk smag i øllet	Metal (Fe)-ioner afgivet fra kiselgur	Kontroller leverandørens produktspecifikation
Mikrobiologisk vækst efter filtrering	Gær eller bakterier er sluppet gennem filteret	Kontroller filter og plader for huller eller utætheder kontroller tilstrækkelig forberedelse af filteret, inden filtreringen startes
	Rørsystem eller tryktank efter filteret er inficeret	Sterilisering af tryktank efter sterilfilteret Sterilisering af cartridgefilter
Uklarhed i øllet efter filtrering	Filtermedie er brudt igennem filteret Øllet er filtreret ved for høj temperatur Utilstrækkelig tid til at danne protein/polyphenol/hjælpemiddelkompleks	Kontroller filter og plader for huller eller utætheder Kontroller tilstrækkelig forberedelse af filteret, inden filtreringen startes Kontroller filtermediets kvalitet (partikelstørrelse, modstand overfor trykpåvirkning) Kontroller for trykvariationer under filtrering Nedsæt filtreringstemperaturen Lavere pumpehastighed Skifte filterplader

21.4 Hygiejnisk design/GMP

Iltoptagelse kan minimeres ved at holde filteret under tryk under hele filtreringen, så der ikke kommer luft til øllet. Filteret bør tømmes ved hjælp af afluftet vand eller ved at trykke øllet ud med CO₂. Filtermedie skal være fødevarekvalitet, og det skal opslemmes i afluftet vand.

Gennembrud i filteret vil vise sig som et pludseligt opstået trykfald over filteret. Filtermedie fra gennembrud opfanges lettest ved installation af et patronfilter, der fjerner eventuelle partikler fra filtreringen. Disse filtre skal kunne steriliseres ved damp eller på anden måde.

Filtermaterialet skal være steriliserbart, og filterhuset skal kunne CIP-rengøres med 85°C varm 2-3% lud.

21.5 Overvågning

Der bør være monteret manometre på indgangen og udgangen af filteret, således at man kan overvåge, hvornår trykfaldet gennem filteret stiger, og filteret stopper til. Tilsvarende kan pludseligt opstået trykfald som følge af gennembrud opdages.

Antallet af mikroorganismer pr. ml før og efter filteret kontrolleres ved at lave pladespredning af en fortyndingsrække på ølagar. Resultaterne kan ses efter nogle dage. Hvis man har et mikroskop til rådighed, kan man også tælle antal celler i et tællekammer. Den sidste metode tæller dog også døde celler.

21.6 Litteratur

Handbuch der Brauerei-Praxis, Karl-Ullrich Heyse, Getränke-Fachverlag Hans Carl, Abschnitt Bierfiltration

Malting and Brewing Science, vol. 2, Hopped Wort and Beer, Hough, Briggs, Stevens & Young, section 20.5 Beer Clarification

Wolfgang Kunze (1996), *Technology brewing and malting*, VLB Berlin. ISBN 3-921-690-34-X

22 PLADEPASTEURISERING

22.1 Proceidentifikation

Pladepasteurisering har til formål at inaktivere ølskadelige mikroorganismer i øllet og foretages umiddelbart inden steril aftapning. Ved steril aftapning kan øllet alternativt sterilfiltreres. Hvis der ikke er mulighed for steril aftapning, kan øllet pasteuriseres i de fyldte flasker i en tunnelpasteur.

22.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Pladepasteurisering af øl foregår i en pladevarmeveksler på følgende måde:

- Det indgående øl pumpes til pladevarmeveksler og opvarmes af det udgående øl i den regenerative zone
- Øllet opvarmes yderligere af et varmemedium (hedtvand) i varmezonen til den endelige pasteuriseringstemperatur
- Temperaturen holdes ved, at øllet pumpes gennem et rør af passende længde (holdecellen)
- Trykket efter holdecellen forøges ved hjælp af boosterpumpe, og øllet køles herefter ned igen af det indgående øl i den regenerative zone
- Øllet køles eventuelt yderligere ned af et kølemedium (isvand, brine, glykol, sprit) i kølezonen til tappetemperatur
- En steril tank efter pasteuren fungerer som buffer, så pasteuren kan operere, selvom tappemaskinen skulle stoppe i kortere tid. Skulle buffertanken blive fuld, går pasteuren i recirkulation, hvorved øllet efter pasteuren føres tilbage til indgangen til pasteuren
- Opstart af en pladepasteur tager noget tid, før temperaturer og flow er stabiliseret. Det kan anbefales at indkøre og opvarme systemet med vand (på recirkulation) i stedet for med øl

22.2.1 Pasteuriseringseffekt

Hastigheden, hvormed mikroorganismer inaktiveres, afhænger af temperaturen og længden af det tidsrum, som pasteuriseringen foregår ved. En pasteuriseringsenhed (PU) defineres som den effekt, der fås ved 60°C i 1 minut.

Antallet af pasteuriseringsenheder beregnes efter formlen:

$$PU = \text{tid} * 1.393^{(\text{temp} - 60)}$$

Den eksponentielle opbygning af formlen med grundtallet 1,393 gør, at effekten øges med en faktor 10 når temperaturen øges med 7°C. Typisk holdes temperaturen i holde-zonen på 70-75 °C i nogle sekunder. PU er proportional med tiden, dvs. fordobles hol-

detiden, fordobles PU. Holdetiden afhænger af pumpehastigheden og er generelt konstant. PU kontrolleres derfor alene ved at justere temperaturen i holdecellen.

Tabel 22.1 Pasteuriseringseffekt (PU) ved forskellige temperaturer og tider.

Pasteuriseringseffekt (PU) ved forskellige temperaturer og tider											
Temperatur °C	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
1 minut	1	2	4	7	14	28	53	104	201	390	757
2 minutter	2	4	8	15	28	55	107	207	402	780	1.514

Generelt gælder, at jo mere alkohol, øllet indeholder, des færre PU er nødvendigt. Ligeledes gælder, at jo mere sukker øllet indeholder, des flere PU er nødvendigt. Typisk vil 10-15 PU være tilstrækkeligt for en udgæret pilsner med 5 vol % alkohol. Op til 200-300 PU vil være nødvendigt for maltøl.

