

TECNOLOGIA SACCARIFERA

Dalla bietola al prodotto finito

Con una breve descrizione sull' estrazione dalla canna da zucchero

- INTRODUZIONE
- INDUSTRIA DELLO ZUCCHERO
- PREPARAZIONE DEL SUGO
- DIFFUSIONE
- BATTERIA DI DIFFUSIONE
- PURIFICAZIONE DEL SUGO
- DIFFUSIONE CONTINUA D.d.S.
- PREDEFECAZIONE
- DEFECAZIONE E CARBONATAZIONE
- CONCENTRAZIONE DEL SUGO
- IL SUGO DENSO
- COTTURA DEL SUGO
- CRISTALLIZZAZIONE DELLO ZUCCHERO
- SCHEMI D'IMPIANTO DI UNO ZUCCHERIFICIO
- RAFFINAZIONE DELLO ZUCCHERO GREGGIO

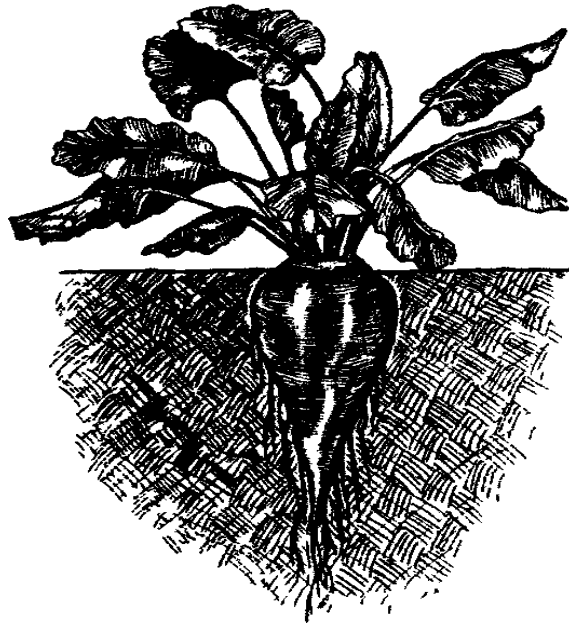
INTRODUZIONE

Bietola da zucchero. — È una varietà di *Beta vulgaris.*, pianta erbacea della famiglia delle Chenopodiacee, biennale, bianca o rosea, con fusto solcato alto circa 60 cm, con foglie semplici alterne e con radice fusiforme, carnosa . E' costituita da un insieme di cellule di varia forma e variamente aggregate che formano *i tessuti della pianta*. Tra questi si distinguono: quello *esterno* che serve principalmente di protezione durante la vita della pianta, nel quale le cellule sono appiattite ed aggregate senza spazi intercellulari ; quello *fibrovascolare* con cellule allungate e riunite in fasci lungo tutta la pianta, che serve al trasporto delle sostanze nutritive; quello *di sostegno*, costituito da cellule a parete spessa formanti il colenchina e lo sclerenchima ed infine il *tessuto fondamentale* composto da cellule parenchimatiche.

Nei primordi della coltivazione, la bietola non conteneva che il 5-6% di zucchero, ma con una razionale selezione, durata oltre un secolo, si è arrivati a una media del 15-16% ed in alcune regioni, come la Boemia (Cecoslovacchia), di circa il 20%. Le migliori barbabietole da zucchero sono quelle a forma di fuso, di lunghezza media, rugose, che assumono una leggera forma di spirale. Le foglie hanno forma diversa a seconda della varietà e dell'epoca di sviluppo, in genere sono lanceolate, a ricciolo più o meno lungo; contengono clorofilla e cristalli di ossalato di calcio. La radice fusiforme ha corteccia grigiastra con rugosità trasversali e con polpa generalmente bianca in essa si distinguono tre zone: *testa* nella quale si inseriscono le foglie e gli steli, utilizzata come foraggio ; *colletto* nel quale si inseriscono le foglie; *radice o corpo radicale* che si trova sotto terra e che costituisce la materia prima dell'industria saccarifera. La polpa è costituita in prevalenza da cellulosa.

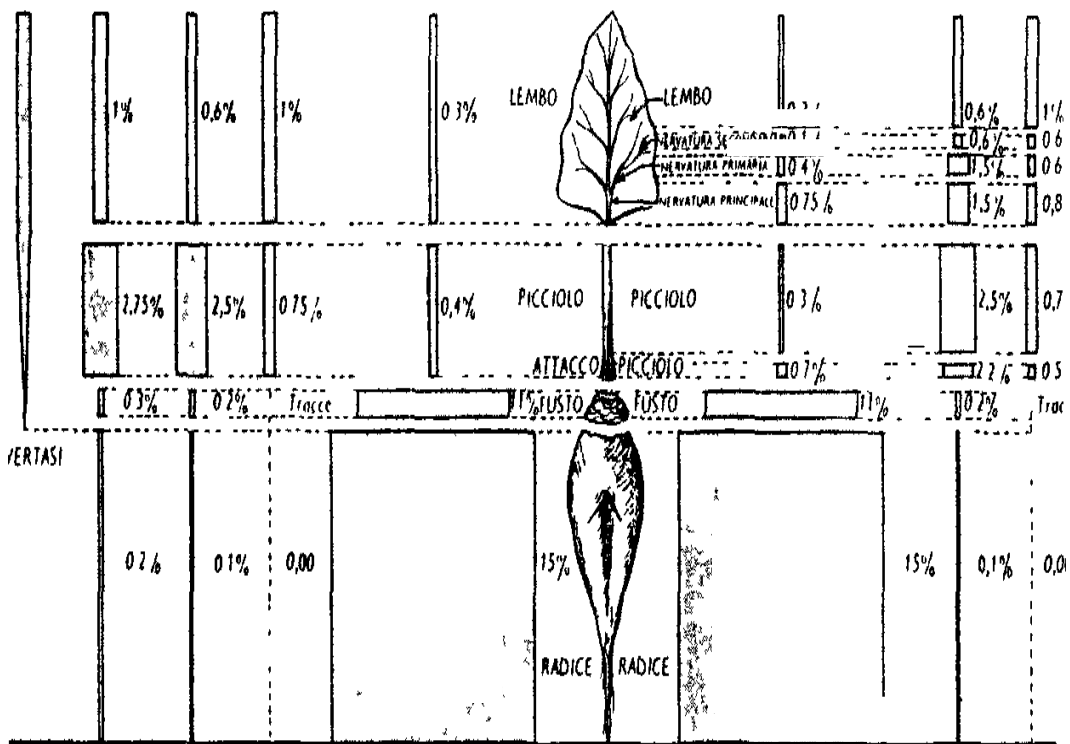
La composizione % media della bietola da zucchero è all'incirca la seguente:

Saccarosio 15-20, acqua 73-78, non-zucchero 1,5-2,5, polpa 4-6 (sugo 94-96).



