

## L'évolution des sucres et de la densité du moût durant la fermentation de la bière

**Simone Bellasai** Chimiste – œnologue et expert d'analyse de denrées alimentaires et boissons chez CDR – **Lisa Mearelli** chercheur du CDR Chemical Lab "Francesco Bonicolini"

Un des problèmes cruciaux dans le contrôle du processus de fabrication de la bière est représenté par la bonne détermination de la fin de la fermentation. Le 'priming' est une autre phase du processus de fabrication de la bière pouvant causer des problèmes désagréables.

Les chercheurs du laboratoire chimique CDR "Francesco Bonicolini" ont mené une étude sur la fabrication de la bière dans le but de:

- Comprendre quelle est la méthode la meilleure pour déterminer la fin du processus de fermentation
- Déterminer la concentration résiduelle de sucres de manière à éviter tout problème dans la phase de 'priming'.

À cette fin, ils ont étudié l'évolution des sucres fermentescibles et la variation de la densité du moût durant la fermentation.

### Les sucres dans le moût de la bière

Dans le moût de la bière on peut trouver quatre types de sucres:

- **Glucose et fructose:** des sucres simples entièrement fermentescibles par les levures utilisés dans la fabrication de la bière;
- **Maltose:** un sucre complexe, formé de deux molécules de glucose, entièrement fermentescibles par des levures;
- **Maltotriose:** un sucre complexe, formé de trois molécules de glucose ; il est entièrement fermentescible seulement par certaines levures utilisées dans la fabrication de la bière, alors que par d'autres il est partiellement fermentescible ou même infermentescible;
- **Saccharose:** un sucre complexe, formé d'une molécule de glucose et une de fructose, aisément fermentescible par les levures.

Le glucose, le fructose, le maltose et le maltotriose sont des sucres naturellement présents dans le moût de la bière résultant de l'amidon de l'orge utilisé dans le brassage, alors que le saccharose peut être ajouté par le brasseur si la recette de fabrication de la bière le prévoit.

### Matériels et méthodes

Afin de pouvoir réaliser cette étude il a été nécessaire de produire deux moûts de bière au labo, selon les recettes suivantes.

#### RECETTE BIÈRE 1

INGREDIENTS	TYPLOGIE	QUANTITÉ
Extrait de malte	<i>Extrait de malte liquide extra light</i>	489 gr
Extrait de malte sec	<i>Extrait de malte sec extra light</i>	250 gr
Houblon	<i>Houblon en pellets Cascade</i>	22 gr
Zestes d'orange	<i>Zestes d'orange douce séchées</i>	23 gr
Saccharose	<i>Sucre alimentaire</i>	50 gr
Eau	**	5 L
Levure	<i>White labs WLP002 (attenuazione: 63-70%)</i>	8,7 mL

## RECETTE BIÈRE 2

INGREDIENTS	TYPLOGIE	QUANTITÉ
Extrait de malte	<i>Extrait de malte liquide extra light</i>	489 gr
Extrait de malte sec	<i>Extrait de malte sec extra light</i>	250 gr
Houblon	<i>Houblon en pellets Cascade</i>	22 gr
Zestes d'orange	<i>Zestes d'orange douce séchées</i>	23 gr
Saccharose	<i>Sucre alimentaire</i>	50 gr
Eau	**	5 L
Levure	<i>White labs WLP099 (attenuazione: 80-100%)</i>	7,6 mL

\*\* L'eau utilisée avait les caractéristiques suivantes:

- Calcium: 115 mg/L
- Alcalinité: 98 ppm
- Sulfates: 256 mg/L
- Chlorures: 56 mg/L

### Levures utilisées

Les deux bières ont été fabriquées selon des recettes pour bières IPA, exception faite pour la levure. En effet, dans une bière on a ajouté une levure à faible atténuation au moût, alors que dans l'autre bière l'on a ajouté une levure à haute atténuation. Les caractéristiques des levures utilisées sont les suivantes:

