

## Intervista Dott.ssa Tamburini - Produzione dello zucchero

1. Ci può spiegare il processo produttivo dello zucchero? Come si arriva da una barbabietola raccolta nei campi all'ingrediente bianco che mettiamo nel caffè o che viene utilizzato nella produzione di dolci o bevande?

Se un chimico è chiamato a parlare di zucchero, per prima cosa vi chiederà di precisare che stiamo parlando dello zucchero comune, cioè del saccarosio. Chimicamente infatti il termine zucchero è molto generico e serve per indicare un gran numero di sostanze.

Il saccarosio, o zucchero comune appunto, è una molecola che viene ricavata indifferentemente dalla barbabietola (*Beta vulgaris*) o dalla canna da zucchero (*Saccharum officinarum*). La barbabietola è una pianta che cresce nei climi temperati dell'emisfero nord e sopporta piuttosto bene le basse temperature, mentre la canna da zucchero è una pianta tropicale e subtropicale. A livello mondiale, di tutto lo zucchero prodotto solo il 30% proviene dalla barbabietola, coltivata quasi esclusivamente in Europa, mentre la maggior parte deriva dalla canna da zucchero. Del resto, la canna è conosciuta fin dall'antichità come fonte di zucchero, mentre la barbabietola è una "scoperta" abbastanza recente. La sua diffusione come pianta zuccherina è dovuta a Napoleone quando, a seguito del blocco navale contro la flotta inglese, costrinse i chimici di allora a trovare alternative allo zucchero proveniente dalle colonie. In ogni modo, **il saccarosio della barbabietola è chimicamente identico a quello della canna, e viene prodotto in entrambe le piante per fotosintesi clorofilliana a partire dall'acqua assorbita dal terreno e dall'anidride carbonica dell'atmosfera. In realtà è bene precisare che il saccarosio è più o meno presente in tutte le piante verdi fotosintetiche, ma solo dalla canna e dalla barbabietola è economicamente conveniente estrarlo.** I metodi di produzione a partire dalla barbabietola e dalla canna da zucchero sono molto simili, e differiscono solo nelle fasi iniziali. Le barbabietole dopo essere state raccolte, tra agosto e novembre a seconda della latitudine, e private del ciuffo di foglie e del *colletto*, vengono trasportate allo zuccherificio, dove vengono lavate con acqua per rimuovere i residui di terra ancora presenti e tagliate in strisce trapezoidali di dimensioni circa 4x2 mm chiamate *fettucce*. Le fettucce passano in apparecchi chiamati *diffusori*, in cui con acqua calda (60-80 °C) avviene l'estrazione del saccarosio dalle cellule vegetali. Per estrarre il saccarosio è sufficiente la macerazione delle fettucce in acqua per qualche ora, dal momento che il saccarosio è una sostanza idrosolubile e quindi a contatto con l'acqua si scioglie facilmente. Insieme con il