Barbabetola da zucchero

Il **non-zucchero** è formato da sostanze minerali e glucidiche, acidi vegetali, amminoacidi, protidi, fitosterolo e isocolesterolo, sostanze coloranti e, aromatiche.



Schema della distribuzione degli zuccheri nella barbabetola

Componenti minerali : si riscontrano ordinariamente nelle ceneri della polpa:

K (50% calc. come ossido), Na (7% come ossido), Ca (7-8% come ossido), Mg (9% come ossido), Fe , S, K, (12-15% come P₂ O₅), Si, Cl, ed anche Cs, Rb, V, B, ma in tracce. Il tenore complessivo delle ceneri delle bietole varia da 0.6 a 0.9 % e rispettivamente 2,8 e 4,8% sulla sostanza secca. Il contenuto in ceneri si può abbassare con la selezione del seme e con la razionale concimazione del terreno

Sostanze glucidiche: glucosio, levulosio (zucchero invertito), ramosio, gomme di fermentazione (destrano e levulano), sostanze pectiche(acido arabico, galattano)

Acidi vegetali: glicolico, gliossilico , ossalico, malonico, succinico, glutarico, , adipico, malico, tartarico, citrazinico, aconitico.

Amminoacidi: leucina ac. aspartico, asparagina, ac. glutammico, glutammina, tirosina.
Protidi albumina, peptoni, meleine oltre a lecitine, betaina e colina.

Sostanze coloranti: ac. eritrobetinico, ac. xantobetinico, rodogene.

Sostanze aromatiche: vanillina, pirocatechina coniferina

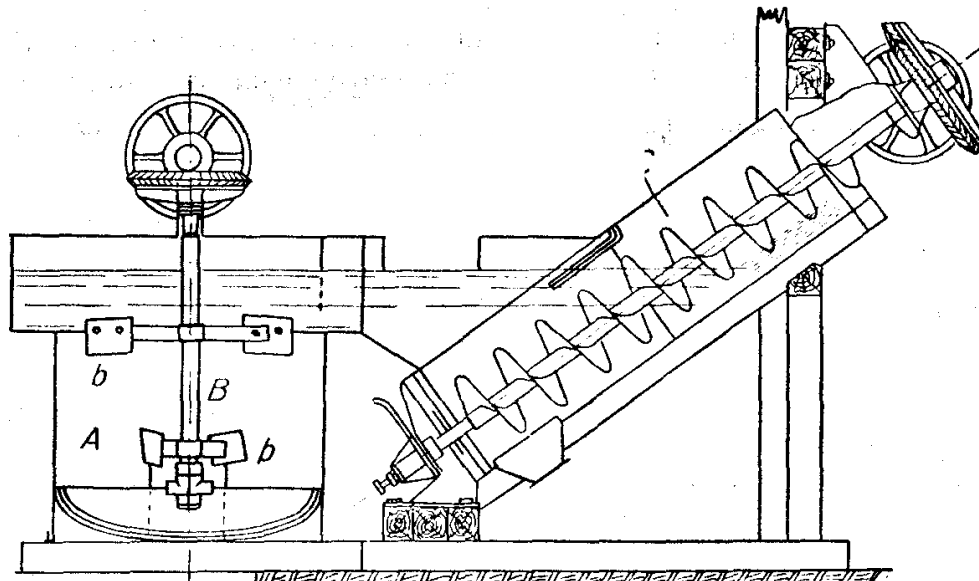
Tra le sostanze non zuccherine, assume particolare importanza la *glutammina* (lamelle che si decompongono con il riscaldamento senza fondere); questa sostanza destrogiro = + 6°,15 si scioglie in acqua, ma non in alcool e che in presenza di acido cloridrico sale a + 31°. La glutammina si riscontra in quantità, sensibili nelle barbabietole geneticamente impure o cresciute in terreni non adatti.

INDUSTRIA DELLO ZUCCHERO

Agli zuccherifici le bietole arrivano già scollettate. Le bietole maturano in estate inoltrata, la lavorazione negli zuccherifici incomincia a metà agosto e dura all'incirca due mesi. L'eventuale insilamento produce perdite sensibili in saccarosio a causa della respirazione; tale fenomeno è in relazione con la temperatura, l'umidità e la ventilazione. Lo favoriscono particolarmente le temperature elevate. La capacità di questi silos è dell'ordine di 12000 tonnellate.

Si trasportano le bietole dentro all'impianto mediante vasche in muratura di 100 m e più di lunghezza, 6,8 m di larghezza ed 1 m di profondità poste in batteria di 3-4 m.

Il piano di queste vasche è a tetto rovesciato. In questi canali scorre acqua con una velocità non inferiore a 1 m/s in modo da trascinare le bietole che subiscono un lavaggio preliminare e giungono all'elevatore che le scarica nella lavatrice.



Sezione schematica di una lavatrice per bietole

La lavatrice : una grande vasca in ferro o cemento con un asse girevole munito di bracci a pale che sbatte le bietole lavandole e spostandole in controcorrente all' H_2O .

Si separano in questa fase il pietrisco e il fango (la presenza di fango sulle bietole favorirebbero fermentazioni, specialmente durante la diffusione) che precipitano sul fondo, mentre le bietole trattenute da una griglia passano in un elevatore verticale [l'elevatore può essere di vari tipi : a tazze, a vite senza fine ad aria compressa] che le trasporta nella parte più alta della fabbrica, per scaricarle in una bilancia automatica, che le pesa, le registra e le scarica nelle trinciatrici.

PREPARAZIONE DEL SUGO

Agli inizi si preparava il sugo riducendo in poltiglia le bietole, poste dentro sacchi i quali venivano compressi da torchi; si otteneva così un sugo torbido a causa della presenza di sostanze mucillaginose liberatesi in seguito alla lacerazione della materia cellulare.

Nel 1865 i signori Robert padre e figlio, introdussero il metodo della diffusione che nel giro di 25 anni tutti gli impianti conosciuti abbandonarono le presse. Per rendere pratico il processo fu necessario tagliare i tuberi in fettucce sottili (4-5 mm) in modo da rompere il meno possibile le cellule. Presto si trovò che le fettucce tagliate a forma ondulata si prestano meglio al processo di diffusione, perché impediscono la formazione di masse compatte per la sovrapposizione di una fettuccia all'altra a causa della superficie liscia.

