

L'evoluzione degli zuccheri e della densità del mosto durante la fermentazione della birra

Simone Bellassai Chimico - Enologo e esperto di analisi su alimenti e bevande presso CDR – **Lisa Mearelli** ricercatore del CDR Chemical Lab “Francesco Bonicolini”

Uno dei problemi cruciali del controllo del processo di birrificazione è la corretta individuazione della conclusione della fermentazione. Un'altra fase del processo di produzione della birra, che può essere causa di sgradevoli problemi, è il priming.

I ricercatori del laboratorio chimico di CDR “Francesco Bonicolini” hanno condotto uno studio sulla produzione della birra con l'obiettivo di:

- comprendere quale sia il metodo migliore per determinare la conclusione del processo di fermentazione
- determinare la concentrazione residua di zuccheri in modo da evitare problemi nella fase di priming.

A questo scopo sono state studiate la evoluzione degli zuccheri fermentescibili e la variazione della densità del mosto durante la fermentazione.

Gli zuccheri nel mosto di birra

Nel mosto di birra possono essere presenti quattro tipi di zuccheri:

- **Glucosio e fruttosio:** zuccheri semplici completamente fermentescibili da parte dei lieviti usati in birrificazione;
- **Maltosio:** zucchero complesso, formato da due molecole di glucosio, completamente fermentescibile da parte dei lieviti;
- **Maltotriosio:** zucchero complesso, formato da tre molecole di glucosio, completamente fermentescibile solo da alcuni lieviti usati in birrificazione, mentre per altri è parzialmente fermentescibile o addirittura infermentescibile;
- **Saccarosio:** zucchero complesso, formato da una molecola di glucosio e una di fruttosio, facilmente fermentescibile da parte dei lieviti.

Glucosio, fruttosio, maltosio e maltotriosio sono zuccheri naturalmente presenti nel mosto di birra perché derivanti dall'amido dell'orzo utilizzato in ammostamento, invece il saccarosio può essere aggiunto dal birraio se la ricetta della birra da produrre lo prevede.

Materiali e metodi

Per poter eseguire questo studio è stato necessario produrre in laboratorio due mosti di birra con le seguenti ricette.

RICETTA BIRRA 1

INGREDIENTI	TIPOLOGIA	QUANTITÀ
Estratto di malto	<i>Estratto di malto liquido extra light</i>	489 gr
Estratto di malto secco	<i>Estratto di malto secco extra light</i>	250 gr
Luppolo	<i>Luppolo in pellet Cascade</i>	22 gr
Bucce d'arancia	<i>Bucce d'arancia dolce essiccate</i>	23 gr
Saccarosio	<i>Zucchero da cucina</i>	50 gr
Acqua	**	5 L
Lievito	<i>White labs WLP002 (attenuazione: 63-70%)</i>	8,7 mL

RICETTA BIRRA 2

INGREDIENTI	TIPOLOGIA	QUANTITÀ
Estratto di malto	<i>Estratto di malto liquido extra light</i>	489 gr
Estratto di malto secco	<i>Estratto di malto secco extra light</i>	250 gr
Luppolo	<i>Luppolo in pellet Cascade</i>	22 gr
Bucce d'arancia	<i>Bucce d'arancia dolce essiccate</i>	23 gr
Saccarosio	<i>Zucchero da cucina</i>	50 gr
Acqua	**	5 L
Lievito	<i>White labs WLP099 (attenuazione: 80-100%)</i>	7,6 mL

** L'acqua utilizzata aveva le seguenti caratteristiche:

- Calcio: 115 mg/L
- Alcalinità: 98 ppm
- Solfati: 256 mg/L
- Cloruri: 56 mg/L

I lieviti impiegati

Le birre sono state prodotte seguendo per entrambe una ricetta per birre IPA, eccetto che per il lievito. Infatti in una birra è stato aggiunto al mosto un lievito a bassa attenuazione, mentre nell'altra un lievito ad alta attenuazione. Le caratteristiche dei lieviti utilizzati sono le seguenti:

- *White Labs WLP002*: è un lievito a bassa attenuazione (63-70%) che quindi non riesce a trasformare tutti gli zuccheri in alcol. Il range di temperatura ottimale per la fermentazione è 18-20°C, presenta una flocculazione molto alta e ha una media tolleranza all'alcol (5-10% v/v). È comune una leggera produzione di diacetile. A causa dell'elevata flocculazione di questo ceppo, la birra finita sarà chiara e il lievito può essere facilmente raccolto dal fermentatore per un uso futuro. È comune per questo lievito sembrare coagulato.
- *White Labs WLP099*: è un lievito ad alta attenuazione (80-100%) che quindi riesce a trasformare quasi tutti gli zuccheri in alcol. Il range di temperatura ottimale per la fermentazione è 18-20.5°C,

presenta una flocculazione di grado medio e ha una tolleranza all'alcol molto alta (>15% v/v). Questo tipo di lievito è stato geneticamente modificato per aumentare la percentuale di attenuazione.