saccarosio vengono estratte anche tutte le altre sostanze idrosolubili della pianta, che da ora in poi chiameremo *impurezze* o *non-zuccheri*. Il liquido che si ottiene dall'estrazione (*diffusione*) è di colore marrone scuro-nero, e viene chiamato *sugo greggio*. Il *sugo greggio* contiene saccarosio e, abbiamo detto, impurezze, come sali minerali, acidi organici, saponine, betaine, pectine, proteine, aminoacidi, enzimi, che devono assolutamente essere eliminate perché possono interferire con il successivo processo di cristallizzazione. Nel suo complesso, la depurazione del *sugo greggio* fino all'ottenimento di quello che viene chiamato *sugo leggero* viene chiamata *depurazione calco-carbonica*, in quanto gli ingredienti usati nel processo sono calce e anidride carbonica, che provocano l'eliminazione di molti dei *non-zuccheri* presenti facendoli precipitare sotto forma di colloidali e sali di calcio. Sia la calce che l'anidride carbonica vengono prodotte direttamente in zuccherificio nei cosiddetti *forni da calce*. L'uso della calce per la depurazione dei succhi zuccherini è nota ed utilizzata fin dal Seicento, e a parte l'ovvio miglioramento tecnologico ed impiantistico, ancora oggi ci si basa sul medesimo principio. Comunque, torniamo alla produzione dello zucchero: le impurezze formano con la calce una fanghiglia che viene completamente eliminata prima per gravità e poi per filtrazione tramite i cosiddetti *filtri-prensa*, ed il liquido che ne deriva (il *sugo leggero*) si presenta come un liquido giallo chiaro e limpido, ma ancora troppo diluito per poter ricavare lo zucchero. Esso passa perciò nei *concentratori*, all'interno dei quali viene scaldato a circa 95 °C per far evaporare parte dell'acqua sino a raggiungere una concentrazione in zucchero di circa il 65% (da ora in poi si parla infatti di *sugo denso*), che viene finalmente inviato nei *cristallizzatori* dove avviene la *cristallizzazione* o *cottura*. Nei cristallizzatori l'acqua continua ad evaporare per effetto della temperatura, finché la concentrazione del saccarosio diventa così elevata rispetto all'acqua rimasta che comincia a separarsi in piccoli cristalli. Questi piccoli cristalli man mano che l'acqua continua ad evaporare si ingrossano e formano quelli che conosciamo come cristalli di zucchero. I cristalli di saccarosio vengono separati per centrifugazione dal residuo liquido concentrato, che prende il nome di *melassa* o *melasso*. Lo zucchero cristallizzato in questa fase prende il nome di *zucchero grezzo* perché ancora sulla superficie del cristallo e al suo interno sono presenti alcuni residui di impurezze (quelle derivanti dalla pianta non dalla calce!), non del tutto eliminate dalla depurazione. I cristalli grezzi vengono poi semplicemente ridisciolti in acqua, eventualmente il liquido trattato con carboni attivi per rimuovere altre impurezze. Sempre per evaporazione dell'acqua si riformano i cristalli (*ricristallizzazione* o *raffinazione*). Questo processo di ricristallizzazione viene ripetuto più volte fino al raggiungimento del cristallo puro (*zucchero raffinato* o *zucchero bianco*).

2. Si legge da più parti che lo zucchero è un prodotto “chimico” e che lo zucchero viene “sbiancato”, ma cosa c’è di vero in queste affermazioni? Molti consumatori si chiedono effettivamente come si arriva ad avere il colore bianco dello zucchero e se vi siano trattamenti industriali che possano ledere alla salute, ci può dare qualche indicazione?

La chimica è la scienza che studia la struttura ed il comportamento di atomi e molecole, ragion per cui qualunque sostanza esistente può essere di fatto definita un *prodotto chimico*. Detto questo, possiamo distinguere prodotti e sostanze che vengono sintetizzate durante un processo governato dall’uomo a partire da altri reagenti e con l’aiuto di catalizzatori, come ad esempio le materie plastiche, oppure sostanze che la natura ci fornisce già sintetizzate nelle piante, da cui noi possiamo estrarle ed utilizzarle. Questo è il caso del saccarosio, che per le piante rappresenta una fonte di riserva, da cui attingere energia per i processi metabolici e di crescita, e che noi estraiamo attraverso un processo che nel tempo è diventato sempre più efficiente, come è accaduto per moltissimi altri prodotti agro-alimentari.

Per quanto riguarda lo sbiancamento, tutto quanto viene riportato relativamente a trattamenti industriali dannosi per la salute non ha alcun fondamento reale. Non c’è alcun bisogno di “sbiancare” i cristalli di saccarosio. Il saccarosio che cristallizza da una soluzione pura genera cristalli naturalmente bianchi e brillanti, senza bisogno di alcun trattamento. Il principio della formazione dei cristalli di saccarosio è il medesimo che genera la formazione, ad esempio, dei cristalli di sale (cloruro di sodio) dall’acqua di mare. Se dimentichiamo al sole un recipiente di acqua di mare, dopo un certo tempo vedremo nel recipiente la formazione di cristalli di sale, a causa della evaporazione dell’acqua. Se dimenticassimo una soluzione di acqua e zucchero accadrebbe la stessa cosa. Come vedremo tra un attimo, la differenza sta nel fatto che i cristalli di zucchero prima di apparire bianchi e brillanti hanno bisogno di essere cristallizzati e ridisciolti più volte perché la soluzione da cui derivano non contiene solo acqua, ma è *sugo greggio*, che abbiamo già descritto come tutt’altro che limpido e puro, dal momento che contiene, oltre allo zucchero, tutte le altre sostanze estratte dalla barbabietola.