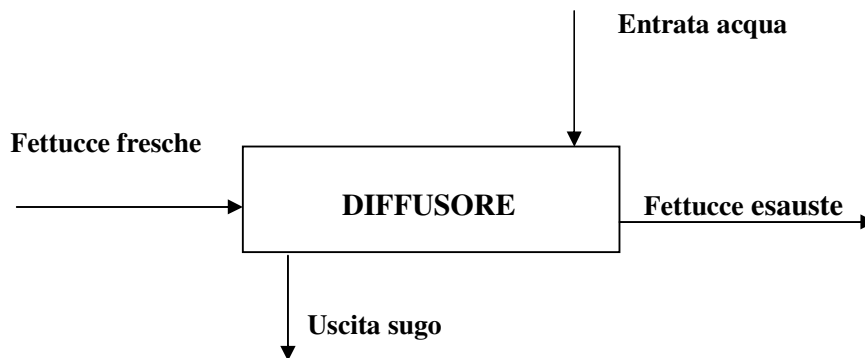
La formazione ondulata favorisce il passaggio del liquido attraverso i canaletti risultanti dalla sovrapposizione delle fettucce. *La quantità di zucchero che passa in soluzione è direttamente proporzionale alla superficie di diffusione ed inversamente allo spessore* ; conviene quindi produrre fettucce sottili con conseguente aumento delle superfici di diffusione per le stesse quantità di bietole. Come dato di efficienza di un impianto, si usa misurare la lunghezza di 100 g di fettucce.

Nella pratica industriale la temperatura di diffusione non supera gli 80 °C, in quanto a valori più elevati si ha una diffusione troppo forte delle proteine ed idrolisi e passaggio in soluzione delle pectine con conseguente aumento di zucchero del melasso.

I microrganismi sono dovuti principalmente alla messa in lavorazione di bietole sporche o lavate con acqua impura, provocano fermentazioni gassose che si compiono prevalentemente a spese del non-zucchero e della cellulosa.

Vi sono microrganismi che invece decompongono il saccarosio. Se sono presenti enzimi del gruppo dell'invertasi si forma zucchero invertito e gli esosi vengono trasformati in acidi organici, che aumentano l'acidità del sugo. Durante la lavorazione è quindi necessario il controllo dell'acidità.. Le fermentazioni aerobiche vengono inibite dalle temperature > 70 °C, ma si possono verificare fermentazioni anaerobiche ad opera di batteri termoresistenti.

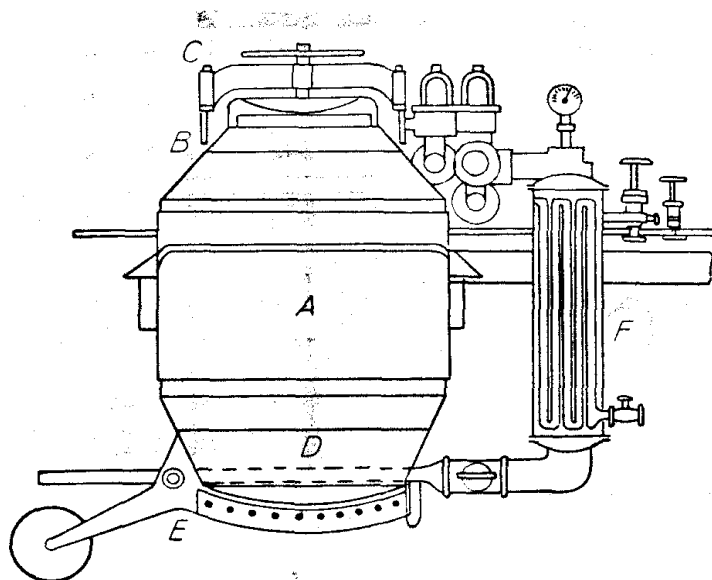
L'uso di bietole sane è quindi fondamentale per l'industria saccarifera



DIFFUSIONE

Il diffusore è un cilindro verticale tronco-conico in lamiera, della capacità fino a 120 hl, alto circa il doppio del diametro, munito di una bocca superiore chiudibile (a tenuta d'aria con guarnizioni di gomma) per l'introduzione delle fettucce e di un'altra apertura, una volta situata lateralmente in basso ed ora disposta al fondo, per estrarre le polpe esaurite.

Nella figura è rappresentato un diffusore: **A** indica il corpo cilindrico del diffusore, **B** la bocca di carico munita di coperchio e del meccanismo **C** per la chiusura, **D** il dispositivo per lo scarico delle fettucce esaurite, **E** un tubo per lo scarico dell'acqua, **F** il calorizzatore del montasugo



Sezione schematica di un diffusore.

Al diffusore sono unite valvole per regolare la circolazione del sugo, dell'acqua, del vapore, ecc.

Ogni diffusore è servito da un gruppo di tre valvole, di cui:

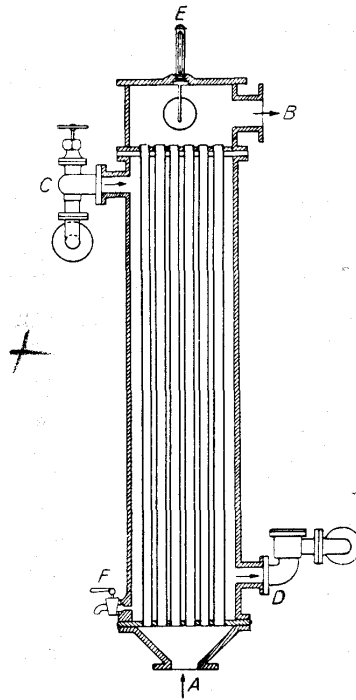
la prima è destinata ad introdurre acqua nell'elemento che contiene le fettucce già esaurite e che, essendo prossimo ad essere scaricato, funziona da elemento di coda;

la seconda serve a mettere in comunicazione un diffusore con l'altro;

la terza serve sia per l'estrazione del sugo dal diffusore di testa contenente il sugo più concentrato, che per invertire la circolazione del sugo nell'operazione successiva di "**meichage**", ossia quando in ogni diffusore della batteria il liquido entra dal basso, come avviene nel diffusore di testa contenente le fettucce fresche.

Un calorizzatore tubolare è rappresentato nella figura ed è costituito da due piastre tubiere, collegato da una serie di tubi, il cui numero varia con la quantità di sugo che scorre nell'unità di tempo. Esso viene alimentato con vapore proveniente generalmente dalla batteria di evaporazione che contiene vapori ammoniacali, i quali vengono aspirati attraverso una tubazione particolare.