- *White Labs WLP002*: c'est une levure à faible atténuation (63-70%) qui n'est donc pas à même de transformer tous les sucres en alcool. La plage de température optimale pour la fermentation est de 18-20°C, elle a une floculation élevée et une tolérance moyenne à l'alcool (5-10% v/v). Une légère production de diacétyle est commune. À cause de la floculation élevée de cette souche, la bière finie sera claire et la levure pourra être facilement récupérée par le brasseur pour une utilisation ultérieure. Ce type de levure peut apparaître coagulé.
- *White Labs WLP099*: c'est une levure à atténuation élevée (80-100%) qui est donc capable de transformer tous les sucres en alcool. La plage de température optimale pour la fermentation est de 18-20.5°C ; elle montre une floculation moyenne et a une tolérance à l'alcool très élevée (>15% v/v). Ce type de levure a été génétiquement modifié pour accroître le pourcentage d'atténuation.

A partir du moment de l'inoculation des deux levures, nous avons collecté des données sur la concentration des sucres fermentescibles et sur la densité de chaque moût.

### Les instruments de mesure et les analyses

Pour pouvoir déterminer la variation de la concentration des **sucres fermentescibles** on a utilisé le **CDR BeerLab®**, alors que pour mesurer la variation de la densité du moût on a utilisé un densimètre numérique portable. Grâce à ces deux instruments on a collecté les données relatives à l'inoculation de la levure jusqu'au moment où on a estimé que la fermentation avait été complétée. Pour chaque session d'analyse, de chaque récipient, on a prélevé environ 10 mL de moût de fermentation filtrés par des filtres en papier. Pour mesurer la densité nous avons eu besoin d'environ 3 mL d'échantillon, alors que pour l'analyse avec CDR BeerLab® il a été suffisant d'utiliser environ 1 mL pour compléter toutes les analyses.

## Les résultats

Les tableaux ci-dessous montrent les données collectées et relatives à chaque moût.

**Tableau 1.** Données relatives au moût nr. 1 (*i.l.m.*= donnée inférieure à la limite minimale mesurable par l'instrument)

Instrument de mesure	CDR BeerLab®						Densimètre
Date et heure de l'analyse	Glucose+ Fructose+ Maltose (g/L)	Glucose+ Fructose+ Maltose+ Saccharose (g/L)	Glucose (g/L)	Fructose (g/L)	Maltose (g/L)	Saccharose (g/L)	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
04/01/2019 16:30	85	92,2	12,7	2,6	69,7	7,2	1,055
07/01/2019 09:30	66	73,5	6,9	6,7	52,4	7,5	1,048
07/01/2019 15:00	70	70,7	6,7	5,6	57,7	0,7	1,044
08/01/2019 09:00	35	37,1	0,1	2	32,9	2,1	1,029
08/01/2019 14:30	31	31,1	<i>i.l.m.</i>	1,1	29,9	0,1	1,025
09/01/2019 08:30	20	20	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	20	<i>i.l.m.</i>	1,020
09/01/2019 14:30	18	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	18	<i>i.l.m.</i>	1,011
09/01/2019 16:30	19,5	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	19,5	<i>i.l.m.</i>	1,019
10/01/2019 09:00	16,2	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	16,2	<i>i.l.m.</i>	1,017
10/01/2019 14:30	16,3	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	16,3	<i>i.l.m.</i>	1,017
11/01/2019 09:30	15	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	15	<i>i.l.m.</i>	1,015
11/01/2019 14:30	13,6	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	13,6	<i>i.l.m.</i>	1,015
14/01/2019 08:30	12,7	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	12,7	<i>i.l.m.</i>	1,014
15/01/2019 08:30	12,7	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	12,7	<i>i.l.m.</i>	1,015

**Tableau 2.** Données relatives au moût nr.2 (*i.l.m.*= donnée inférieure à la limite minimale mesurable par l'instrument.)