3. Che cosa è il processo di “cristallizzazione”?

Il processo di cristallizzazione è il processo di formazione dei cristalli di saccarosio e, come abbiamo visto, rappresenta la fase finale del processo di produzione dello zucchero. In generale, la cristallizzazione è uno dei metodi più utilizzati per purificare ed isolare le sostanze, e viene

largamente impiegata sia nell'industria alimentare sia nell'industria farmaceutica per un gran numero di prodotti, proprio perché è una tecnica semplice ed efficace, e non necessita dell'aggiunta di altri reagenti. La formazione dei cristalli, che deriva dal fenomeno fisico del passaggio di una sostanza dalla fase liquida alla fase solida, avviene unicamente a seguito di un cambiamento delle condizioni di temperatura della soluzione (cristallizzazione per raffreddamento) o per un aumento della concentrazione della sostanza stessa dovuta alla rimozione dell'acqua (cristallizzazione per evaporazione).

Il saccarosio è una molecola molto solubile in acqua, basti pensare che a 20°C 100 grammi di acqua riescono a sciogliere più di 200 grammi di saccarosio. Se la soluzione è abbastanza diluita ogni molecola di saccarosio sarà circondata da molte molecole d'acqua, ma rimuovendo parte dell'acqua (ad esempio per evaporazione) si arriverà ad un punto in cui le molecole di saccarosio cominceranno ad avvicinarsi sempre di più (mentre la soluzione diviene sempre più densa), finché spontaneamente si aggrenderanno le une alle altre per dare origine ai primi nuclei solidi cristallini, attorno ai quali altre molecole tenderanno a raggrupparsi ingrossando il piccolo cristallo iniziale. Industrialmente, per evitare che il processo avvenga in modo spontaneo ed incontrollato, prima che il processo inizi, si tende ad aggiungere un certo numero di piccolissimi cristalli di zucchero macinato (il cosiddetto *seme*) in modo da facilitare l'aggregazione e controllare il numero e la dimensione dei cristalli che si formano. Come per tutti i prodotti commerciali, anche nel caso dello zucchero, ci sono regole rigide, a cui i produttori devono attenersi, per poterli commercializzare e nel caso dello zucchero bianco, uno di questi parametri riguarda proprio la dimensione dei cristalli, che deve essere omogenea.

4. A cosa serve lo zucchero e perché viene utilizzato negli alimenti e bevande? Quali sono i prodotti in cui si usa lo zucchero? Come e dove va lo zucchero prodotto?

Questa domanda raggruppa in sé molti aspetti interessanti da approfondire, quindi andiamo con ordine. Oggigiorno il saccarosio serve principalmente per attribuire un gusto dolce ai cibi e alle bevande ed è come per le piante anche per gli esseri umani, una fonte di energia. La predilezione per il gusto dolce per noi è innata e sembra derivare dal fatto che gli alimenti dolci sono solitamente molto energetici e mai tossici, e quindi a livello ancestrale esprimono una garanzia di sopravvivenza. **Inoltre, il primo alimento che sperimentiamo nell'infanzia è il latte materno che contiene zucchero (non saccarosio, ma lattosio, che anche se in misura minore ha comunque un buon potere dolcificante).** Negli alimenti e nelle bevande lo zucchero gioca un ruolo importante:

aumenta l'appetibilità, esalta gli aromi e ha un grande potere conservante. In cottura, il saccarosio (come anche altri zuccheri) caramellizza, contribuendo all'imbrunimento e rendendo invitante l'aspetto dei prodotti da forno e da pasticceria. Non dimentichiamo poi che il saccarosio viene largamente impiegato anche nell'industria farmaceutica, come additivo per migliorare il sapore di medicine o sciroppi, o come eccipiente. A dire il vero, è solo a partire dal XVII secolo che lo zucchero si è diffuso in maniera importante come dolcificante, sostituendo via via il miele. Fino ad allora era stato impiegato negli alimenti quasi esclusivamente come conservante per frutta e verdura, o anche carne, mentre la maggior parte del prodotto, considerato un prezioso toccasana per la cura di svariati malanni, era destinata proprio alla preparazione di medicinali.