Il sugo entra per **A** e, dopo essere passato attraverso i tubi di riscaldamento, esce da **B**;
il vapore, o l'acqua calda, scorre da **C** a **D**; **E** indica un termometro a mercurio per controllare la temperatura del sugo; il bulbo del termometro pesca in una cavità [pozzetto], riempita d'olio o di mercurio per assicurare una regolare e rapida trasmissione del calore.
F è un rubinetto di scarico dell'acqua che si condensa, detto *di assaggio*, perché serve a verificare se nell'acqua di condensazione è presente del sugo zuccherino passato per rottura di qualche tubo o per cattiva tenuta di qualche guarnizione.
A lavoro normale, come è indicato nelle figura, il sugo circola dal basso verso l'alto, cioè in senso inverso al vapore.
Quando invece che dal vapore delle batterie di evaporazione, il calorizzatore sia alimentato da vapore diretto, si usano tubi in ghisa od in acciaio applicati al gomito inferiore del tubo montasugo.



Sezione schematica di un calorizzatore tubolare

Batteria di diffusione

I diffusori sono disposti generalmente in due file parallele simmetriche (la simmetria che si nota in quasi tutti gli impianti chimici moderni a forte produzione è probabilmente derivata dalla tecnologia dello zucchero) collegate fra di loro mediante tubi che uniscono i vari diffusori e per i quali passa il sugo. Tali tubi sono detti *montasughi* e partono dal fondo di un diffusore per collegarsi nell'alto del diffusore seguente i quali sono muniti di valvole di sicurezza onde evitare eventuali colpi di ariete.

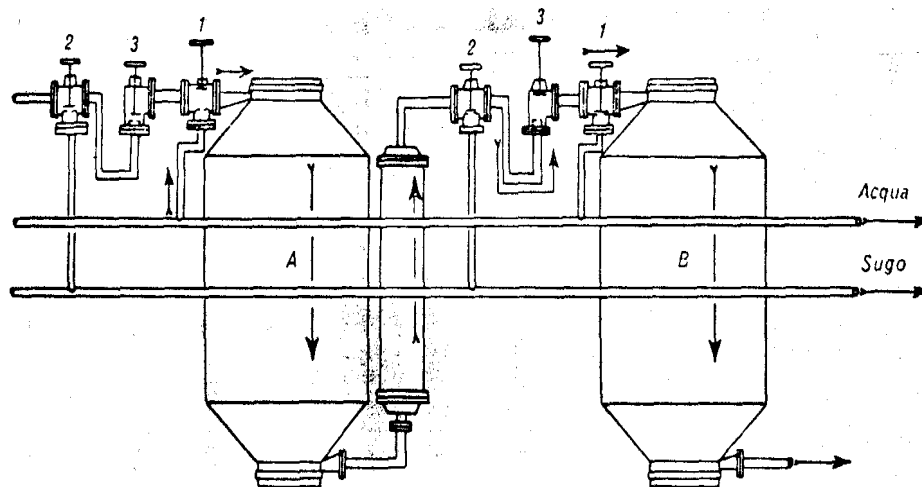
Al montasugo è unito un fascio di tubi (*calorizzatore o riscaldatore*) nel cui interno circola vapore, mentre all'esterno scorre il sugo e ciò per impedire che questo si raffreddi, il che renderebbe lenta la diffusione; la temperatura si mantiene intorno a 70-75 °C.

Nel funzionamento di una batteria di diffusione, ogni elemento assume a turno la funzione di testa e di coda. Per es., in una batteria di diversi diffusori, se in quello **I°**, nel quale le fettucce sono quasi esaurite, entra acqua pura, il sugo viene spostato ed entra nel diffusore **II°** e così successivamente nei diffusori successivi, mentre esso si arricchisce sempre più di zucchero. Quando il diffusore **I°** è completamente esaurito, viene escluso dalla batteria e, aprendo la chiusura del fondo, vuotato delle polpe esauste che vengono allontanate per mezzo di coclee sottostanti.

Parallelamente alla testa dei diffusori di una batteria corrono due tubazioni, una per l'acqua e l'altra per il sugo, munite di valvole per stabilire od interrompere il movimento dei liquidi.

L'acqua (mescolanza di acqua fredda e calda dalle varie stazioni di riscaldamento) arriva alle batterie da un cassone situato nella parte più alta dello stabilimento, ad una pressione che si aggira intorno a 15 m d'acqua, che è la più adatta per dare una buona circolazione e per la tenuta dei dispositivi dai quali risulta formata la batteria.

A seconda della quantità d'acqua calda disponibile, la temperatura del diffusore di coda varia da 40 a 60 °C, potendosi aumentare fino a 70-75 °C per mezzo dei calorizzatori o con iniettori di vapore diretto. Quando si mettono in funzione i calorizzatori, è necessario sfogare i gas dagli appositi rubinetti, aprire la comunicazione con la tubazione che li dovrà convogliare nella camera di vapore del corpo successivo dal quale è stato prelevato il vapore e ciò allo scopo di creare, con una caduta di pressione, un richiamo dei gas anzidetti: inoltre, per assicurarsi del regolare deflusso delle acque condensate, si aprono gli scarichi relativi.



Schema della posizione delle valvole per l'alimentazione con acqua di un diffusore.

La batteria si mette in marcia partendo con tutte le valvole chiuse ed aprendo quella dell'acqua in uno qualunque dei diffusori.

Se si apre la *valvola 1* del diffusore **A**, l'acqua può iniziare la circolazione normale aprendo la *valvola 3* del diffusore **B** e di quelli successivi;

la circolazione del liquido avviene uscendo dal basso del diffusore ed entrando nell'alto del successivo, dopo aver attraversato il relativo calorizzatore

Non appena effettuato il *meichage* nel diffusore **A**, s'inverte la marcia chiudendo la *valvola 2* ed aprendo la 3;

per iniziare un nuovo *meichage* nel diffusore **B** si apre la *valvola 2* del diffusore successivo e così si continua finché non si sono riempiti circa la metà dei diffusori che formano la batteria.

Per una batteria di diffusione il tiraggio è di 105-110 kg di sugo per 100 kg di bietole.

La determinazione della densità avviene con il densimetro Brix.

Dal **quoziente di purezza** si può trarre un giudizio sulla condotta della batteria di diffusione, oltre che sul rendimento di zucchero. *Il quoziente di purezza di un sugo indica la quantità di zucchero contenuta in 100 parti di sostanze estratte ed è il rapporto tra la quantità di zucchero ed il non-zucchero presente nel sugo.*

Il sugo greggio ottenuto dalle batterie di diffusione è un liquido viscoso, torbido, di colore giallognolo, che all'aria imbrunisce fino diventare nero. Contiene dall'11 al 13 % di zucchero e titola 13-15 °Brix.

