

Is mijn bier voldoende uitgegist ?

Vele bieren van hobbybrouwers bereiken een eind-densiteit van rond de SG=1,014 of zelfs richting SG=1,020. Zelden lager dan 1,010.

De meeste “betere” Belgische bieren bereiken een eind-densiteit rond SG=1,010 en lager. Enkele voorbeelden uit tabel-1 maken dit duidelijk :

Tabel-1 : Eind SG , stamwort, vergistingsgraad, restextract Belgische bieren

	Westmalle Tripel	Westmalle Dubbel	Duvel	Chimay blauw	Orval 6 maanden
Eind SG bier	1,009	1,008	1,005	1,008	1,003
vol % alcohol	9,6%	7,3%	8,5%	9,0%	6,8%
Stamwort SG	1,081	1,063	1,069	1,077	1,055
Stamwort °P	19,6	15,6	16,9	18,7	13,6
Vergistinggraad, schijnbaar	88%	87%	93%	89%	94%
Vergistingsgraad, werkelijk	71%	70%	75%	72%	76%
Bitterheid, EBU	35	26	30	35	38
Restextract werkelijk, gram/liter	61	49	45	56	34

Uit tabel-1 is duidelijk dat voor de betere Belgische bieren geldt dat:

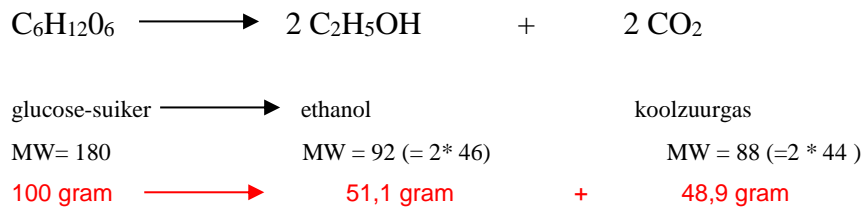
- Eind SG-densiteit van het bier rond 1,010 en lager
- Werkelijke Vergistingsgraad minstens 70%
- Werkelijk restextract lager dan 62 gram/liter

In wat verder volgt zullen we enkele aspecten belichten waarom dat zo is.

Orval heeft de laagste eind-densiteit en het laagste restextract omdat Orval een tweede “wilde” gist gebruikt die ook dextrines kan vergisten. Meer daarover later.

Stamwort , Stamwort-extract en Gistingsproces

Tijdens het gistingsproces is het normaal de bedoeling dat de gebruikte gist ALLE vergistbare suikers aanwezig in het stamwort omzet naar alcohol en CO₂ volgens de stoechiometrische reactie :



Waarbij de gist 100 gram glucose-suiker stoichiometrisch omzet in ongeveer 51 gram alcohol en 49 gram CO₂

In de realiteit van het brouwen vertrekt men echter van een stamwort extract (*bestaande uit suikers, dextrines, eiwitten, aminozuren, ...*) waarbij de toegevoegde gist ook een (klein) deel van het extract verbruikt om enkel en alleen meer gist te produceren. De gistgroei en dus toename in gistmassa is afhankelijk van de temperatuur, de samenstelling van het wort en de intensiteit van zuurstof toevoer. Een typische waarde voor gistgroei is ongeveer 2-3 verdubbelingen van de startpopulatie.

Prof. Carl Balling (rond 1850) vond de volgende gemiddelde waarden voor Pils bieren (*deze resultaten werden herhaaldelijk bevestigd in een grootschalige studie op industriële schaal in de Carlsberg brouwerij in Kopenhagen*) :

Uit 2,0665 gram wort extract ontstaat ongeveer :

- 1 gram ethanol
- 0,9565 gram koolzuur
- 0,11 gram gist

Omgerekend naar 100 gram extract vermindering wordt dit :



Voor de familie van bovengisten ("Ale" gisten) duurt het gistingsproces ongeveer 3 tot 5 dagen, waarbij de densiteit zal dalen tot een welbepaald minimum omdat :

1. Het **stamwort-extract** gehalte afneemt door het verdwijnen van de vergistbare suikers
2. De gevormde alcohol (met densiteit lager dan water) de densiteit doet dalen
3. Als alle vergistbare suikers zijn omgezet, bereikt men de laagst mogelijke densiteit, met de hoogst mogelijke vergistingsgraad

Stamwort extract : wat is dat ?