Dal momento dell'inoculo dei due lieviti per ogni mosto sono stati raccolti i dati sulla concentrazione degli zuccheri fermentescibili e sulla densità del mosto.

Gli strumenti di misura e le analisi

Per determinare la variazione della concentrazione degli **zuccheri fermentescibili** è stato impiegato **CDR BeerLab®**, mentre per misurare la variazione della densità del mosto è stato utilizzato un densimetro digitale portatile. Grazie a questi due strumenti sono stati raccolti i dati dall'inoculo del lievito fino al momento in cui si è ritenuto che la fermentazione fosse terminata. Per ogni sessione d'analisi, sono stati prelevati da ogni recipiente circa 10 mL di mosto in fermentazione e filtrati con dei filtri di carta. Per la misura della densità sono stati necessari circa 3 mL di campione, mentre per l'analisi con CDR BeerLab® è stato sufficiente impiegarne circa 1 mL per portare a termine tutte le analisi.

I risultati

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati raccolti divisi per ogni mosto.

Strumento di misura	CDR BeerLab®						Densimetro
	Glucosio+ Fruttosio+ Maltosio (g/L)	Glucosio+ Fruttosio+ Maltosio+ Saccarosio (g/L)	Glucosio (g/L)	Fruttosio (g/L)	Maltosio (g/L)	Saccarosio (g/L)	Densità (g/cm ³)
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.l.m.	1,1	29,9	0,1	1,025
09/01/2019 08:30	20	20	i.l.m.	i.l.m.	20	i.l.m.	1,020
09/01/2019 14:30	18	< 18	i.l.m.	i.l.m.	18	i.l.m.	1,011
09/01/2019 16:30	19,5	< 18	i.l.m.	i.l.m.	19,5	i.l.m.	1,019
10/01/2019 09:00	16,2	< 18	i.l.m.	i.l.m.	16,2	i.l.m.	1,017
10/01/2019 14:30	16,3	< 18	i.l.m.	i.l.m.	16,3	i.l.m.	1,017
11/01/2019 09:30	15	< 18	i.l.m.	i.l.m.	15	i.l.m.	1,015
11/01/2019 14:30	13,6	< 18	i.l.m.	i.l.m.	13,6	i.l.m.	1,015
14/01/2019 08:30	12,7	< 18	i.l.m.	i.l.m.	12,7	i.l.m.	1,014
15/01/2019 08:30	12,7	< 18	i.l.m.	i.l.m.	12,7	i.l.m.	1,015

Tabella 1. Dati relativi al mosto nr. 1 (i.l.m.= dato inferiore al limite minimo rilevabile dallo strumento.)

Strumento di misura	CDR BeerLab®						Densimetro
Data e ora dell'analisi	Glucosio+ Fruttosio+ Maltosio (g/L)	Glucosio+ Fruttosio+ Maltosio+ Saccarosio (g/L)	Glucosio (g/L)	Fruttosio (g/L)	Maltosio (g/L)	Saccarosio (g/L)	Densità (g/cm ³)
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

Tabella 2. Dati relativi al mosto nr.2 (*i.l.m.*= dato inferiore al limite minimo rilevabile dallo strumento.)

Lo strumento CDR BeerLab® permette di effettuare due tipi di analisi: la determinazione della somma di glucosio, fruttosio e maltosio e la determinazione della somma di glucosio, fruttosio, maltosio e saccarosio. Per questa ricerca sono stati comunque misurati singolarmente i vari zuccheri per una completezza di informazioni.

Dai dati riportati nelle tabelle precedenti è possibile valutare l'andamento delle concentrazioni degli zuccheri fermentescibili presenti nel mosto di birra. I primi zuccheri ad essere fermentati dai lieviti sono il glucosio, il fruttosio e il saccarosio. Infatti per entrambi i mosti dopo quattro giorni questi tre zuccheri risultano quasi assenti. Successivamente vengono fermentati anche il maltosio e il maltotriosio (determinato insieme al maltosio). La fermentazione si può considerare conclusa dopo 6 giorni, quando la concentrazione di zuccheri rimane costante in 2 misurazioni effettuate a distanza di 24 ore.