22.3 Risikovurdering

Ved pladepasteurisering kan der være nogle kvalitetsmæssige risici:

- Gennemtrængning af varme- og/eller kølemedie til øllet
- Påbrænding i varmezonen
- Fremkomst af en brændt eller kogt smag i øllet
- Infektion af øllet efter pladepasteuren

Tabel 22.2 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved pladepasteurisering.

Fejl	Mulig årsag	Korrigerende handling
Øllets temperatur er for høj efter pasteurisering	Nedkølingen er ikke tilstrækkelig i afkølingszonen	Justering af kølemediets temperatur eller flow
	Opvarmningen er for stor i opvarmningszonen	Justering af opvarmningsmediets temperatur eller flow
	Fouling af pladevarmeveksleren	Fjerne aflejringer (CIP), inspicere varmeveksler
Temperaturen er for lav i holdecellen (underpasteurisering)	Opvarmningen er for lav i opvarmningszonen	Justering af opvarmningsmediets temperatur eller flow
	Fouling af pladevarmeveksleren	Fjerne aflejringer (CIP), inspicere varmeveksler
Temperaturen er for høj i holdecellen (overpasteurisering)	Opvarmningen er for høj i opvarmningszonen	Justering af opvarmningsmediets temperatur eller flow
Overpasteurisering (brændt, kogt smag)	Pasteuriseringstemperaturen er forkert	Kontroller styringen
	Øllet har stået stille i holdecellen for lang tid, er ikke ledt til kloak	Kontroller styringen
Mikrobiel infektion efter pasteuren	Pasteuriseringstemperaturen er forkert	Kontroller styringen
	Øllet er inficeret ved indtrængning af afkølingsmedie	Efterspænde, inspicere varmeveksler
	Ølledning efter pasteuren er inficeret (biofilm)	CIP, eller i værste fald ny rørføring ved for meget aflejring

22.4 Hygiejnisk design/GMP

Gennemtrængning af varme- og kølemedie til øllet er et alvorligt problem, der skyldes, at pakningerne mellem kølepladerne er utætte.

Trykket på ølsiden af pladerne skal være større end trykket på mediesiden af pladerne. Dette opnås ved indsætte en boosterpumpe mellem den regenerative zone og varmezonen.

Påbrænding og dermed fremkomst af en brændt smag kan undgås ved ikke at bruge for høj temperatur af varmemediet.

En brændt eller kogt smag kan opstå som følge af overpasteurisering. Dette kan ske, hvis øllet går i recirkulation, eller hvis pasteuren er nødt til at stå stille i et tidsrum, og øllet derved udsættes for længerevarende temperaturpåvirkning i holdecellen. Dette undgås primært ved at installere en steril buffertank af passende dimension efter pasteu-

ren. Pasteuren kan eventuelt styringsmæssigt programmeres, således at overpasteuriseret øl ledes til afløb i stedet for til buffertanken.

Infektion af øllet efter pasteuren kan kun undgås ved at holde hele ruten til tappemaskinen fri for mikroorganismer og i øvrigt gøre ruten så kort som mulig. Det kræver naturligvis steril aftapning at bibeholde pasteureringseffekten.

22.5 Overvågning

Der bør være monteret manometre på både ølsiden og mediesiden, således at man kan overvåge, at trykket er størst på ølsiden.

Termometre eller termofølere bør være installeret på ind- og udgangen og i holdezone for at kunne beregne og kontrollere PU. Styring af opvarmning og nedkøling er kompliceret og bør være PLC-styret.

Kontrol af rengøringen af en pladepasteur er meget vanskelig. Pasteuren skal skilles ad, og plader og pakninger inspiceres i henhold til leverandørens anvisninger, fx én gang årligt. Hyppig adskillelse og samling af en pladevarmeveksler er tidskrævende og giver risiko for beskadigelse af plader. Et forøget trykfald over pladevarmeveksleren vil indikere opbygning af aflejringer og kan anvendes som daglig kontrol af kølerens stand.

22.6 Litteratur

Handbuch der Brauerei-Praxis, Karl-Ullrich Heyse, Getränke-Fachverlag Hans Carl, Abschnitt Flaschen-Abfüllung

Malting and Brewing Science, vol. 2, Hopped Wort and Beer, Hough, Briggs, Stevens & Young, section 20.6 Pasteurization

Wolfgang Kunze (1996), *Technology brewing and malting*, VLB Berlin. ISBN 3-921-690-34-X

23 ANDEN PASTEURISERING

23.1 Proceidentifikation

Pasteurisering har til formål at inaktivere ølskadelige mikroorganismer i øllet og garantere øllets kvalitet indtil udløbsdato. Foruden pladepasteurisering (omtalt i forrige afsnit) kan man pasteurisere øllet, når det er tappet på flaske. Det foretages hos større mikrobryggerier kontinuert i en tunnelpasteur eller hos mindre mikrobryggerier batchvis i en lukket beholder (ofte kaldet en retort).

Hvis der er mulighed for steril aftapning, kan øllet alternativt pladepasteuriseres eller sterilfiltreres før aftapning.

23.2 Teknologi- og designbeskrivelse

23.2.1 Pasteuriseringseffekt

Hastigheden, hvormed mikroorganismer inaktiveres, afhænger af temperaturen og længden af det tidsrum, hvor pasteuriseringen foregår. Én pasteuriseringsenhed (PU) defineres som den effekt, der fås ved 60°C i 1 minut. Antallet af pasteuriseringsenheder beregnes efter formlen:

$$PU = \text{tid} * 1.393^{(\text{temp} - 60)}$$

Den eksponentielle opbygning af formlen med grundtallet 1,393 gør, at effekten øges med en faktor 10, når temperaturen øges med 7°C.

PU er proportional med tiden, dvs. fordobles holdetiden, fordobles antal pasteuriseringsenheder. Se skema over pasteuriseringseffekt i Kapitel 22 "Pladepasteurisering".

Generelt gælder, at jo mere alkohol, øllet indeholder, des færre PU er nødvendigt for at sikre øllets kvalitet indtil udløbsdato. Ligeledes gælder, at jo mere sukker øllet indeholder, des flere PU er nødvendigt. Typisk vil 10-15 PU være tilstrækkeligt for en udgæret pilsner med 5 vol % alkohol. Op til 200-300 PU vil være nødvendigt for maltøl.