Wat is nu dat “extract” van het stamwort ?

Het extract is de som van alle opgeloste stoffen aanwezig in het stamwort. Het standaardwerk “Bierbrouwerij” van Prof. Narziss (Leerstoel Brouwerij Technologie Univ. Munchen) vermeldt voor een stamwort uit 100% gerstmout storting , na hop koken, de volgende *gemiddelde* samenstelling:

Stamwort extract samenstelling	%	Vergistbaar ??
Fructose en Glucose ($C_6H_{12}O_6$)	7-9 %	Vergistbare suiker
Saccharose (=sucrose) ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	1-3%	Vergistbare suiker
Maltose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	43-47%	Vergistbare suiker
Maltotriose ($C_{36}H_{72}O_{32}$)	11-13%	Vergistbare suiker
Dextrines (Glu-4 tot Glu-27)	25-36%	Niet vergistbaar
Peptiden (Stikstof verbindingen)	3-5%	Niet vergistbaar
Smaak&bitterstoffen&mineralen	1-3%	Niet vergistbaar
TOTAAL	100 %	

Samengevat :

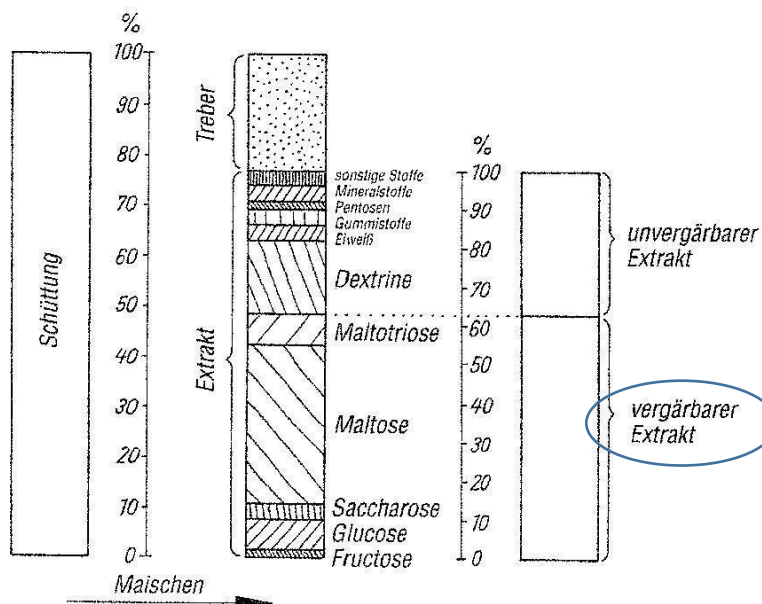
een “normaal” stamwort extract uit 100% gerstmout bevat ongeveer 60-65% vergistbare suikers.

Met “normaal” bedoelen we een stamwort bekomen via een maischschema met een rustpauze van minstens 60-90 minuten bij 60-65°C

Prof. Kunze in zijn standaardwerk “Brouwerij Technologie” bevestigt de gegevens van Narziss en gebruikt daarvoor de volgende illustratie voor een 100% gerstmout storting:

Prof. Kunze in “Bier technologie” :