E adesso veniamo a qual è il destino di tutto questo zucchero dopo che è stato prodotto. Solo il 15% circa finisce sugli scaffali dei supermercati attraverso la Grande Distribuzione Organizzata. Lo zuccherificio di solito lo immagazzina in silos, e da lì in autocisterne dedicate o in grandi sacchi detti *big bag* raggiunge, via camion o ferrovia, i centri di confezionamento e di distribuzione da cui poi arriva nei negozi. Circa un 10% viene distribuito dal sistema Ho.Re.Ca. (Hotel, Ristoranti e Bar), mentre tutto il resto è destinato all'industria della trasformazione per la produzione di cibi e bevande e verrà quindi ulteriormente trasformato (p.es. in cioccolato, prodotti di pasticceria, bibite).

5. In cosa si differiscono i processi di produzione dello zucchero bianco e dello zucchero di canna? Che cosa è lo zucchero integrale?

Per prima cosa vorrei chiarire il fatto che, poiché il saccarosio è tale indipendentemente dalla fonte vegetale di origine, non saremo mai in grado di distinguere se uno zucchero bianco sia stato estratto dalla barbabietola o dalla canna. Anzi, tenendo conto di quanto zucchero di canna viene prodotto ogni anno rispetto a quello di barbabietola, è molto probabile che lo zucchero bianco che acquistiamo o consumiamo sia derivante proprio dalla canna da zucchero. Inoltre è importante sottolineare ancora una volta che è saccarosio quello che compriamo come zucchero bianco, ed è saccarosio anche quello che compriamo come zucchero di canna. Detto questo, quello che differenzia i due prodotti è unicamente il diverso grado di purificazione, o raffinazione. Il *sugo denso* in uscita dai *concentratori* è di colore giallo-marrone e la prima cristallizzazione non è in grado di rimuovere tutte le impurezze responsabili del colore. Lo zucchero grezzo che ne deriva ha grossomodo lo stesso colore della soluzione. Solo a seguito di ripetute ridissoluzioni e

**ricristallizzazioni diviene zucchero raffinato, bianco brillante.** Perciò lo *zucchero di canna* non è altro che lo zucchero grezzo (in inglese *raw sugar*) di prima cristallizzazione dei *sughi densi* di canna da zucchero. Perché abbiamo lo zucchero grezzo solo da canna da zucchero? Perché le sostanze idrosolubili presenti nella canna da zucchero estratte durante la diffusione insieme al saccarosio, aromi di caramello e liquirizia, complessivamente conferiscono un sapore gradevole allo zucchero, mentre dalla barbabietola vengono estratte sostanze amare di sapore molto sgradevole e che devono essere completamente rimosse dal cristallo. Riassumendo, quindi, **lo zucchero bianco è sia di canna che di barbabietola, lo zucchero di canna (a parte il gioco di parole) deriva solo dalla canna da zucchero, per una questione di gradevolezza sensoriale. In entrambi i casi il processo di produzione è identico.**

Altra cosa è lo zucchero integrale, chiamato anche *muscovado* o *mascobado*. Lo zucchero integrale è uno zucchero prodotto dalla cristallizzazione diretta del succo di estrazione della canna da zucchero senza alcun processo di depurazione. Vengono cristallizzate insieme al saccarosio, tutte le sostanze estratte dalla pianta. Ha un sapore più intenso, un contenuto calorico leggermente inferiore dovuto alla presenza di una discreta quantità di non-zuccheri, che non concorrono alla resa energetica del saccarosio, un colore più scuro e una granulometria diversa dallo zucchero "tradizionale". E' prodotto principalmente in Sud America, in modo ancora non industriale, facendo bollire il succo di canna in paioli e frantumandolo a mano. Per le modalità di produzione non industriali e per i paesi di provenienza viene quasi sempre distribuito dai canali del commercio equo-solidale.