23.2.2 Tunnelpasteurisering

Tunnelpasteurisering af øl foregår ved, at flaskerne kører på et transportbånd gennem en tunnel, hvori flaskerne bruses over med vand. Først varmes flaskerne op ved overbrusning med stadig varmere vand gennem 2-3 zoner. Derefter holdes temperaturen ved 60-70°C i varmezonen. Til sidst afkøles flaskerne gennem 4-6 zoner med faldende vandtemperatur. Varme- og vandgenvinding foregår ved, at vand fra afkøling af flaskerne genbruges til opvarmning af flaskerne i indløbet. Gennemløbstiden i en tunnelpasteur er typisk 50-60 minutter med 20 minutter i varmezonen.

Tunnelpasteuren virker kontinuert og kan have ind- og udløb i hver sin ende eller i samme ende. Med ind- og udløb i hver sin ende transporteres flaskerne typisk i et lag,

hvorimod de typisk transporteres i to lag ved ind- og udløb i samme ende. For de mindste mikrobryggerier findes udstyr til batchvis pasteurisering efter samme princip med overbrusning med vand eller med varm luft. Udstyret optager meget mindre plads og er følgelig egnet til meget små batchstørrelser.

Fordelen ved at bruge tunnelpasteur frem for pladepasteur eller sterilfiltrering er opnåelse af en højere grad af sikkerhed, da man ikke skal stole på en steril aftapning. Ulemperne er store investeringer, stort energiforbrug og stort pladsforbrug.

På grund af den forholdsvise langsomme opvarmning og nedkøling (i forhold til en pladepasteur) vil det være nødvendigt at tage hensyn til opvarmningsfase og nedkølingsfase ved beregning af den samlede pasteuriseringseffekt.

23.2.3 Retort pasteurisering

For de mindste mikrobryggerier findes udstyr til batchvis pasteurisering efter samme princip med overbrusning med vand eller med varm luft. Udstyret optager meget mindre plads og er følgelig egnet til meget små batchstørrelser.

En retort fungerer i princippet som en trykkoger, hvorved en større eller mindre batch af tappet øl kan pasteuriseres. Oftest køres produkter ind på paller eller andre håndterbare måder. Grundet varmepåvirkningen må etikettering etc. foregå efter pasteuriseringen, hvorved denne form for pasteurisering kan være ret besværlig.

23.3 Risikovurdering

Ved tunnelpasteurisering vil der være en kvalitetsmæssig risiko for fremkomst af en kogt smag i øllet som følge af overpasteurisering. Dette kan ske, hvis opholdstiden i varmezonen bliver for lang, fx ved længerevarende liniestop efter tappemaskinen.

Desuden kan overfyldning af flaskerne blive skyld i et stort tab af flasker i tunnelpasteuren. Et for lille "headspace" i flaskerne resulterer i for stort tryk i flaskerne og flaskerne vil eksplodere. Man skal også være opmærksom på fejl i flaskerne, hvilket især gælder ved brug af genbrugsflasker. Glasskår, knuste og væltede flasker (fuglereder) i tunnelpasteuren er et alvorligt problem, idet tabsprocent kan være betragtelig.

Tabel 23.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved pasteurisering (ikke pladepasteurisering).

Fejl	Mulig årsag	Korrigerende handling
Mikrobiel vækst i produktet efter pasteurisering	Pasteuriseringstemperaturen er for lav Pasteuriseringstiden er for lav	Kontrollerer temperatur og tider med en temperaturlogger
Knuste flasker i afkølingszonen	Flaskeknusning på grund af spændinger i glasset under afkøling	Regulering af vandtemperaturen mellem zonerne Afbalancering af pasteurens-temperaturer og flow
Knuste flasker i opvarmingszonen og holdezone	Headspace volumen forkert	Juster tappemaskine/jetting
	Tyndvæggede flasker eller bobler i glasset	Kontrollerer kvalitet af glasflaskerne
Knuste flasker, generelt i tunnelpasteur	Glasskår, fuglereder, væltede flasker	Juster transportbånd Fjerne glasskår

23.4 Hygiejnisk design/GMP

En kogt smag, eller måske endda brændt, kan opstå som følge af overpasteurisering. Overpasteurisering kan undgås ved at have PU-styring på pasteuren. Samtidig skal der være mulighed for akkumulering efter pasteuren, hvis efterfølgende etikettering og pakkemaskiner står stille i lang tid.

For at sikre hygiejniske forhold inde i pasteuren er det vigtigt, at vandet er rent. Man bør tilsætte desinfektionsmidler (ofte chlorerede) til vandet. Hårdt vand bør blødgøres for at undgå tilstopning af dyserne med kalk og for at undgå saltudfældninger på flaskerne. Desuden kan overfladeaktive stoffer sikre en bedre kontakt mellem vandet og flaskerne og dermed en bedre varmeovergang.

En tunnelpasteur er meget varm og bør være isoleret for at opnå en god energiøkonomi.

23.5 Overvågning

Der bør være monteret termofølere i de forskellige zoner i pasteuren for at kunne styre og kontrollere temperaturen og dermed PU.

Vandtrykket bør kontrolleres for at undgå tilstopning af vanddyserne.

Tunnelpasteuren bør jævnligt efterses for at sikre, at dyserne ikke tilstoppes og for at forhindre vækst af mikroorganismer.

Transportbånd bør løbende overvåges og renses for fastsiddende glasskår, der kan vælte flasker. Transportbåndene skal ligeledes opspændes og køre jævnt, idet flasker ellers også kan vælte.

Ligeledes bør man jævnligt sende en flaske med termoføler monteret i flasken gennem pasteuren. Derved opnår man erfaring for sammenhængen mellem vandets temperatur og temperaturen af øllet i flasken og den samlede PU effekt.

23.6 Litteratur

Handbuch der Brauerei-Praxis, Karl-Ullrich Heyse, Getränke-Fachverlag Hans Carl, Abschnitt Flaschen-Abfüllung

Malting and Brewing Science, vol. 2, Hopped Wort and Beer, Hough, Briggs, Stevens & Young, section 20.6 Pasteurization

Wolfgang Kunze (1996), *Technology brewing and malting*, VLB Berlin. ISBN 3-921-690-34-X

24 GENEREL RENGØRING OG OVERFLADERENGØRING

24.1 Proceidentifikation

Denne procedure omhandler rengøring og desinfektion generelt – herunder overfladerengøring – og giver baggrunden for efterfølgende dokument om CIP (Cleaning In Place).