Vergärbarer Extract = vergistbaar extract = ongeveer 63%



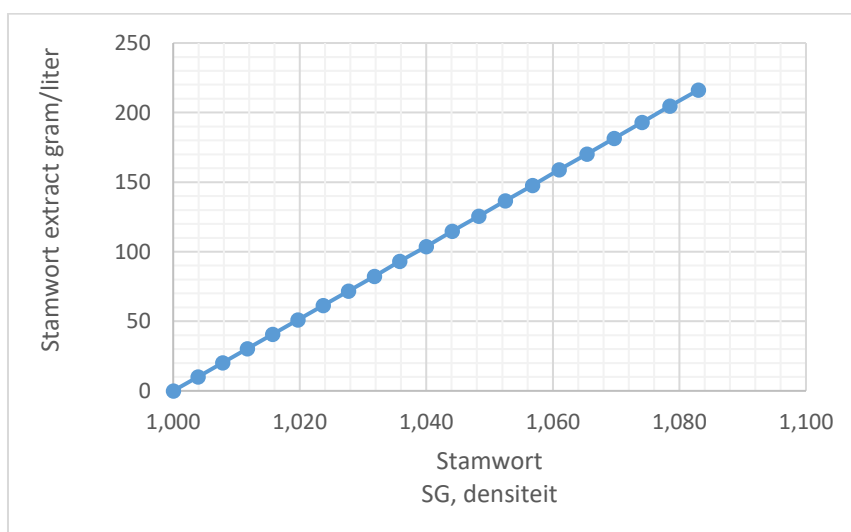
Kunze samenvatting :

1. Professionele brouwerijen halen tijdens het maischen ongeveer 75 tot 80% oplosbaar extract uit de mout storting (*voor hobby brouwers ligt dit rendement eerder tussen 55-65%, zie VAW magazine 2014-Nr6*). De rest, 20-25 % van de storting, is de draf (Treber) die achterblijft tijdens het filteren
2. Het oplosbaar extract, bekomen tijdens het maischen, bevat ongeveer 60-65 % vergistbare suikers.
3. Dit betekent dat voor een gemiddelde wort samenstelling uit 100 % gerstmout de maximale **werkelijke vergistingsgraad (=WVG)**, reeds vastligt voor dat de gisting begint : namelijk tussen de 60-65 %

Uit dit laatste punt 3. volgt dat de laagst mogelijke eind-densiteit ook reeds vastligt voor dat de gisting begint...omdat zelfs met de beste gist je nooit meer dan alle vergistbare suikers kan omzetten.

Enkel “wilde” gisten zijn in staat om ook de dextrines aanwezig in het stamwort extract om te zetten naar alcohol en CO₂. Daarom zal een verse Orval van 1 maand oud anders smaken dan een Orval van 1 jaar omdat de gebruikte tweede “wilde” gist met de tijd alle dextrines nog aanwezig in het restextract zal omzetten. Daarom is de SG (densiteit) van een 6 maanden oude Orval zo laag (SG=1,003)

Fig-1 : Relatie tussen Extract van het stamwort en SG (densiteit)



Er is een “nagenoeg” lineaire relatie tussen toename van het stamwort extract in gram/liter en de stijging van SG (densiteit).

- Een Stamwort met SG = 1,070 bevat 182 gram extract / liter (tabel-2)
- Van deze 182 gram/liter kan er maximaal ongeveer 63% worden omgezet in alcohol en CO₂
- Na vergisting blijft er dus in het bier ongeveer 37% van het stamwort extract over als restextract. Dit restextract aanwezig in het bier van ons voorbeeld komt neer op $182 \cdot 0,37 = 67$ gram/liter

Restextract van bier : wat is dat ?

Het werkelijk restextract nog aanwezig in bier is het niet vergiste extract van het stamwort. Een bier dat voldoende is vergist (met WVG=60-65%) heeft een restextract dat voor 80% bestaat uit dextrines en 15% oplosbare eiwitten. Een bier dat onvoldoende is vergist zal daar bovenop nog een zeker gehalte aan vergistbare suikers bevatten zoals maltotriose die het bier een al of niet gewenste zoetige smaak geven.

De hoeveelheid restextract aanwezig in bier kan eenvoudig worden berekend :