## 6. Cos'è il processo di raffinazione?

**Il processo di raffinazione è quello per cui dallo zucchero grezzo, derivante dalla cristallizzazione del *sugo denso*, si ottiene, per cristallizzazioni successive, lo zucchero bianco.** Ricollegandomi alla domanda precedente, possiamo dire che lo zucchero di canna e lo zucchero bianco differiscono solo per il grado di raffinazione.

La raffinazione dei succhi o degli sciroppi zuccherini è comunque arte antica, tutta italiana, veneziana in particolare. Sappiamo, infatti, che a Venezia fin dal 1300 esisteva una vera e propria industria di raffinazione della polvere di zucchero e dei succhi estratti dalla canna che i mercanti veneziani importavano dall'Oriente, e rivendevano come zucchero raffinato in tutti i paesi dell'Europa. Non ci sono molti documenti che riferiscono quali fossero le operazioni eseguite dai *Dulciarii* del tempo, data la tendenza dell'epoca di mantenere segreti i procedimenti tecnologici,



ma sembra che il processo consistesse nel far bollire lo zucchero grezzo in una caldaia insieme con albumi d'uovo. Dopo un certo tempo si scolava il liquido su filtri di grossa tela per rimuovere le impurità e infine la soluzione limpida si concentrava evaporando l'eccesso di acqua per riscaldamento. Al principio del '600 l'arte di raffinar li zuccheri raggiunse a Venezia un elevato grado di perfezione e il prodotto di miglior qualità era uno zucchero *puro, solido, bianco e splendente* grazie anche all'introduzione della calce per la depurazione i succhi.

Oggi, negli zuccherifici, oltre a raffinare lo zucchero prodotto all'interno dello stabilimento, può essere raffinato anche zucchero grezzo, solitamente di canna, prodotto altrove e importato. In tal caso lo zuccherificio è una *raffineria*.

7. Tra le altre affermazioni che si leggono su internet alcune sembrano francamente preoccupanti o bizzarre. Alcuni scrivono che si utilizzerebbe nel processo produttivo carbone animale, ammoniaca. Ma c'è qualcosa di vero in questo dal punto di vista tecnico/scientifico?

Ormai l'accesso ad Internet come sorgente di informazioni è un'abitudine irrinunciabile, anche se, come sappiamo tutti, non sempre è fonte di notizie basate su evidenze tecnico-scientifiche. Purtroppo sta diventando sempre di più un luogo indiscriminato e senza limiti, per spaventare e scatenare reazioni emotive piuttosto che informare, dove la capacità di produrre "bufale" è quasi diventato un mestiere accreditato e dove chiunque può inventare la sua verità. E **sullo zucchero si trova di tutto e di più, in termini di disinformazione. Ad esempio scopriamo come lo zucchero greggio venga non solo decolorato con carbone animale, ma anche ricolorato con coloranti cancerogeni derivanti dal catrame. Ma quando mai?** Si riportano informazioni vere, come ad esempio che lo zucchero viene trattato con il latte di calce, ma mescolate a quelle false. Sostanze colorate indesiderate anche dopo ricristallizzazione, si eliminano utilizzando dell'innocuo carbone attivo, lo stesso che viene utilizzato anche negli acquedotti per rendere potabile l'acqua del rubinetto. Il carbone attivo è carbonio che rimane dopo che una sostanza organica è stata bruciata in assenza di ossigeno. Questo carbonio ha una elevata porosità che lo rende un materiale altamente adsorbente, ed è perciò largamente utilizzato nell'industria alimentare proprio per catturare molecole di coloranti (effetto decolorante) o molecole di gas (effetto che viene sfruttato nell'uso come integratore alimentare). Il materiale organico da cui deriva può essere di origine vegetale o animale. Il carbone vegetale è quello più diffuso, quello animale, oltre ad essere molto più costoso e difficile da reperire, non mi risulta che abbia alcuna applicazione industriale, tantomeno nell'industria saccarifera. Un tempo veniva impiegato per la

produzione di pigmenti per vernici e smalti in pittura, utilizzando per la sua produzione i residui della macellazione degli animali, ma direi che non si usa più nemmeno in quel campo.