24.2 Teknologi- og designbeskrivelse

24.2.1 Formål

Formålet med rengøring er at sikre:

- a) Et miljø, der ikke skader kvaliteten af produktet, dvs. at der er rent
- b) At ønskede hygiejnemål er opfyldt ved rengøringens afslutning
- c) At bakterier, gærrester, andet organisk materiale, kalk og salte fjernes

Rengøringen er sammensat af fire rengøringsparametre: Kemi, temperatur, tid og mekanisk påvirkning. Vand sikrer transport, påvirkning, opløsning og emulgering samt afskylning.

Formålet med desinfektion er at dræbe eller fjerne sygdomsfremkaldende og ølskadelige mikroorganismer. Ved desinfektion opnår man ikke drab eller fjernelse af sporer.

24.2.2 Midler

Rengørings- og desinfektionsmidler er formuleret, så de passer til bestemte smudstyper under hensyntagen til den tid, der er til rådighed, den overflade der skal rengøres/desinficeres, temperaturen samt under hensyntagen til miljømæssige krav. Det er derfor vigtigt nøje at vælge de rigtige midler til hvert enkelt formål samt at følge leverandørens anvisninger om anvendelsen.

Rengøringsmidler inddeles normalt i nedenstående grupper, der er nærmere beskrevet i Bilag A til dette GMP-dokument:

- Let alkaliske rengøringsmidler: Disse midler har normalt pH mellem 7 og 9. De kaldes ofte universelle rengøringsmidler eller sulfomidler og har et bredt anvendelsesområde
- Stærke alkaliske rengøringsmidler: Disse midler har normalt pH mellem 9-13 eventuelt op til 14. De anvendes på overflader, der er stærkt belagt med organisk materiale, og hvor materialet kan tåle det, dvs. især tanke og ledninger. På grund af reaktion med rengøringsvandets hårdhed kombineres midlerne oftest med kompleksdannere
- Sure rengøringsmidler: Midlerne anvendes oftest for at fjerne salte og kalkbelægninger fra produktionsprocesserne og fra den alkaliske rengøring. De sure rengø-

ringsmidler korroderer konstruktionsmaterialerne i forskellig grad, hvorfor formulering med inhibitorer og anvendelse altid bør afstemmes nøje

- Enzymer: Disse midler kan effektivisere rengøringsmidlerne især i forbindelse med fastbrændt organisk materiale
- Detergenter: Midlerne anvendes til at fjerne snavs fra faste overflader. Almindelig sæbe tilhører denne gruppe
- Kompleksdannere: Disse midler effektiviserer rengøringsmidlerne ved at binde metaller

Desinfektion kan ske ved termisk eller kemisk påvirkning. I begge tilfælde sker der drab af mikroorganismer men ikke drab af sporer. Desinfektionsmidlerne inddeles normalt i to grupper, der er nærmere beskrevet i Bilag A til dette GMP-dokument:

- Oxiderende midler, der omfatter natriumhypochlorit, jodfor, pereddikesyre og brintoverilte
- Ikke oxiderende midler, der omfatter biguanider, amfotere joner og sure anjoner

1.2.3 Metoder

Rengøring består i hovedtræk af følgende aktiviteter:

1. Klargøring med oprydning og grovspuling af overflader
2. Rengøring med et egnet rengøringsmiddel i en given tid og ved en given temperatur
3. Efterskylning med vand, hvor rengøringsmiddel og smuds fjernes
4. Desinfektion for at dræbe tilbageværende bakterier
5. Afskylning af vand
6. Kontrol

Rengøringsaktiviteterne varierer stærkt med udstyrets udformning, overfladernes beskaffenhed, smudsets beskaffenhed og midlernes sammensætning.

Ved brug af tilstrækkelig arbejdsindsats (eller mekanisk påvirkning) og simple stærkt alkaliske rengøringsmidler kan de fleste rengøringsopgaver gennemføres tilfredsstillende. Anvendelse af sammensatte rengøringsmidler sparer tid og giver en større sikkerhed for at nå det ønskede resultat.

De normalt anvendte rengøringsmetoder omfatter:

- a) Højtryksrengøring der anvendes til åbne overflader. Metoden er på retur i fødevarerindustrien dels på grund af, at rengøringen ofte medfører mekanisk beskadigelse af følsomt udstyr, og dels fordi metoden kan medvirke til spredning af smuds og bakterier
- b) Lavtryksrengøring der anvendes til åbne overflader. Der arbejdes med et udgangstryk fra en rengøringspistol på omkring 20 bar og automatisk injicering af midler. Normalt gennemføres ovennævnte rengøringscyklus med et udvalgt rengøringsmiddel og desinfektion med kvarternære ammoniumforbindelser
- c) Skumrengøring anvendes til åbne overflader. Med en pistol udlægges et skum, der – ud over de ønskede rengøringsmidler – er tilsat overfladeaktive stoffer, der giver et stabilt skum. Desuden er tilsat midler, der sikrer, at skummet ”klæber” til overfladen

derne og dermed sikrer en lang kontakttid. Normalt gennemføres ovennævnte rengøringscyklus med skyl, rengøring, skyl eventuelt efterfulgt af desinfektion og skyl. Skumrengøring er meget anvendelig i mikrobryggerier

- d) CIP (Cleaning In Place) anvendes til tanke eller ledninger. Normalt gennemføres ovennævnte rengøringscyklus ved hjælp af en pumpe, der recirkulerer rengøringsvæsken. Metoden er nærmere beskrevet i GMP-dokument nr. 25 om CIP

24.3 Risikovurdering

Selv enkelt opbyggede mikrobryggerier byder på et meget stort antal problemstillinger med hensyn til vurdering af risici i forbindelse med valg og gennemførelse af rengørings- og desinfektionsprocesserne. Disse problemstillinger må vurderes konkret på de enkelte bryggerier. Der er i de enkelte GMP-dokumenter bl.a. beskrevet risici i forbindelse med mangelfuld rengøring.

Et godt udgangspunkt er, at der er rengøringsvand og skyllevand af god og konsistent kvalitet til rådighed, hvor hårdhed, mineralindhold og mikrobiologisk kvalitet er dokumenteret. Dette er normalt tilfældet for forsyningsvand.