La sua composizione, riferita a 100 parti di zucchero, è la seguente:

non-zucchero 8.6 % zucchero invertito 1 % ceneri 2.16 % azoto totale 0.5 %

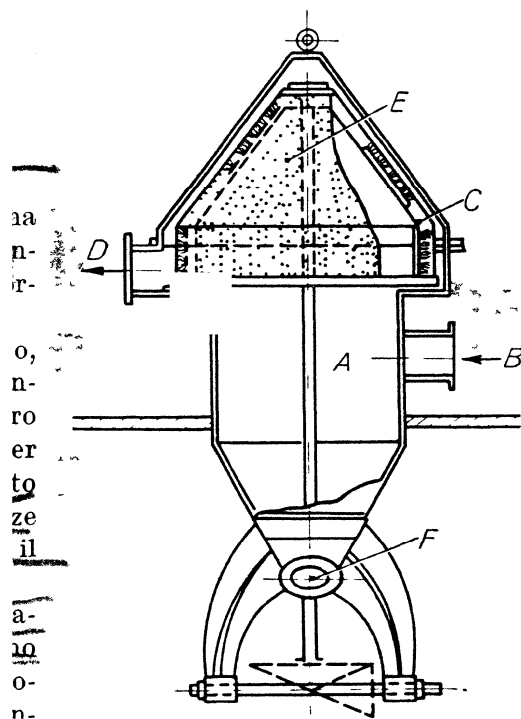
acido ossalico 0,4- 0,8 %

Purificazione del sugo

Consiste nell'eliminazione di una parte del non zucchero, che è di ostacolo alla cristallizzazione del saccarosio nelle fasi successive della lavorazione. Dapprima si procede ad eliminare le parti solide passate nel sugo dei diffusori mediante l'impiego di setacci speciali, detti fermapolpe.

Il depolpatore karan consiste in una cassa cilindrica **A** sulla quale è innestato un tamburo forato **E** a forma troncoconica, ripulito da un sistema rotante **C**, pure troncoconico, munito di spazzole.

Il sugo, che entra dal tubo laterale **B** del cilindro, esce filtrato da **D**, mentre per **F** si scaricano i detriti. Liberato dalla maggior parte delle sostanze solide dopo questa filtrazione, il sugo deve essere riscaldato a 40-50 °C per insolubilizzare le sostanze coagulabili col calore. Si usano quindi preriscaldatori, analoghi ai calorizzatori ma di grandezza maggiore



sezione schematica di un depolpatore karan

Diffusione continua D. d. S.

Il diffusore D.d.S. (*De Danske sukkerfabrikker*) è costituito da una vasca lunga circa 23 m, inclinata sull'orizzontale di circa 8°.

All'interno contiene due eliche rotanti in senso inverso che provvedono al trasporto delle fettucce dalla parte più bassa all'altro estremo del diffusore.

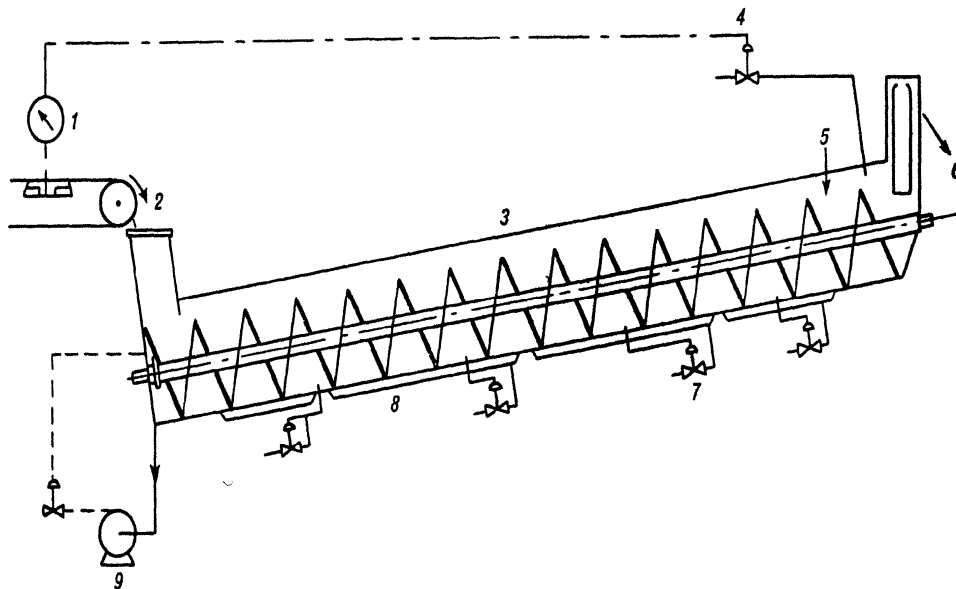
Le fettucce vengono estratte mediante un sollevatore a ruota nella parte più alta della vasca. Le fettucce estratte vengono pressate e l'acqua di pressatura è riciclata.

Nella parte più alta dell'impianto sono inviati l'acqua ed il sugo di pressatura realizzando così la controcorrente acqua-fettucce. Infatti, mentre le fettucce vanno dal basso verso l'alto dell'apparecchio, l'acqua va dall'alto verso il basso, dove viene prelevato il sugo.

Il livello del liquido nell'apparecchio è regolato dalla valvola d'estrazione del sugo. La temperatura d'esercizio è mantenuta mediante 4 camicie riscaldanti che utilizzano il vapore prodotto dall'evaporazione del sugo.

È interessante notare che il sugo in uscita è raffreddato dalle fettucce fredde entranti nel diffusore e che quelle esaurite e calde in uscita vengono raffreddate dall'acqua entrante (vedi figura).

In questo tipo di diffusore continuo le fettucce non devono essere troppo fini (da 6 a 9 m per 100 g). Il tempo di diffusione varia da 55 a 100 minuti primi a seconda dei tipi d'impianto, di fettucce e della qualità delle bietole.



Schema d'impianto di diffusione D. d. S.