La cosa paradossale di tutti questi siti e libri è che alla fine suggeriscono di utilizzare come sostituto dello zucchero raffinato, lo zucchero di canna grezzo, che, come abbiamo già visto, è assolutamente identico e subisce il medesimo processo produttivo. Per certi versi non varrebbe nemmeno la pena di parlarne troppo per evitare, non volendo, di darne ulteriore evidenza. E' chiaro che lo zucchero, come tutti gli alimenti, o in generale come tutte le cose, è dannoso se ne abusa, e gli abusi generano conseguenze sulla salute. Peraltro, anche qui non bisogna fare confusione. Non è solo saccarosio quello che ingeriamo come zuccheri; zuccheri sono tutti i carboidrati, e quindi anche gli amidi che ingeriamo con la pasta, il pane e tutti i prodotti da forno, gli zuccheri della frutta o del latte, e molti altri, che, insieme con il saccarosio, contribuiscono all'incremento del contenuto calorico dei cibi e a volte all'eccesso nel consumo generale di questa categoria di alimenti.

#### 8. Quanto dura il processo di produzione dello zucchero?

In termini stagionali, la cosiddetta *campagna saccarifera* dura in Italia circa 70-90 giorni, da agosto a ottobre-novembre, in dipendenza dell'andamento climatico. I tempi di lavorazione delle barbabietole dopo la raccolta, invece, sono piuttosto brevi. La barbabietola è, infatti, una pianta deperibile in quanto la perdita della sostanza zuccherina inizia immediatamente dopo il raccolto, specialmente quando le temperature sono quelle estive. Il saccarosio fermenta facilmente ad opera dei microrganismi presenti sulla radice e nel terreno, riducendo la quantità estraibile in lavorazione. Per ridurre al minimo le perdite, è necessario che le barbabietole vengano trasportate agli stabilimenti in tempi brevissimi, per questo gli stabilimenti si trovano solitamente nelle immediate vicinanze dei campi, e lavorate subito. **Durante il periodo della raccolta, infatti, la consegna delle barbabietole è continua e lo zuccherificio resta operativo 24 ore al giorno.** Una volta entrate in lavorazione, il processo industriale è automatizzato e quindi segue i tempi dettati dai passaggi alle varie operazioni industriali. Parte del *sugo denso*, ormai stabile, può essere stoccato e lavorato in un secondo momento, a campagna di raccolta terminata.

#### 9. Cosa succede alle proprietà nutrizionali dello zucchero nel processo produttivo?



Nulla. Abbiamo già detto ormai diverse volte che la molecola del saccarosio ha una formula chimica unica e univocamente definita. Tra il saccarosio sintetizzato dalla pianta durante la fotosintesi e il cristallo bianco (o grezzo) che sciogliamo nel caffè non c'è alcuna differenza, e quindi non vi è alcuna differenza anche delle proprietà nutrizionali. Chiaramente, ribadisco anche qui che nel caso dello zucchero di canna integrale e, in misura ridottissima nello zucchero di canna "normale", le impurezze scure che si solidificano intorno al cristallo ne fanno variare la composizione per unità di peso e quindi anche le caratteristiche nutrizionali. La parte scura è composta da sali minerali, fibre, amminoacidi e altre sostanze derivanti dalla pianta di origine.

**10. Che fine fanno gli scarti di produzione dello zucchero? I resti della barbabietola possono essere riutilizzati? Che destinazione hanno?**

Durante il processo industriale, gli scarti della lavorazione sono: le fettucce di barbabietola esauste dopo la diffusione, che vengono chiamate *polpe*, i fanghi della depurazione calco-carbonica, e il *melasso*, cioè il liquido denso residuo dopo la cristallizzazione. Nel caso della lavorazione della canna da zucchero, invece delle polpe, il residuo che rimane è chiamato *bagassa*, ed è costituito dalla parte fibrosa e dalla scorza della canna.