Der bør kun anvendes rengørings- og desinfektionsmidler fra anerkendte leverandører og brugen af hvert enkelt middel til de forskellige opgaver bør gennemgås nøje med leverandøren. Det er desuden helt afgørende, at midlerne anvendes efter leverandørens anvisninger.

Kvalitetsfejl herunder infektion i øl relateret til rengøringen skyldes oftest:

- a) Forkert gennemført rengøring og desinfektion
- b) U hensigtsmæssig rengøringsplan – især med hensyn til fjernelse af belægninger
- c) U hensigtsmæssigt design, der vanskeliggør eller umuliggør en effektiv rengøring
- d) Mangelfuld afskylning efter rengøring og desinfektion

I nedenstående afsnit er givet en gennemgang af de krav, der bør stilles til rengøringen i et mikrobryggeri.

24.4 GMP

Tabel 24.1 Oversigt over rengøringsmetoder og krav til rengøringen for enhedsoperationer i et mikrobryggeri.

Proces	Udstyr	Type snavs	Mål	Metode
Formaling	Valsler og gulve m.m.	Partikulært	Fysisk rent	Manuelt – helst støvsugning
Mæskning og Kogning	Mæskekar og urtkedel	Partikler Stivelse Sukker Protein Mineralske belægnings Tannin	Kemisk rent	CIP med varmt vand CIP med stærkt alkalisk middel Efter behov sur CIP
Sining	Sikar	Partikler Stivelse Sukker Protein	Kemisk rent	CIP med varmt vand CIP med stærkt alkalisk middel Efter behov sur CIP
Separering	Humlesi Whirlpool	Humlerester Trub Tannin	Mikrobiologisk rent	Manuelt (humlesi) CIP med stærkt alkalisk middel Efter behov sur CIP CIP med desinfektionsmiddel
Nedsvaling	Urtledning Varmeveksler	Protein Mineralske belægnings Partikler	Mikrobiologisk rent	Varm CIP med stærkt alkalisk middel (over 72°C) CIP med desinfektionsmiddel Efter behov sur CIP
Gæring og lagring	CCT Gærtanke Lagertanke Åbne gærtanke	Gær Protein Oxidationsprodukter Tannin Sukker Mineralske belægnings	Mikrobiologisk rent	CIP med stærkt alkalisk middel CIP med desinfektionsmiddel Efter behov sur CIP Varm CIP med stærkt alkalisk middel anbefales, hvor det er muligt. Eventuelt manuelt i åbne gærkar
Filtrering	Filter	Gær Bærme Protein	Mikrobiologisk rent	CIP med alkalisk middel afpasset udstyret CIP med desinfektionsmiddel Eventuelt CIP med varmt vand (80°C)
Konditionering og blanding	Blandetank Konditionerings-tank	Gær Protein Mineralske belægnings	Mikrobiologisk rent	CIP med stærkt alkalisk middel CIP med desinfektionsmiddel Sur CIP efter behov Varm CIP med stærkt alkalisk middel anbefales, hvor det er muligt
Pasteurisering	Varmeveksler	Protein Mineralske belægnings	Mikrobiologisk rent	CIP med stærkt alkalisk middel CIP med desinfektionsmiddel Sur CIP efter behov Varm CIP med stærkt alkalisk middel anbefales, hvor det kan indpasses i den samlede rengørings-procedure
Fadtapning	Fadfylder	Protein Gærrester Mineralske belægnings Partikulære	Mikrobiologisk rent	CIP med rengøringsmiddel og desinfektionsmiddel efter leverandørens forskrift Eventuelt CIP med varmt vand

		udfældninger		
Flasketapning	Tappemaskine Anlæg til hånd- tapning	Protein Mineralske belægninger Partikulære udfældninger Gærrester	Mikrobiologisk rent	CIP med rengøringsmiddel og des- infektionsmiddel efter leverandø- rens forskrift (80°C) Eventuelt CIP med varmt vand (80°C)

De krav, der er stillet til rengøring og desinfektion i et mikrobryggeri er lidt strengere end de krav, der normalt stilles i et bryggeri. Dette skyldes især, at der i et mikrobryggeri normalt ikke er mulighed for at gennemføre en systematisk kontrol af rengøringen.

Det skyldes til dels også, at forholdet mellem overflade og rumfang i alt udstyr er større i et mikrobryggeri end i et større bryggeri. (Fx har en 10 hl tank en overflade, der relativt (m^2/m^3) er 10 gange større end overfladen i en 10.000 hl tank). Mulighederne for kontaminering er altså relativt større.

24.5 Overvågning

Det anbefales regelmæssigt at inspicere tanke og udstyr for belægninger. Den bedste kontrol opnås ved systematisk at hensætte øl fra alle produktioner til holdbarhedskontrol i varmeskab.

Det er derudover ikke muligt at etablere en sikker direkte overvågning af rengørings- og desinfektionsprocesserne i et mikrobryggeri, fordi omkostningerne vil være alt for store.

Se desuden dokumentet ”Analyse- og prøvetagningsplan”.

24.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd edt.

Fergus G. Priest et al., *Brewing Microbiology*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2003

BILAG A: Oversigt over rengøringsmidler

Let alkaliske rengøringsmidler

Let alkaliske rengøringsmidler (universelle rengøringsmidler eller ”sulfo”) har normalt pH mellem 7 og 9.

Midlerne er oftest formuleret med tensider (overfladeaktive stoffer), der hjælper med at løsne og bære snavset, og kompleksdannere, der hjælper med at binde den kalk, som er i rengøringsvandet. Der kan også indgå hydroxider og karbonater for at give midlet dets alkaliske egenskaber. Mange midler indeholder fosfater, der både fungerer som rengøringsmiddel og kompleksdanner.

Let alkaliske rengøringsmidler anvendes ofte til overfladebehandling, hvor gulve og udstyr kun er let tilsmudset og til udstyr og overflader, der ikke tåler korroderende midler.

Stærkt alkaliske rengøringsmidler

Stærkt alkaliske rengøringsmidler har normalt pH over 9 og op til 14.