Werkelijk Restextract in bier = Stamwort * % Niet-vergistbaar extract

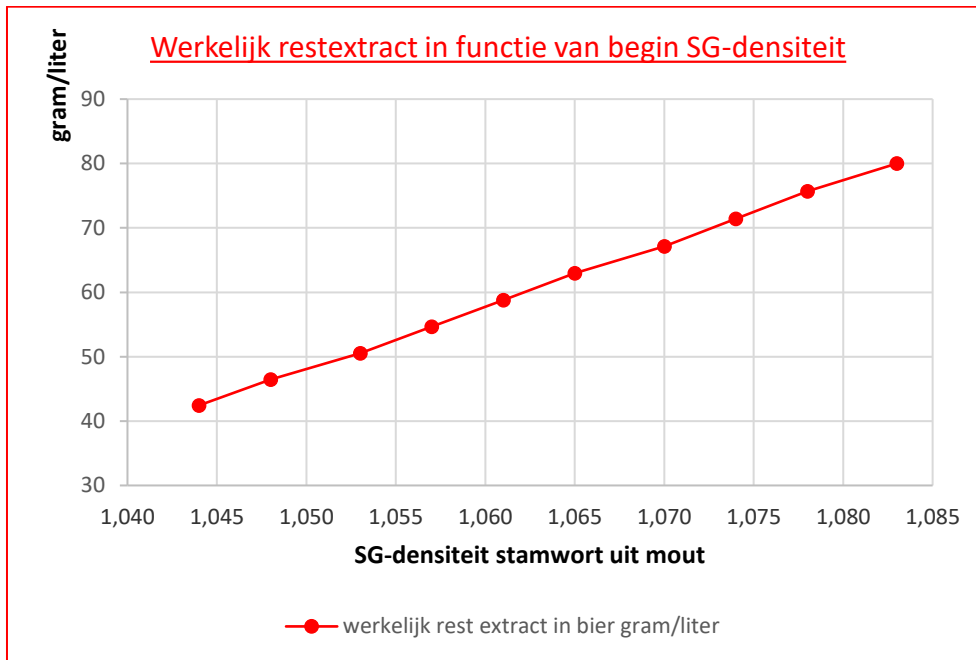
Tabel-2 : Berekening werkelijk restextract in bier met WVG=63%

Stamwort uit 100% gerstmout met 63% vergistbare suikers			BIER
°Plato gram/100 gram	densiteit 20°C / 20°C	Stamwort extract gram/ liter	Werkelijk restextract in bier gram/liter
11,0	1,044	115	42
12,0	1,048	126	46
13,0	1,053	137	51
14,0	1,057	148	55
15,0	1,061	159	59
16,0	1,065	170	63
17,0	1,070	182	67
18,0	1,074	193	71
19,0	1,078	205	76
20,0	1,083	216	80

Dus als de densiteit van het stamwort stijgt van 1,050 naar 1,080, dan zal het restextract van het bier ook automatisch stijgen van 53 gram/liter naar 78 gram/liter. En dat laatste (78 gr/liter) zal “zwaar” op de maag liggen bij de meeste proevers...

Dit wordt ook weergegeven in Fig-1, waarbij het werkelijk restextract van het bier wordt weergegeven in functie van SG-densiteit stamwort uit mout.

Fig-1 : werkelijk restextract in bier in functie van begin SG



Enkele opmerkingen over resultaten in tabel-1 en tabel-2 met Fig-1

- Voor de meeste proevers wordt een blond bier met een werkelijk restextract boven 65 gram/liter meestal ervaren als onaangenaam met plakkerige nasmaak en als niet-dorstlessend. Het hoge restextract, met al zijn dextrines, ligt bij vele proevers “zwaar” op de maag.
- Een bier met een zeer laag restextract uit tabel-1 is Duvel, bekend voor zijn droge smaak en dorstlessende eigenschappen.
- Enkel Orval heeft een nog lager restextract dan Duvel door het gebruik van een 2^{de} wilde gist.
- Donkere bieren zoals Westvleteren 12 (en ook Westmalle Tripel) compenseren het relatief hoge restextract meestal met een hoge bitterheid. Zodat de totale smaakervaring in evenwicht blijft. Uitzondering op deze regel is het donkere Kasteelbier, dat een hoog restextract heeft en een lage bitterheid, daardoor bewust mikt op liefhebbers van zware-zoete bieren.

Vergistingsgraad

De werkelijke vergistingsgraad van bier kan worden bepaald door het meten van begin en eind extract van het wort voor en na de gisting volgens

$$\text{Werkelijke Vergistingsgraad, WVG,} = \frac{\text{Begin extract} - \text{Werkelijk Eind extract}}{\text{Begin extract}}$$



Helaas, voor een hobbybrouwer, zonder een Anton Paar apparaat, is de meting van het werkelijk eindextract niet mogelijk omdat de gevormde alcohol de SG meting extra zal doen dalen omdat alcohol een lagere densiteit heeft dan water.