Instrument de mesure	CDR BeerLab®						Densimètre
Date et heure de l'analyse	Glucose+ Fructose+ Maltose (g/L)	Glucose+ Fructose+ Maltose+ Saccharose (g/L)	Glucose (g/L)	Fructose (g/L)	Maltose (g/L)	Saccharose (g/L)	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
04/01/2019 16:30	87	96,3	12,8	2,7	71,5	9,3	1,054
07/01/2019 09:30	59	59,9	0,5	1,4	57,1	0,9	1,037
07/01/2019 15:00	55	56,6	0,4	0,8	53,8	1,6	1,034
08/01/2019 09:00	37	37,2	0,3	0,1	36,6	0,2	1,025
08/01/2019 14:30	35	34,6	0,3	0,1	34,6	<i>i.l.m.</i>	1,023
09/01/2019 08:30	16,5	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	16,5	<i>i.l.m.</i>	1,016
09/01/2019 14:30	14,4	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	14,4	<i>i.l.m.</i>	1,014
09/01/2019 16:30	12,2	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	12,2	<i>i.l.m.</i>	1,013
10/01/2019 09:00	6,4	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	6,4	<i>i.l.m.</i>	1,009
10/01/2019 14:30	4,7	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	4,7	<i>i.l.m.</i>	1,008
11/01/2019 09:30	1,7	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	1,7	<i>i.l.m.</i>	1,006
11/01/2019 14:30	1,2	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	1,2	<i>i.l.m.</i>	1,005
14/01/2019 08:30	1	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	1	<i>i.l.m.</i>	1,005
15/01/2019 08:30	1	< 18	<i>i.l.m.</i>	<i>i.l.m.</i>	1	<i>i.l.m.</i>	1,006

L'instrument CDR BeerLab® permet de réaliser deux types d'analyse: la détermination de la somme de glucose, fructose et maltose et la détermination de la somme de glucose, fructose, maltose et saccharose. Pour cette recherche les sucres ont été mesurés individuellement pour assurer l'exhaustivité des informations.

Sur la base des données montrées aux tableaux ci-dessus il est possible d'évaluer l'évolution de la concentration des sucres fermentescible présents dans le moût de la bière. Les premiers sucres à être fermentés par les levures sont le glucose, le fructose et le saccharose. En effet, dans les deux moûts, après quatre jours, ces trois sucres sont pratiquement absents. Ensuite, même le maltose et le maltotriose (déterminé avec le maltose) sont fermentés. La fermentation peut être considérée comme étant complétée après 6 jours, lorsque la concentration de sucres reste constante sur deux mesures effectuées à 24 heures d'intervalle.

Comme vous pouvez le remarquer en regardant les tableaux et la colonne *Glucose + Fructose + Maltose (g/L)*, à la fin de la fermentation les levures ont agi de manière différente. En effet à la fin de l'action de la levure White Labs WLP002 (à faible atténuation) on peut trouver 12,7 g/L de sucre (maltotriose) non fermenté dans le moût, alors que la levure White Labs WLP099 (à atténuation élevée) a permis de fermenter presque la totalité des sucres, en laissant à l'intérieure du moût seulement 1 g/L de sucre (maltotriose) non fermenté. Cette différence de concentration finale des sucres, due aux caractéristiques des levures utilisées, doit être prise en considération lors de l'évaluation de la fin de la fermentation, parce que, tel que démontré par ces mesures, la fermentation n'est pas toujours terminée lorsque la concentration résiduelle des sucres est proche de zéro.

De plus, il est important de connaître la concentration résiduelle des sucres à la fin de la fermentation afin de bien évaluer la quantité de sucre à ajouter à la bière dans la phase de priming pour éviter une présence excessive de gaz.