Midlerne er formuleret med natrium- og kaliumhydroxyd som de aktive midler. Desuden indgår ofte fedtaminer, der fremmer forsæbningen samt tensider og kompleksbindere. Midlerne har en kraftig effekt på organisk materiale og anvendes til stærkt belagte overflader med fastsiddende smuds. Midlerne er korroderende, hvorfor de efter behov tilsættes korrosionshæmmende stoffer.

Sure rengøringsmidler

Sure rengøringsmidler har normalt pH under 7.

Midlerne er oftest formuleret med basis i en eller flere syrer (ofte salpetersyre i bryggeriindustrien) samt tensider for at sikre befugtning af overfladerne. Midlerne har en kraftig virkning på mineralske belægninger. Til krævende opgaver som varmevekslere og gærtanke anvendes de normalt i vekselvirkning med stærkt alkaliske midler, hvor de fjerner belægninger, som ikke fjernes af de alkaliske midler.

Detergenter

Gammeldags sæbe er den mest kendte detergent, men den er i dag erstattet af andre stoffer, som virker ved at have en struktur med en fedtopløselig del og en vandopløselig del.

Vanduopløseligt smuds fjernes ved, at detergenternes fedtopløselige del bærer smudset ud i væsken samtidig med, at smuds/detergent holdes i opløsning af detergentens vandopløselige del. Detergenter er især virksomme til overfladerengøring, hvor den smudsopløsende effekt kombineres med mekanisk påvirkning.

Kompleksdannere

Kompleksdannere består af to grupper, hvor den ene virker ved at bringe metaljoner i opløselig form og den anden ved at forhindre udfældning af mineralske belægninger. Begge typer anvendes meget (sammen) i CIP-væsker til bryggerierne. Mest anvendt er EDTA og NTA, gluconsyre og dets derivater samt polyfosfater.

Især EDTA er effektivt til at fjerne mineralske belægninger i varmevekslere m.m., mens NTA kan anvendes i forbindelse med meget hårdt vand. Gluconater er mest effektive i forbindelse med fri NaOH og anvendes især ved udkogning med stærk lud.

Desinfektionsmidler

Ved desinfektion dræbes eller fjernes bakterier m.m., mens deres sporer ikke dræbes.

Desinfektionsmidler eller biocider kan opdeles i oxiderende midler og ikke oxiderende midler. De sidste omfatter kvarternære ammoniumjoner, biguanidiner, amfotere joner og sure anjoner.

Oxiderende midler

Blandt disse midler har især NaOCl eller natriumhypochlorit været brugt meget i bryggerierne, da det er billigt, ikke skummende, anvendeligt i hårdt vand og effektivt selv over for virus og sporer. Ulempen er, at det korroder, er hudirriterende, misfarver materialerne og er ustabil. Desuden efterlader det mindre mængder klorfenoler, der er miljømæssigt betænkelige.

Jodofor, der indeholder komplekst bundet jod, er bredt anvendt i bryggerierne til kar, hvor aftagelige produktionsdele og eventuelt slanger opbevares. Desuden anvendes det til overfladedesinfektion i form af spray. Under brug frigives frit jod, der virker ligeså effektivt som klormidlerne.

Pereddikesyre spaltes ved brug til eddikesyre og brintoverilte, der efterfølgende frigiver aktiv ilt O. Det virker hurtigere end brintoverilte, men det har en ubehagelig lugt. Både pereddikesyre og brintoverilte anvendes meget til desinfektion ved CIP.

Kvarternære ammoniumjoner

Kvarternære ammoniumjoner anvendes bredt, fordi de er meget overfladeaktive. De er dog svære at skylle af efter desinfektionen. De er stærkt skumdannende, hvorfor de ikke anvendes i CIP-væsker.

Biguanider

Biguanider, der er derivater af guanidin (CN₃H₅), er effektive over for bakterier men ikke overfor gær og skimmel. De anvendes til specielle CIP-væsker og en del til manuel rengøring og til mikrobiel kontrol i tunnelpasteurer.

Amfotere joner

Amfotere joner virker desinficerende samtidig med, at de er overfladeaktive. De er derfor særdeles anvendelige i kombinerede rengørings- og desinfektionsmidler; især til overfladerengøring. Desuden har de en lav giftvirkning over for mennesker, ligesom de ikke er hudirriterende. På trods af en høj pris anvendes de derfor meget.

Sure anjoner

Sure anjoner virker desinficerende samtidig med, at de er overfladeaktive. De er derfor velegnede til kombinerede rengøringsmidler. Især til overfladerengøring med spray. De er imidlertid ikke anvendelige til håndbåren spray, da de kun virker ved pH omkring 2, hvorfor de ikke anvendes meget i bryggerierne.

25 CIP (CLEANING IN PLACE)

25.1 Proceidentifikation

Dette GMP-dokument vedrører CIP-rengøring af slanger, pladekøler, gærkar og lager-tanke. Vedrørende nærmere beskrivelse af rengørings- og desinfektionsmidler samt generel rengøringsteknologi henvises til GMP-dokument nr. 24 om ”Generel rengøring og overfladerengøring”.

25.2 Teknologi- og designbeskrivelse

25.2.1 Formål

Før en produktion starter, skal alle kar, slanger og pumper, der kommer i berøring med den færdigkogte afkølede urt eller det færdige øl, være rengjort og eventuelt desinficeret.

25.2.2 Teknologi

I lukkede produktionssystemer kan rengøring kun gennemføres ved hjælp af en CIP-station, der som minimum er opbygget af en beholder til rengøringsvæske, en pumpe og et filter. Desuden skal alle tanke, der skal rengøres, være forsynet med spraybowls, der sikrer spredning af CIP-væsken ud over tankvæggen.

Med et relativt lille volumen væske, der er tilsat rengørings- eller desinfektionsmiddel pumpes væsken med højt flow rundt i systemet. En effektiv rengøring opnås ved en kombination af de fire rengøringsparametre: Kemi, tid, temperatur og mekanisk påvirkning.

Ved planlægning af CIP må det sikres, at alle overflader, der ønskes rengjort, bliver berørt af CIP-væske, og at alle dele kan tåle den anvendte kemi og temperatur. Eventuelle åbne overflader afdækkes.

25.2.3 Metode

Kravene til rengøring og desinfektion er meget forskellige for de enkelte procestrin. Det er derfor vigtigt, at der til alt udstyr og procestrin vælges en korrekt metode og korrekte og anvendelige rengøringsmidler. Dette kan gøres i samarbejde med en anerkendt leverandør af rengøringsmidler.