Per ciascuno di questi le possibilità di riutilizzo sono ben definite; **in qualche modo possiamo dire che anche per la barbabietola vale il detto secondo cui "non si butta niente"**. Negli ultimi anni, l'innovazione tecnologica ha portato ad esplorare anche nuove modalità di riutilizzo, ma ne parleremo dopo. Per ora torniamo ai recuperi tradizionali. Le polpe fresche, pressate o essiccate sono da sempre impiegate per l'alimentazione del bestiame, mescolandole con alimenti secchi come il fieno o crusconi vari. La bagassa invece, dopo essiccazione, viene impiegata come combustibile, anche negli stessi zuccherifici, che, in questo modo, possono diventare energeticamente autosufficienti. Dato il contenuto fibroso, la bagassa entra anche nella produzione della carta o di pannelli truciolati destinati all'industria del mobile. I fanghi della depurazione calco-carbonica (detti anche *calci di defecazione*), ricchi soprattutto di carbonato di calcio e di una rilevante frazione organica (proteine, pectine, emicellulose, vari polisaccaridi) hanno un importante valore agronomico, sono infatti impiegate in agricoltura come correttivo, ammendante e fertilizzante dei terreni. Infine il melasso. Il melasso è un liquido scuro, denso e viscoso che contiene ancora circa il 50% di saccarosio, non recuperabile per cristallizzazione. Contiene inoltre proteine, amminoacidi, acidi organici, glucosio, fruttosio, sali minerali vari. Il melasso è tradizionalmente utilizzato come terreno di coltura per processi di fermentazione

industriale di lieviti come il *Saccharomyces cerevisiae*, in particolare nelle *distillerie* per produrre etanolo ad uso alimentare, oppure nelle *bioraffinerie* per produrre etanolo come biocarburante. Al termine della fermentazione e del recupero dell'etanolo, non si butta nemmeno il residuo finale ma, con il nome di *borlanda*, viene impiegato come concime o come additivo per mangimi. Per ricordare alcuni processi di valorizzazione innovativi, citiamo l'uso di residui della raccolta, collietti e foglie, in impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas oppure, la produzione di plastiche biodegradabili a partire dalle polpe. Come sappiamo il tentativo di sostituire almeno in parte le plastiche di origine fossile con prodotti biodegradabili sarà una sfida importante per la salvaguardia ambientale del pianeta nei prossimi anni. Le polpe di barbabietola possono essere utilizzate come nutrimento per alcuni microrganismi in grado di produrre polimeri chiamati PHA e PHB.

11. Quale è il ruolo dell'acqua nella produzione dello zucchero? Il maggiore efficientamento dei processi può avere un'influenza sul maggiore o minore uso di acqua?

L'acqua ha un ruolo fondamentale, sia nella fase agricola sia in quella industriale. La quantità d'acqua necessaria per la coltivazione della barbabietola è un dato molto variabile e dipende dalla zona di coltivazione e dall'andamento climatico. Per esempio, nei luoghi in cui la coltivazione dipende quasi interamente dall'irrigazione, per produrre una tonnellata di barbabietole servono più di 300 m<sup>3</sup> di acqua, mentre nei paesi del Nord Europa le favorevoli condizioni climatiche e le alte rese consentono di ridurre i consumi a poco più di 50 m<sup>3</sup>. L'acqua è fondamentale anche durante il processo produttivo. La maggior parte dell'acqua viene consumata nel lavaggio e nel trasporto delle barbabietole, e viene prodotta dall'evaporazione del sugo leggero nei concentratori e nella cristallizzazione del sugo denso. A questa si aggiungono altre acque residue, come quelle provenienti dal lavaggio degli impianti.