Le priming est le processus à travers lequel l'on ajoute de l'anhydride carbonique à la bière. La méthode de priming la plus utilisée dans les brasseries artisanales est de type naturel; la gazéification est obtenue en ajoutant à la bière des sucres fermentescibles avant l'embouteillage. En principe, pour le priming l'on ajoute une concentration variable entre 4 et 7 g/L de sucre, étant donné que chaque bière peut exiger un niveau de gazéification différent.

### **Comparaison entre les résultats obtenus au moyen du densimètre et au moyen du CDR BeerLab®**

Afin de déterminer la fin de la fermentation et mesurer la concentration résiduelle des sucres il faut se concentrer sur les quatre derniers jours de ce processus.

Tant pour la bière nr. 1 que pour la bière nr. 2 l'on peut remarquer que la densité du moût relevée par le densimètre portatif, dans les quatre derniers jours, varie de 0,001. Étant donné que l'instrument a une résolution de 0,001 le densimètre fournit une donnée potentiellement non importante puisqu'elle ne reflète pas la variation de la concentration des sucres.

Au contraire, en examinant les résultats des analyses obtenus par le CDR BeerLab® dans les 4 derniers jours de la fermentation, l'on peut remarquer que la concentration des sucres fermentescibles mesurée varie dans le cas de la bière nr. 1 de 2,3 g/L et dans le cas de la bière nr. 2 de 0,7 g/L.

Sur la base de l'analyse effectuée, on peut remarquer que le densimètre numérique portatif est suffisamment précis dans l'évaluation du moût et donc il peut être utilisé pour vérifier l'évolution de la fermentation. Alors que, pour déterminer la fin de la fermentation, l'utilisation du CDR BeerLab®, est beaucoup plus efficace et capable de détecter même des petites variations de la teneur en sucres, que le densimètre portatif n'est pas en mesure de montrer efficacement.

Pour la phase de priming, il est essentiel d'avoir la certitude d'avoir complété la fermentation.

Afin d'éviter des gazéifications qui pourraient donner lieu à des phénomènes de gushing (débordement), il est essentiel d'avoir complété la fermentation. L'analyse des sucres fermentescibles est de première importance pour le

calcul de la quantité de sucre à ajouter dans la phase de priming et obtenir ainsi les volumes de CO<sub>2</sub> demandés par la recette utilisée.

Style de bière	Volumes de CO <sub>2</sub>
British ales	1,5 - 2,0
Porter, Stout	1,7 - 2,3
Belgian ales	1,9 - 2,4
Lager	2,2 - 2,7
Wheat beer	3,3 - 4,5

En particulier, en examinant les bières produites, et en évaluant la fin de la fermentation au moyen du densimètre, nous aurions pris en considération un point de fin de fermentation anticipé, qui aurait laissé dans les bières des résidus de sucres de 2,3 g/L dans le cas de la bière nr. 1 et de 0,7 g/L dans le case de la bière nr.2. Ces quantités de sucres fermentescibles résiduels auraient donné lieu à des volumes de CO<sub>2</sub> de 0,57 et 0,17 respectivement, qui auraient pu provoquer une gazéification excessive de la bière.

### Conclusions

Nous pouvons affirmer que la fermentation est complétée lorsque la concentration des sucres reste constante pendant 24 heures consécutives. Donc pour déterminer la fin du processus de fermentation il est plus efficace de vérifier la concentration des sucres dans le moût plutôt que la densité.

CDR BeerLab® a démontré être l'instrument les plus adapté pour déterminer la fin de la fermentation, puisqu'il peut déterminer même les variations les plus petites de concentration des sucres qui autrement nous ne serions pas en mesure d'apprécier à travers la mesure de la densité.

CDR BeerLab® permet de mesurer la concentration exacte de sucres résiduels de manière à éviter des erreurs dans la phase de priming.

### Liens intéressants

[Densimètre](#)

[Détermination des sucres fermentes cible](#)

[Système d'analyse CDR BeerLab®](#)