Vanwege dit storende alcohol effect spreken we daarom van schijnbaar restextract en schijnbare vergistingsgraad, SVG. We noemen dit “schijnbaar” omdat alle gegevens in de tabel van Plato en Goldiner-Klemann en Brix (brekingsindex) niet geldig zijn voor mengsels van water en alcohol. Omdat alcohol zowel de meting van SG als van brekingsindex verstoort.

Het goede nieuws is dat men dankzij het werk van Balling (formule van Balling) een goede benadering heeft om de schijnbare en werkelijke vergistingsgraad te bepalen aan de hand van slechts 2 SG metingen : SG van stamwort en SG van bier na einde gisting.

Voorbeeld

- Stamwort SG = 1,070
- SG einde gisting = 1,014
- Goede benadering SVG = $(70-14)/70 = 80\%$
- Goede benadering via Balling formule WVG = $0,81 * SVG = 65\%$

Omgekeerd is ook mogelijk om de laagst mogelijke schijnbare eind-densiteit voor een 100% gerstmout storting eenvoudig te berekenen volgens :

Voorbeeld

- Stamwort SG = 1,070 (dit is 17 °Pt via tabel Goldiner Klemann)

- We veronderstellen dat WVG = 63% (een goed gemiddelde)
- We werken met de formule $SG = 1 + 0,004 * \text{°Pt}$ (een goede benadering)
- We gebruiken formule van Balling : $WVG = 0,81 * SVG$

Dan volgt :

- Schijnbare vergistingsgraad $SVG = 63\% / 0,81 = 78 \%$ (via Balling formule)
- Schijnbaar restextract = 22%
- Mogelijk schijnbare eind-densiteit = $1 + 0,004 * (17\text{°Pt} * 0,22) = 1,015$

In volgende tabel-3 is deze eenvoudige berekening gedaan voor een stamwort gaande van 11°Pt (SG = 1,044) tot 20 °Pt (SG = 1083).

Tabel 3. Berekening van laagst mogelijk schijnbaar eind-SG en restextract

We veronderstellen dat het bekomen stamwort een extract samenstelling heeft met WVG = 63% op basis van een “normaal” maischschemata met 100% gerstmout.

Tabel Goldiner Klemann			Bier eigenschappen	
Vergistbare suikers in stamwort extract 63%			werkelijk rest extract gram/liter	laagst mogelijk schijnbaar eind SG
°Plato gram/100 gram	SG densiteit	Stamwort extract gram / liter		
11,0	1,044	115	42	1,010
12,0	1,048	126	46	1,011
13,0	1,053	137	51	1,012
14,0	1,057	148	55	1,012
15,0	1,061	159	59	1,013
16,0	1,065	170	63	1,014
17,0	1,070	182	67	1,015
18,0	1,074	193	71	1,016
19,0	1,078	205	76	1,017
20,0	1,083	216	80	1,018

De berekening in tabel-3 toont het laagst mogelijk haalbare schijnbaar eind-SG voor een wort met een gemiddelde samenstelling van 63% vergistbare suikers en een perfecte giststam die ALLE vergistbare suikers daadwerkelijk omzet.

Afhankelijk van de gebruikte giststam moet dit WVG % worden aangepast om een juiste voorspelling te doen voor het laagst mogelijk haalbare schijnbaar eind-SG. In de praktijk kan dit enkel een hoger eind SG opleveren.

Conclusie:

- met een 100% gerstmout storting kan men nooit een laag eind SG bekomen
- het restextract nog aanwezig in het bier stijgt lineair met toename stamwort
- de betere Belgische bieren van tabel-1 gebruiken, als onderdeel van het stamwort extract, allemaal toegevoegde suiker of adjuncten met een hoog gehalte aan vergistbare suikers.