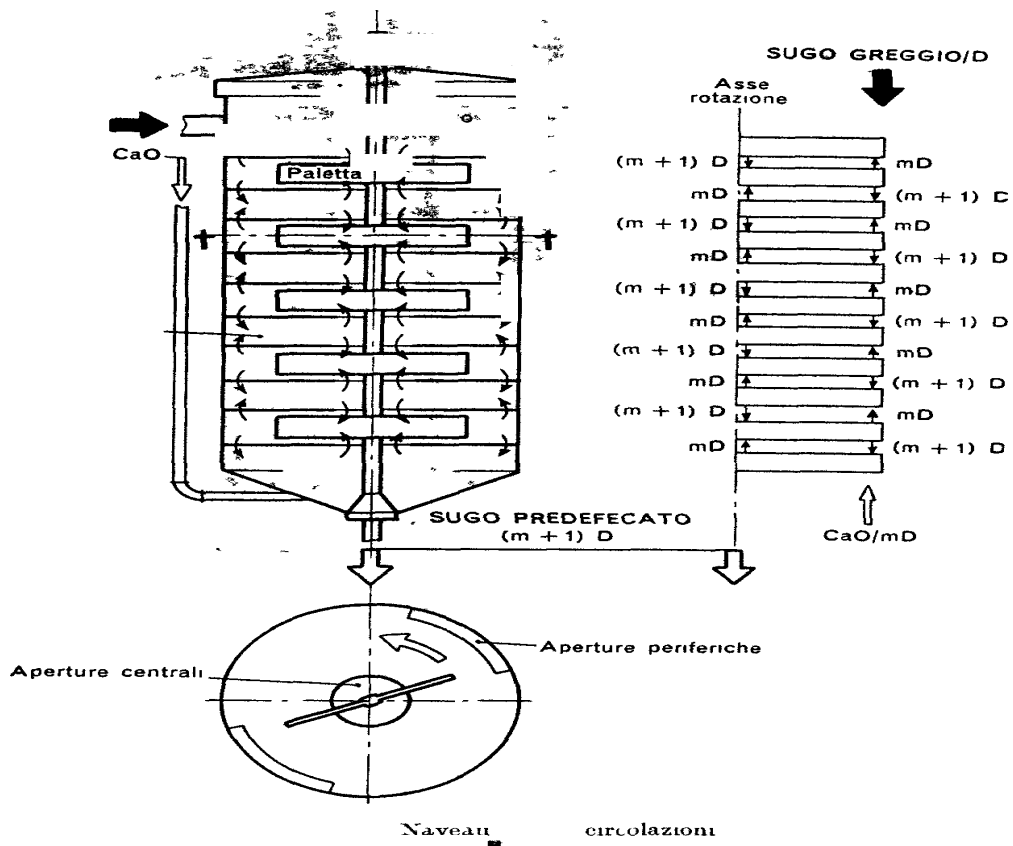
1, bilancia a nastro; 2, trasportatore a nastro; 3, vasca di diffusione; 4, entrata acqua di alimentazione; 5, entrata acqua di pressatura; 6, ruota a pale forate per lo scarico delle fettucce esaurite; 7, valvole di regolazione; 8, manicotto riscaldatore; 9, pompa per l'uscita del sugo greggio

PREDEFECAZIONE

Nella predefecazione si adopera il latte di calce il quale essendo già allo stato colloidale è capace di compiere la predefecazione formando un precipitato costituito da granuli grossolani principalmente con le sostanze azotate

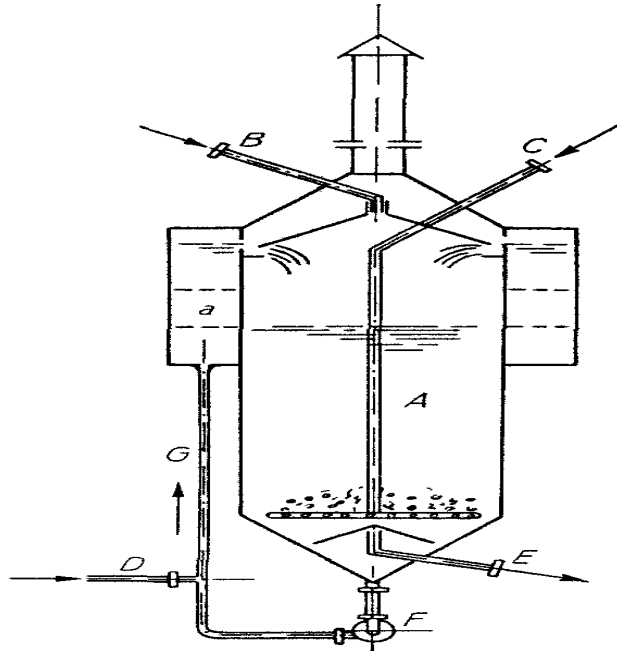
Di moderna concezione è il **predefecatore « Naveau »**, costruito in Italia- in esclusiva dalla ditta F.lli Ferriani. Esso è costituito da un contenitore cilindrico verticale a fondo conico che contiene dei setti separatori orizzontali con aperture al centro ed alla periferia. Al centro vi è un asse girevole, mosso da un gruppo « motore », portante delle pale disposte in scompartimenti alterni formati dai setti orizzontali. Negli scomparti ove non esistono le pale giranti vi sono pale orientabili per regolare il flusso del liquido. L'entrata del sugo greggio è sulla sommità dell'apparecchio mentre l'uscita di quello predefecato è posta sul fondo. L'entrata del latte di calce è situata nell'ultimo scomparto dell'apparecchiatura. A causa del moto dell'albero centrale si creano correnti di liquido che permettono una buona miscelazione del latte di calce con il sugo.

Effettuata la predefecazione sul sugo greggio, si procede al riscaldamento a 85-90 °C con lo scopo di impedire una specie di peptizzazione nella fase di defecazione e di rendere i flocculi separabili più facilmente per filtrazione.



DEFECAZIONE E CARBONATAZIONE

Nei grandi stabilimenti si pratica la defecazione continua (saltando la predefecazione) insieme alla carbonatazione, che ha la funzione di decomporre il sucroato monocalcico ed altri sali di calcio separando carbonato di calcio; viene usata CO_2 proveniente dai forni a calcio



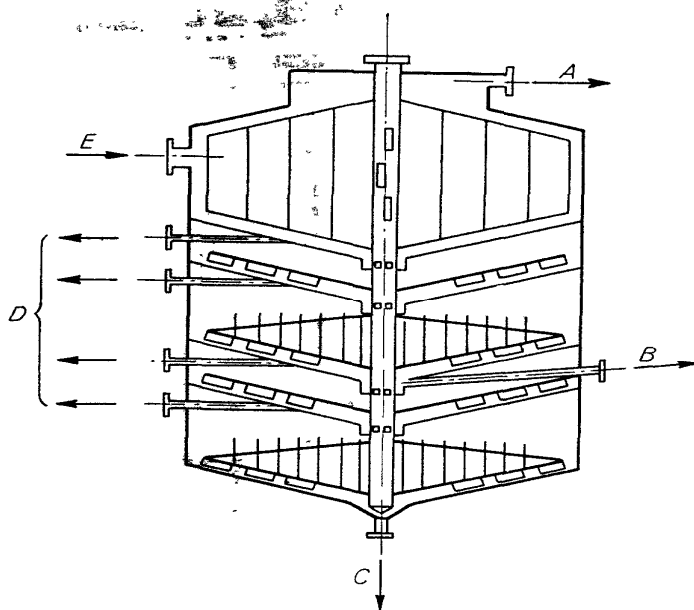
Schema di apparecchio Benning per la defecazione continua

Un apparecchiatura assai semplice è quella Benning, rappresentata nella figura essa è costituita da una cassa di forma cilindrica *A* la cui parte superiore ha diametro maggiore di quello della parte inferiore.