I GMP-dokument nr. 24 om ”Generel rengøring og overfladerengøring” er givet en oversigt over procestrin med tilhørende rengøringskrav og -metoder.

Nedenstående rengøringsforløb kan normalt følges ved CIP-opgaver i mikrobryggerier.

Afskylning

Den første del af rengøringen starter altid med at skylle udstyret for grove partikler med procesvand (eventuelt opsamlet skyllevand), enten varmt eller koldt. Låger og gummipakninger m.m. rengøres separat (med sulfo og eventuelt skurepulver).

Alkalisk CIP

Især stærkt alkaliske rengøringsmidler eller lud er effektivt til at fjerne organisk materiale (se dokument nr. 24). Ved de fleste CIP-rengøringsopgaver anvendes derfor stærke alkaliske midler som første rengøringstrin. Midlets effektivitet øges med temperaturen, hvorfor der ved krævende opgaver anvendes varm CIP. Dette gælder især nedsvaling og varmevekslere generelt. Gærtanke kan ofte med fordel rengøres med varm CIP, især hvis der er tale om tanke, der ikke er konstrueret optimalt.

Afskylning efter CIP

Efter endt CIP skal alle overflader, der har haft kontakt med CIP-væske, skylles grundigt med rent procesvand.

Sur CIP

Syre er effektivt til at opløse diverse mineralske udfældninger som kalk og ølsten. Det bør ikke være nødvendigt med et syre CIP efter hvert lud CIP, men syre CIP bør gennemføres med jævne mellemrum alt efter vandets hårdhed, og hvis der er registreret synlige aflejringer. Syren skal skylles grundigt af, før udstyret kommer i kontakt med urt eller øl.

Desinfektion

Efter endt CIP kan man desinficere udstyret med et af de desinfektionsmidler, der ikke behøver at blive skyllet væk, f.eks. brintperoxid. Udstyret skal efter en sådan desinfektion afdrypes og drænes. Såfremt udstyret ikke skal anvendes umiddelbart efter CIP med brintperoxid, kan man lade det henstå med desinfektionsvæsken.

Varmedesinfektion kan også anvendes til desinfektion, hvis der er mulighed for at producere minimum 80°C varmt vand i et rengøringsloop.

25.2.4 Sikkerhed

Da der i CIP indgår kemikalier, der er stærkt ætsende, skal medarbejderen bære passende beskyttelsesudstyr f.eks. plastikhandsker, sikkerhedsbriller m.m. Medarbejderen bør ligeledes have tøj og fodtøj på, der kan tåle både vand og kemikalier. Det er derfor praktisk med enten kittel eller gummiforklæde, og som fodtøj er et par skridsikre gummi-støvler at foretrække.

Se desuden dokumentet om ”Arbejds miljø i mikrobryggerier”, der også informerer om arbejdspladsbrugsanvisninger og instruktion af medarbejderne, ligesom der informeres om ventilation og eventuel brug af åndedrætsværn.

25.3 Risikovurdering

Tabel 25.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved anvendelse af CIP.

Problem/konsekvens	Mulig årsag	Korrigerende handling
Infektion	Der er dannet biofilm i tanke og rør m.m.	Der foretages sur CIP Koncentration, tid og temperatur i basisk CIP kontrolleres og korrigeres eventuelt
Kavitation i pumper	(Kalk)belægninger i rør med forsnævring af diameter til følge	Sur CIP
Nedsat effektivitet i varmeveksler	Belægninger i varmeveksleren	Sur CIP Koncentration, tid og temperatur i basisk CIP kontrolleres og korrigeres eventuelt.
Afvigende smag i øllet, der ofte er kombineret med fravær af skum	Rengøringsvæske i øllet	Skylning af tanke og rør m.m. intensiveres og overvåges bedre

25.4 Hygiejnisk design

25.4.1 Design og Materialevalg

Det er vigtigt at have gjort sig tanker om, hvordan produktionsanlægget mest effektivt, hurtigst og billigst gøres rent. Allerede under design af anlægget bør laves en plan ikke bare over produktionsflow, men også rengøringsvejene. Såfremt pumper eller pladevarmevekslere skal beskyttes særskilt mod grove partikler, gøres dette bedst ved at installere en filtersi i rørsystemet (skal kunne udtages, inspiceres og renses manuelt).

Det er hensigtsmæssigt, at tanke og kar er af rustfrit stål, som er lette at rengøre og er resistente over for både alkalisk og sur CIP. Slanger bør være af en god kraftig kvalitet godkendt til fødevarerbrug, som kan tåle CIP. Koblinger og slangestudse bør også være af rustfrit stål og udformet på en sådan måde, at de er lette at rengøre.

25.5 Overvågning

Det er vigtigt at kontrollere, at al CIP-væske er skyllet væk. Dette gøres nemmest ved at kontrollere pH eller ledningsevne af sidste skyllevand (afhængigt af kemikaliet). Efter endt rengøring og skylning skal udstyret undersøges visuelt for at inspicere, om alle rester af snavs er væk. Det gælder kar, slanger og slangestudser. Det er selvfølgelig begrænset, hvor meget en slange eller en pladekøler kan undersøges, men så vidt det er muligt, skal alle overflader, der kommer i kontakt med urt eller øl, inspiceres. Udstyret

skal holdes rent efter CIP, fx ved påsætning af blindstudser på røråbninger. Slinger og andre smådele kan med fordel opbevares i et slangekar med desinfektionsvæske til næste brug. Hvis udstyret ikke er rent, skal de dele, der ikke opfylder rengøringskravet, gøres rent igen eventuelt manuelt.

Overflader kan kontrolleres ved hjælp af ATP-måling, der dog kræver udstyr til formålet, eller svaberprøver kan udtages og sendes til mikrobiologisk dyrkning.

25.6 Litteratur

- Lewis, M. J. and Young, T. W., 2001: *Brewing*, Kluwer Academic/ Plenum Publisher
- Diplombrygger uddannelse, 2006: Diverse slides, Den Skandinaviske Bryggerhøjskole
- Ecolab: Produktbeskrivelser, Leverandøranvisninger
- Farmadan: Produktbeskrivelser, Leverandøranvisninger
- JohnsonDiversey: Produktbeskrivelser, Leverandøranvisninger

26 SLANGER

26.1 Proceidentifikation

Slanger anvendt i ølproduktion, til mask, urt, færdig øl og CIP.