Giststam en “probleem” suiker maltotriose

Alle bovengisten hebben een bepaalde volgorde om suikers om te zetten:

- Eerst glucose en fructose, daarna pas maltose
- daarna de “probleem” suiker maltotriose (zeer afhankelijk van giststam)

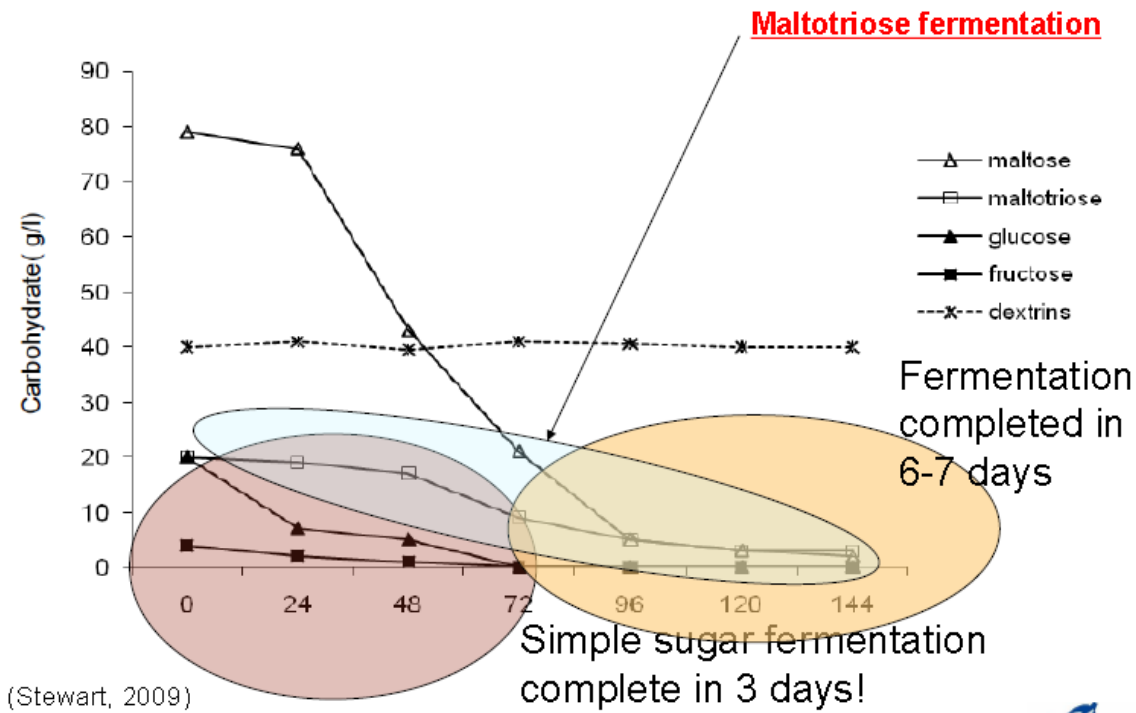
Vele gisten zijn niet in staat zijn om alle vergistbare suikers daadwerkelijk allemaal om te zetten in alcohol en CO₂. Vele giststammen hebben namelijk een probleem met de omzetting van maltotriose dat ongeveer voor 11-13 % aanwezig is in het stamwort extract.

Fermentis (2009) geeft hiervoor de volgende nuttige informatie, zie Fig-2, over de omzetting van de verschillende suikers in de loop van 6 dagen gistingsproces:

In Fig-2 : De verticale as geeft de hoeveelheid weer van de verschillende vergistbare suikers en de niet-vergistbare dextrines aanwezig in een stamwort van ongeveer 15,5 °Pt (SG = 1,063). De horizontale as is de tijdsduur van het gistingsproces in uren.

De 3 “simpele” vergistbare suikers glucose-fructose-maltose zijn al na 3 dagen volledig omgezet. De gist begint pas aan de “moeilijke” vergistbare suiker maltotriose op de 3^{de} dag...