Il sugo greggio entra da *D* e per *G* arriva in *a*, mentre il latte di calce entra per *B* nella parte superiore della cassa; l'anidride carbonica penetra per *C* e arriva nella parte bassa del defecosaturatore. Il sugo saturato esce da *E*. Per ottenere un'opportuna circolazione, la pompa *F* aspira il sugo dal fondo conico e lo manda nella cassa *a*

A questa prima saturazione segue la filtrazione, previa decantazione; la filtrazione si compie con filtri rotativi a tamburo o con filtri di ceramica la decantazione con apparecchi tipo Dorr

Nella figura è indicato un decantatore Dorr di tipo americano, usato anche in Italia.



A uscita schiuma; **-B, C**, scarico melma densa; **D**, scarico sugo chiaro; **E**, arrivo sugo.

Esso ha quattro piani di decantazione sormontati da una camera superiore di sosta, per meglio separare la schiuma. La melma densa si sedimenta sui fondi dei piani inclinati e, mediante raschiatori, viene convogliata verso la parte centrale ed inviata per mezzo di tubazioni alle pompe adatte per melme dense. Il sugo chiaro deborda dalla parte superiore di ciascuno dei piani di decantazione. Le melme che si separano in seguito alla decantazione e filtrazione contengono:

(valori %): carbonato di calcio, 35-38; carbonato di magnesio, 1; fosfato di calcio, 1; zucchero, 0,5-1; non-zucchero organico, 4-5; ossido di alluminio e di ferro, 0,5-1; il resto, acqua.

Queste melme vengono usate come concime dagli stessi bieticoltori.

Alla prima saturazione ne segue una seconda, che ha lo scopo di separare la maggior quantità dalla calce rimasta nel sugo e di ridurre così l'alcalinità a 0,01-0,02% (espressa in CaO).

La seconda saturazione viene effettuata a 75-80 °C in apparecchi analoghi a quelli descritti, ma di minore volume. Dopo la seconda saturazione segue la filtrazione, fatta ora usando generalmente filtri ceramici. Il sugo così ottenuto, depurato parzialmente dei componenti il non-zucchero, ma liberato di gran parte dei componenti nocivi per l'ulteriore lavorazione, costituisce il *sugo leggero* che si deve ulteriormente concentrare per separare per cristallizzazione il saccarosio. È un liquido di colore giallognolo, perfettamente limpido, con 12-13% di saccarosio (segna 13-14 °Brix).

Raramente, negli impianti modernamente attrezzati, si procede ad una terza carbonatazione. Tuttavia, quando resta nel sugo anche un lieve eccesso di calce, questa si deposita con il riscaldamento sulle pareti degli evaporatori, formando incrostazioni che abbassano in modo sensibile la conducibilità termica degli apparecchi. Come decalcificante dei sughi zuccherini sono stati proposti il fosfato trisodico ed il perfosfato.

CONCENTRAZIONE DEL SUGO

Il sugo defecato e filtrato è troppo diluito perché da esso cristallizzi lo zucchero.

E' quindi necessario preparare una soluzione soprasatura, il che comporta una concentrazione spinta a circa 60 °Brix, evaporando quasi l'80% dell'acqua del sugo.

Questa operazione è di fondamentale importanza, per l'industria saccarifera, non solo per il costo ma anche per i problemi chimici che comporta, quali la possibilità d'inversione del saccarosio con il calore anche a pH debolmente alcalino oppure l'interazione del non zucchero e dei componenti salini sempre a causa del riscaldamento. Della perdita di alcalinità sono responsabili principalmente le sostanze azotate, oltre all'invertito ed ai sali di calcio.

Durante la concentrazione si ha sviluppo di ammoniaca a causa della decomposizione delle ammidi e principalmente della glutammica (che dà acido glutammico) dell'allantoina e delle basi puriniche. Inoltre si formano sostanze più o meno colorate di bruno che pongono all'industria il problema di usare sostanze decoloranti per ottenere uno zucchero adatto al commercio.

All'inizio, nell'industria saccarifera, il sugo veniva concentrato a fuoco diretto in padelle aperte, ottenendo spesso un prodotto di concentrazione bruciato o scottato; per ovviare a questo inconveniente, Halette (1828) introdusse il riscaldamento a vapore ideando di utilizzare gli apparecchi a pressione ridotta in un prossimo futuro.

IL SUGO DENSO

Il sugo denso ottenuto dagli apparecchi di concentrazione viene in generale trattato con carbone animale per decolorarlo, quindi filtrato, sempre a caldo.

Per la **solfitazione** si adopera l'anidride solforosa liquida: Il processo di solfitazione consiste nella neutralizzazione dell'eccesso di calce aggiunta al sugo; operando una defecazione analoga a quella della carbonatazione produce nello stesso tempo una chiarificazione del sugo.

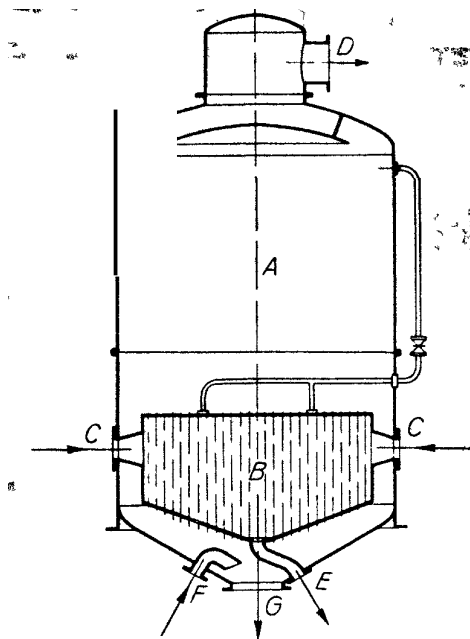
Per separare lo zucchero esso deve essere ulteriormente concentrato fino ad ottenere la cosiddetta **massa cotta**

COTTURA DEL SUGO

La cottura del sugo non è altro che una concentrazione che dà luogo ad una parziale cristallizzazione dello zucchero; tale cristallizzazione viene ostacolata dal non-zucchero e quindi dipende dal rapporto tra zucchero e non-zucchero, cioè dalla purezza del sugo denso.

Una parte dello zucchero non cristallizza e viene detto saccaro-melasso. Un eccesso di calce produce la *cotta grassa o pesante*, in tal caso è bene eliminarlo prima della cottura oppure aggiungere tanto acido cloridrico alla massa da eliminare l'eccesso di calce.