Come si nota dalle tabelle considerando la colonna *Glucosio + Fruttosio + Maltosio (g/L)*, al termine della fermentazione i lieviti hanno agito in modo diverso. Infatti al termine dell'azione del lievito White Labs WLP002 (a bassa attenuazione) nel mosto sono rimasti 12,7 g/L di zucchero (maltotriosio) non fermentato, mentre il lievito White Labs WLP099 (ad alta attenuazione) ha permesso la fermentazione della quasi totalità degli zuccheri, lasciando all'interno del mosto solo 1 g/L di zucchero (maltotriosio) non fermentato. Questa differenza di concentrazione finale di zuccheri, dovuta alle caratteristiche dei lieviti utilizzati, è da tenere presente nella valutazione della fine della fermentazione, perché, come si vede da queste misurazioni, non sempre la fermentazione finisce quando la concentrazione residua degli zuccheri è prossima allo zero.

Inoltre è importante conoscere la concentrazione residua degli zuccheri al termine della fermentazione al fine di valutare correttamente la quantità di zucchero da aggiungere alla birra nella fase di priming in modo da evitare sovragassature.

Il priming è il processo con cui si aggiunge anidride carbonica alla birra. Il metodo di priming più utilizzato dai birrifici artigianali è quello di tipo naturale; la carbonatazione viene ottenuta aggiungendo alla birra degli zuccheri fermentescibili prima dell'imbottigliamento. Di norma si aggiunge per il priming una concentrazione variabile da 4 a 7 g/L di zucchero, in quanto ogni birra può richiedere un differente livello di gassatura.

Comparazione tra i risultati ottenuti con il densimetro e con CDR BeerLab®

Al fine di determinare la conclusione della fermentazione e misurare la concentrazione residua di zuccheri è necessario fare un focus sugli ultimi quattro giorni di questo processo.

Sia per la birra nr. 1 che per la nr. 2 si può notare come la densità del mosto rilevata dal densimetro portatile negli ultimi quattro giorni vari di 0,001. Poiché la risoluzione dello strumento è 0,001 il densimetro fornisce un dato potenzialmente non significativo in quanto non rispecchia la variazione della concentrazione degli zuccheri.

Invece, analizzando i risultati delle analisi ottenuti con CDR BeerLab® negli ultimi 4 giorni della fermentazione, si nota che la concentrazione degli zuccheri fermentescibili rilevate variano nel caso della birra nr. 1 di 2,3 g/L e nel caso della birra nr. 2 di 0,7 g/L.

Dalla analisi dei dati appena effettuata, si nota che il densimetro digitale portatile è abbastanza preciso nel valutare la densità del mosto, quindi è utilizzabile per controllare l'andamento della fermentazione. Invece, per stabilire la fine effettiva della fermentazione, è molto più efficace utilizzare CDR BeerLab®, che risulta essere più preciso e capace di rilevare anche i piccoli cambiamenti di concentrazione zuccherina che invece il densimetro portatile non è in grado di evidenziare efficacemente.

Avere la sicurezza di aver portato a termine la fermentazione è fondamentale per la fase di priming.

Per evitare sovragassature, che potrebbero dar luogo a fenomeni di gushing, è fondamentale essere sicuri che la fermentazione sia terminata. L'analisi degli zuccheri fermentescibili è quindi di primaria importanza per il calcolo della quantità di zucchero da aggiungere nella fase di priming ottenendo così i volumi di CO₂ richiesti dalla ricetta utilizzata.

Stile di birra	Volumi di CO₂
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

In particolare, prendendo in esame le birre prodotte, valutando la fine della fermentazione con il densimetro, avremmo considerato un punto di fine fermentazione anticipato, che avrebbe lasciato nelle birre dei residui di zuccheri rispettivamente di 2,3 g/L di zuccheri nel caso della birra nr. 1 e 0,7 g/L nel caso

della birra nr.2. Queste quantità di zuccheri fermentescibili residui avrebbero dato luogo rispettivamente a 0,57 e 0,17 volumi di CO₂, che, avrebbero potuto provocare una gassatura eccessiva della birra.

Conclusioni

Possiamo affermare che la fermentazione sia terminata quando la concentrazione degli zuccheri rimane costante per 24 ore consecutive. Quindi per determinare la fine del processo di fermentazione è molto più efficace controllare la variazione della concentrazione degli zuccheri nel mosto piuttosto che la densità.

CDR BeerLab® risulta essere lo strumento più adatto a determinare la fine della fermentazione, essendo in grado di rilevare anche le più piccole variazioni di concentrazione di zuccheri che altrimenti, attraverso la misura della densità, non saremmo in grado di apprezzare.

Con CDR BeerLab® è possibile misurare la concentrazione esatta di zuccheri residui al termine della fermentazione in modo da evitare errori nella fase di priming.

Link utili

[Densimetro](#)

[Determinazione degli zuccheri fermentescibili](#)

[Sistema di analisi CDR BeerLab®](#)