Fig-2: Verloop van verschillende suikers en dextrines tijdens gisting



In Fig-2 ziet men duidelijk dat:

- De hoeveelheid dextrines (40 gram/liter) neemt niet af tijdens de 6 dagen durende gisting. Deze dextrines blijven aanwezig in het bier als “restextract”
- Glucose en fructose worden vanaf 1st dag als eerste suikers snel omgezet
- Vanaf 2^{de} dag wordt maltose omgezet
- Na 3 dagen zijn de “simpele” vergistbare suikers volledig omgezet.
- Vanaf 3^{de} dag begint de gist pas aan maltotriose

Het al of niet (volledig) vergisten van maltotriose zal bepalen of een giststam een vergistingsgraad heeft van “laag-medium-hoog”.

Schijnbare vergistingsgraad van enkele gisten:

- Safbrew T-58 = 70% (geen omzetting maltotriose)
- Safbrew S-33 = 70% (geen omzetting maltotriose)
- Safale S-04 = 75% (gedeeltelijke omzetting maltotriose)
- Safale US-05 = 81% (alle vergistbare suikers worden omgezet)
- Wyeast 3787 = 74-78% (alle vergistbare suikers worden omgezet)
- Mauribrew Ale 514 = 81% (alle vergistbare suikers worden omgezet)

Conclusie

- Met T-58 kan je moeilijk een “droog” bier maken vanuit een hoog stamwort omdat die gist maltotriose niet of moeilijk kan omzetten
- Met T-58 kan je wel een volmondig bier maken vanuit een laag stamwort.
- US-05, Wyeast-3787 en Mauribrew Ale 514 zijn best geschikt om hoogst mogelijke vergistingsgraad en laagst mogelijk restextract te bereiken

Tijdens het gistingsproces kan er ook nog van alles misgaan (te kort aan zuurstof, FAN, zink,..) zodat de gist niet voldoende presteert. Vele gisten laten het ook afweten als %vol alcohol boven de 6-7% stijgt.

Als gevolg van al deze mogelijke problemen kan de gemeten eind-densiteit op een hogere waarde blijven hangen.

Hoe maak ik een bier met schijnbaar eind-SG van SG=1,010 of lager ?

We beginnen met een maisschema dat uit de moutstorting een extract uit gerstmout oplevert van ongeveer 64% vergistbare suikers. Dus best 80 minuten maischen bij 63-65°C.

We wensen een stevig blond bier met alcohol = 9 vol%. We kiezen voor een dorstlesser en doordrinker. Daarom nemen we als basis een mout storting van 14 °Pt zodat het rest-extract van ons bier ongeveer 50-55 gram/liter bedraagt (zie tabel 1 als gids).

Omdat het extract bekomen uit de mout storting van 14°Pt maar 6,1 vol% alcohol kan geven, zullen we extra suiker toevoegen, einde koken.

We gebruiken sucrose (witte suiker) met vergistingsgraad =100%. We corrigeren voor 1% vocht gehalte, zodat WVG van de sucrose suiker =99%

Tabel-4 berekend dan op een eenvoudige manier de te gebruiken hoeveelheid sucrose suiker en het laagst mogelijk haalbare schijnbare eind-SG, en het restextract dat achterblijft in het bier. De nauwkeurigheid van de gebruikte eenvoudige formules vallen binnen de foutenmarges van onze meet apparatuur (SG hydrometer, BRIX brekingsindex). De enige grote onbekende is natuurlijk het %WVG van het extract bekomen uit de mout storting. Dat kan door terugkoppeling na 3 dezelfde bier producties makkelijk worden bijgesteld.

Tabel-4 : Recept Tripel 9° voor eind-SG van ongeveer SG=1,010 (of lager)