26.2 Teknologi- og designbeskrivelse

Anvendte slanger skal være fødevarer godkendte og ikke afgive nogen smag, lugt eller skadelige stoffer.

26.3 Risikovurdering

Slanger kan være en potentiel infektionskilde, specielt hvis slangerne er ældre og har fået indvendige skader. Revner o.l. efter slid fra mask, høje temperaturer, tryk og eventuelt en for højkemikaliekoncentration, gør det svært at opretholde tilstrækkelig hygiejne.

Tabel 26.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved anvendelse af slanger.

Problem	Årsager	Korrigerende handling
Skader på studser, flanger	Slag mod gulv o.a. Værktøjsskader	Studser kan beskyttes med gum-mikapper
Ydre revner/knæk ved spændebånd Knæk på slanger	Knæk på grund af slangens vægt i forbindelse med vandret tilslutning Ukorrekt opbevaring	Eventuel ændring af tilslutningspunkter på flowplader og tanke Slangekar
Revner i overflade generelt	Temperaturudvidelse og sammen-trækning i forbindelse med CIP Trykstød ved ventillukning	Kontrollere rengøringsbetingelser Langsom(mere) lukning af ventiler
Indre revner	Temperaturudvidelse og sammen-trækning i forbindelse CIP Kemikaliepåvirkning Trykstød ved ventillukning	Kontrollere rengøringsbetingelser Langsom(mere) lukning af ventiler
Kronisk mikrobiel infektion	Revner og skader på inderside af slanger Reinfektion efter rengøring	Kontrollere rengøringsbetingelser Slangekar og desinfektion Afskære ender Nye slanger

26.4 Hygiejnisk design

Slanger kan være fremstillet af syntetiske gummimaterialer: NBR, EPDM, MPQ osv. Betegnelser der dækker over diverse nitril-, propylen-, mv. baserede gummislanger.

Disse har forskellige egenskaber, men har en relativ god modstandsdygtighed overfor kemikalier. Temperaturbestandigheden er typisk opgivet til 95°C.

Slangerne skal kunne modstå de kemikalier (inkl. alkohol) og temperaturer, som anvendes under både produktion og CIP. At have mere end et sæt slanger giver mulighed for at anvende dem til specifikke formål:

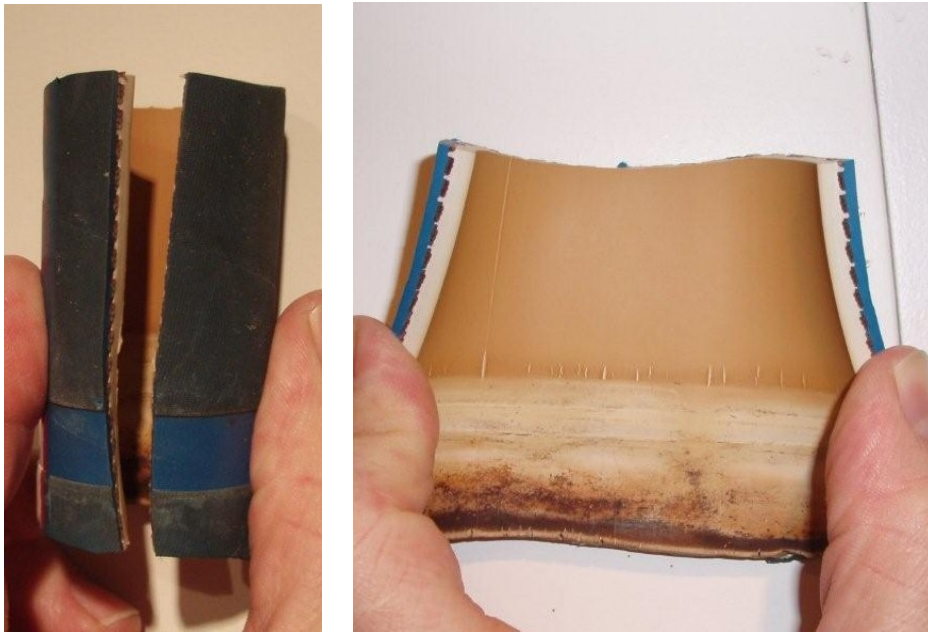
- Et hold til mask: Stort slid, risiko for indvendige revner, ikke hygiejnekritisk område
- Et hold til varm urt før pladekøler: Højt tryk og høj temperatur, risiko for indvendige revner, ikke hygiejnekritisk område
- Et hold til nedsvalet urt, transfer af færdigt øl o.l.: Lav temperatur, varierende tryk, hygiejnekritisk område

Man bør tilstræbe at rengøre slanger, der anvendes i hygiejnekritiske områder i et trykførende kredsløb. Med den trykbetingede udvidelse af slangernes indvendige side mindskes risikoen for infektioner forårsaget af mulige revner, der optræder ”lukkede” under neutralt tryk. Disse slanger kan med fordel opbevares i desinfektionsvæske, når de ikke er i brug. Der kan forekomme luftlommer i slanger, som må fjernes for at opnå effektiv desinfektion i slangekar.

Slanger bør ikke opbevares hængende i begge ender, da det på grund af slangens vægt kan skabe knæk og revner i slangen, der nedsætter slangens levetid.

26.5 Overvågning og forebyggelse af skader

Revner og anden beskadigelse af slanger opstår oftest i de yderste dele af enderne, som derfor med fordel kan kasseres med ”passende” tidsintervaller afhængig af anvendelsen. Hvis man har forskruninger monteret med spændebånd, afmonteres disse, og 10 cm i hver ende af slangen skæres af og kasseres. De fraskårne ender kan skæres op langsående og åbnes, så man får en indikation af slid mv. og dermed fastlæggelse af tidsintervallerne.



Figur 26.1 Eksempel på opskåret endestykke af gummislange.

Slangeinspektion kan også foretages med endoskop, kontakt fx firmaet BACTOFORCE for yderligere information.

26.6 Litteratur

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd ed.

<http://www.brewingtechniques.com/library/backissues/issue2.6/allen.html>, December 2008

Glenn Madsen, Bactoforce A/S, www.bactoforce.com