E' chiaro che la corretta conduzione degli impianti e la gestione complessiva della risorsa idrica possono fare molto per ottimizzare l'uso, il riuso e la depurazione delle acque industriali, in zuccherificio come in tutti gli impianti, ed aumentare la sostenibilità complessiva della produzione. Secondo gli attuali indicatori di impatto ambientale, come la *water footprint*, che indica il volume di acqua utilizzato direttamente o indirettamente per la produzione di un determinata quantità di un bene, il rinnovamento e l'efficientamento generale degli impianti hanno ridotto i consumi di acqua per la fase industriale da 2.5-4.5 m<sup>3</sup> per tonnellata di barbabietola lavorata a meno di 1 m<sup>3</sup>.

12. Lei che ha avuto l'opportunità di visitare degli zuccherifici italiani e in Europa ed anche studiare e scrivere dei processi produttivi dello zucchero e degli alimenti, che opinione si è fatta degli standard di sicurezza igienico-alimentari seguiti nelle fabbriche?

Gli zuccherifici che ho avuto modo di visitare sono stabilimenti industriali moderni ed efficienti, che devono rispettare, e rispettano, i criteri e gli standard di sicurezza previsti dalla legge, nell'ambito delle normative sulle produzioni alimentari, e di quelle per la salvaguardia dei lavoratori. Dalla diffusione alla raffinazione i sughi passano nei reattori attraverso tubi di acciaio, senza contatto con l'esterno, e il processo viene controllato e gestito in maniera completamente automatizzata dagli operatori nelle sale di controllo. Per quello che ho potuto vedere, le analisi e i controlli sono svolti con regolarità a garanzia della qualità del prodotto e nel rispetto delle normative.

13. In base alla sua esperienza, ritiene che la produzione saccarifera porti dei benefici a livello ambientale? Quali sono secondo lei gli aspetti principali di sostenibilità industriale?

Ci sono moltissimi studi già pubblicati sulla sostenibilità ambientale della produzione di zucchero da barbabietola e da canna, ma in questo ambito non si può proprio generalizzare. Intendo dire che la risposta alla prima domanda non può essere data semplicemente con un *si* o un *no*. Il problema della sostenibilità delle produzioni è argomento molto complesso e dibattuto, e se è vero che la definizione generale di sostenibilità è ormai condivisa, siamo ancora piuttosto lontani dall'aver trovato un metodo univoco per misurarla. Di tutte le metodologie proposte in questi anni, quella che cerca di dare una visione più globale al problema, includendo tutti e tre i pilastri della sostenibilità (economica, sociale ed ambientale) è quella dell'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*). Questa metodologia cerca di razionalizzare e misurare tutto ciò che entra e che esce durante un processo, in termini di materiali, risorse, acqua ed energia, e li riassume nelle cosiddette *categorie di impatto*. Categorie di impatto sono, ad esempio, la produzione di anidride carbonica e di altri gas-serra, per verificare quanto un processo concorra al riscaldamento globale, il potenziale di eutrofizzazione, dovuta all'immissione nell'ambiente di sostanze fertilizzanti, il potenziale di acidificazione, la tossicità per l'uomo e l'ambiente, il consumo di acqua ed energia, l'impoverimento del suolo, e molti altri.



Le analisi LCA applicate alla produzione saccarifera, considerando il processo dall'arrivo delle barbabietole in impianto all'uscita del prodotto finito, riportano come l'impatto ambientale sia dovuto principalmente al potenziale di riscaldamento globale e al consumo di energia, a causa della necessità di mantenere a lungo i sughi ad alta temperatura. Se si include anche la fase agricola, si aggiungono il potenziale di eutrofizzazione e l'uso del suolo. Ad esempio, **nel caso della canna da zucchero si ha un minor consumo di energia complessivo, perchè la bagassa è essa stessa una fonte utilizzata per produrre energia senza consumare risorse esterne.** Per contro nella produzione di zucchero di canna l'impatto del consumo di acqua nella fase agricola è molto più rilevante di quanto non sia nel caso della barbabietola. Se includiamo nell'analisi anche il destino dei sottoprodotti il valore di tutte le categorie di impatto si riduce enormemente, dal momento che non c'è materiale che non abbia un destino di riuso.