Bierrecepten excell-sheet voor laag schijnbaar eind SG					
Input nodig in blauw					
%WVG-mout = %vergistbare suikers in stamwort uit gerstmout storting (tussen 60-65%)					
% WVG mout storting		64%	maisschema min. 80 min 63-65°C		
Gewenst Stamwort uit mout, °Pt		14,0	tussen 13-15 °Pt (restextract 50-60 gr/li)		
Gewenst % vol alcohol in bier		9,0	incl.0,5 % uit hergisting op fles		
% WVG toegevoegde suiker, sucrose		99%	100% vergistbaar, met 1% vocht		
sucrose suiker nodig in gram per liter stamwort voor +1 vol% alcohol					15,6
Rest wordt berekend in rood					
SG- densiteit uit mout storting		1,057	SG Stamwort zonder suiker toevoeging		
Mogelijk alcohol uit mout storting, vol%		6,1			
Werkelijk rest-extract in bier, gram/liter		54			
Laagst mogelijk schijnbaar eind SG		1,009			
Berekening extra suiker nodig voor gewenst bier en °Pt Stamwort einde koken (mout +suiker)					
extra suiker nodig, gram/liter	°Pt uit extra suiker	°Pt Stamwort mout+suiker	SG Stamwort mout+suiker	% extra suiker in stamwort	WVG Stamwort mout+extra suiker
37	3,5	17,5	1,071	20%	71%
Gewenst Stamwort na koken in liter		20	hoeveelheid brouwwater en spoelwater is afhankelijk van apparatuur en brouwmethode. Hou rekening met alle verliezen voor BZR waarde		
Brouwzaalrendement, BZR		60%			
Totale hoeveelheid mout, gram		4933			
Extra suiker toevoegen, gram		744	toevoegen einde koken, na controle stamwort uit mout en volume		
Tripel 9°		%	gram		
Pils mout		75%	3700		
Pale mout		20%	987		
Munich mout		5%	247		
Totale mout storting		100%	4933		
sucrose suiker			744		
Hop Cascades 5%, EBU		35	71		

Voorbeeld Tripel 9° uit Tabel-4

- Gewenst : gerstmout storting berekenen voor 14°Pt (dit geeft SG = 1,057)

- We veronderstellen dat het extract bekomen uit gerstmout storting een samenstelling heeft met ongeveer 64% vergistbare suikers (maisschema minstens 80 min tussen 63-65°C°)
- Voor het bereiken van 9 vol% alcohol is er een extra sucrose suiker storting van ongeveer 3,5 °Pt nodig : dit is ongeveer 37 gram suiker toevoegen per liter stamwort. Deze extra suiker toevoegen einde koken, na controle meting van stamwort uit mout storting. (zowel °Pt als volume check)
- Samen (toegevoegde suiker + extract uit mout) is dit een stamwort einde koken van 17,5 °Pt (SG = 1,071)

De werkelijke vergistingsgraad van dit Stamwort van 17,5°Pt is:

- $WVG = (14 * 64\% + 3,5 * 100\%) / 17,5 = 71\%$
- De schijnbare vergistingsgraad van dit bier is $= 71\% / 0,81 = 88\%$
- Het schijnbare restextract van dit bier $= 12\%$ van het totale stamwort
- Het schijnbaar eind SG $= 1 + (0,004 * 17,5 * 12\%) = 1,009$

Het voorgaande is enkel mogelijk met een giststam die maltotriose volledig kan omzetten en die ook bestand is tegen een hoog alcohol gehalte van 9 vol %, zoals bv. Wyeast 3787 of Mauribrew Ale 514, of andere.

Conclusie

- Stamwort van 100% gerstmout bevat ongeveer 60-65 % vergistbaar extract.
- Hiermee wordt eigenlijk meteen de hoogst mogelijke haalbare werkelijke eindvergistingsgraad al vastgelegd bij 60-65%, nog voor dat de gisting is begonnen.
- Met 100% gerstmout storting kan men nooit een laag eind-SG bekomen
- Hogere WVG % waarden enkel mogelijk door toevoegen van extra suiker of adjuncten met hoger gehalte aan vergistbare suikers. Of door het gebruik van een “wilde” gist die ook dextrines kan vergisten
- Voor een bier (alcohol > 8 vol%) met een laag eind-SG: minstens 18-20% suiker gebruiken als onderdeel van het stamwort

Dr. Ing. F.Meeus

Alle tabellen zijn beschikbaar in excell-sheet en kunnen worden bekomen door mail te sturen naar ferdinand@kwantum.biz

Bronnen

- Abriss der Bierbrauerei (2004). Prof. Ludwig Narziss
- Technologie Brauer und Malzer (1998). Prof. Wolfgang Kunze

- Brew like a Monk (2005) Stan Hieronymus
- Fermentis web-site
- Balling's formula – scrutiny of a brewing dogma (2006) The Scandinavian School of Brewing