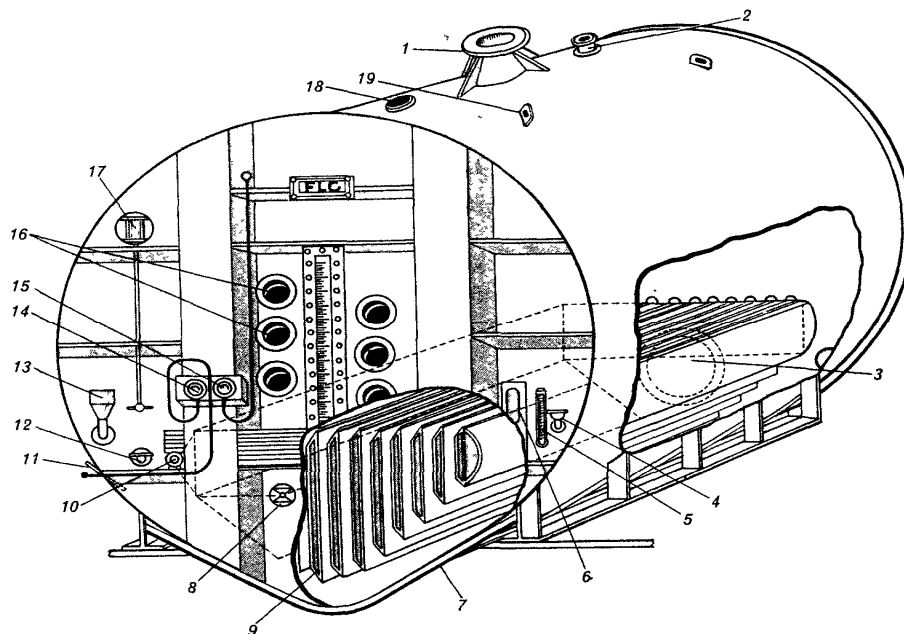
Per la cottura si adoperano apparecchi analoghi a quelli di concentrazione del sugo, che però lavorano isolatamente e non in serie. Sono detti **vacuum o boule**.



Un tipo verticale è indicato nella figura. Esso è costituito dal corpo **A** in lamiera, a forma cilindrica, nell'interno e nella parte inferiore del quale, per aumentare la superficie di evaporazione, è disposto un sistema di tubi **B**, ove circola vapore attraverso le aperture laterali **C - C**, mentre da **E** si scarica la condensa. La massa cotta entra da **F** in basso e sale poco oltre il livello superiore dei tubi di riscaldamento. La concentrazione avviene a 60 °C nel vuoto prodotto da una pompa unita al condensatore in **D**. Lo scarico della massa cotta, dopo la concentrazione, avviene in basso attraverso la grossa apertura **G**.

Uno degli svantaggi degli apparecchi verticali è la difficoltà del mescolamento; negli apparecchi orizzontali si dà un movimento rotatorio al fascio tubiero di riscaldamento, ma la costruzione è più complicata.

Una bolla di cottura orizzontale di moderna concezione è costituita da un recipiente di forma cilindrica orizzontale opportunamente sagomato alla base. Il riscaldamento è effettuato mediante placche riscaldanti. La sagomatura dell'involucro e la particolare disposizione delle placche, alimentate con il vapore del terzo corpo, provocano un'intensa circolazione del sugo in cottura. Si ha così un alto coefficiente di scambio termico, produzione di cristalli a dimensioni uniformi, temperatura di cottura più bassa che negli apparecchi verticali ed anche un minor tempo di cottura. Ne consegue che l'aumento di colorazione dopo cottura è meno forte che per gli apparecchi verticali. Ogni apparecchio, di cottura è collegato ad un condensatore e questo ad una pompa per il vuoto. Dopo lo scarico, l'apparecchio viene ripulito dei depositi di zucchero cristallizzato mediante getti di vapore. Ogni *vacuum* è munito di spia in cristallo, di rubinetto per la presa del campione per l'analisi, di uno o più termometri e di un vuotometro per misurare la depressione. Negli apparecchi più moderni si hanno indicatori tipo « micromax », in uso specialmente in America, che comandano elettricamente delle attrezzature automatiche. In Europa sono diffusi apparecchi che registrano la variazione della conducibilità elettrica dello sciroppo;



Bolla di cottura orizzontale Fives-Lille-Cail.

1, uscita vapore; 2, valvola atmosferica.; 3, entrata vapore delle piastre riscaldanti 4, rubinetto 5, termometro ; 6, finestrella ovale ; 7, valvola di svuotamento della massa cotta ; 8, rubinetto d'entrata dello sciroppo; 9, placche riscaldanti; 10, uscita dei vapori ammoniacali; 11, guaina; 12, sonda di prova; 13, recipiente di insemminazione; 14, indicatore di vuoto; 15, manometro; 16, finestrelle rotonde; 17, valvola di sicurezza; 18, finestrella rotonda; 19, staffa.

La cottura ha la funzione di facilitare lo sviluppo del cristallo e dare la cosiddetta « **stretta finale** » per aumentare il rendimento in prodotto cristallino ed ottenere uno scolo più esaurito. Finita la cottura si chiude il vapore, si toglie il vuoto e si apre lo scarico dal fondo dell'apparecchio, raccogliendo la massa in un recipiente sottoposto (mescolatore).

CRISTALLIZZAZIONE DELLO ZUCCHERO

Lo scarico del *vacuum* avviene quando la massa cotta ha raggiunto 92-94 °Brix ;

Il prodotto viene raccolto nei mescolatori o cristallizzatori, che generalmente si collocano in un piano intermedio tra il *vacuum* e le turbine.

I cristallizzatori sono cilindri in lamiera muniti di intercapedine per la circolazione dell'acqua fredda o calda secondo il bisogno e di un agitatore ad elica, oltre a tubazioni per il carico, lo scarico e l'aggiunta di sciroppo o di scoli per ottenere un più facile separazione dei cristalli di zucchero mediante la centrifugazione.

Infatti, in una cotta ricca molto stretta, i cristalli occupano più di metà del volume della massa..

Si aumenta la sua scorrevolezza aggiungendo nel cristallizzatore un'adeguata quantità di sciroppo saturo o di scolo saturo di una operazione precedente. La cristallizzazione viene favorita dal raffreddamento rapido per le masse ricche, più lento per quelle basse. Per procedere alla separazione dei cristalli dello zucchero, la massa cotta viene lasciata raffreddare a 40-50 °C, quindi inviata alle centrifughe dove il carico e lo scarico dei prodotti avviene in modo automatico.

Nei nuovi impianti si tende ad usare centrifughe continue o centrifughe completamente automatiche capaci di caricare fino a 13 q di massa cotta per ogni ciclo, quindi si hanno batterie di centrifughe in numero tale da smaltire i sughi ottenuti dalla lavorazione di una determinata quantità di bietole nelle 24 ore. La resa di zucchero greggio da una data massa cotta si può calcolare con buona approssimazione in base alla *formula di Hulla-Suchomel*, cioè:

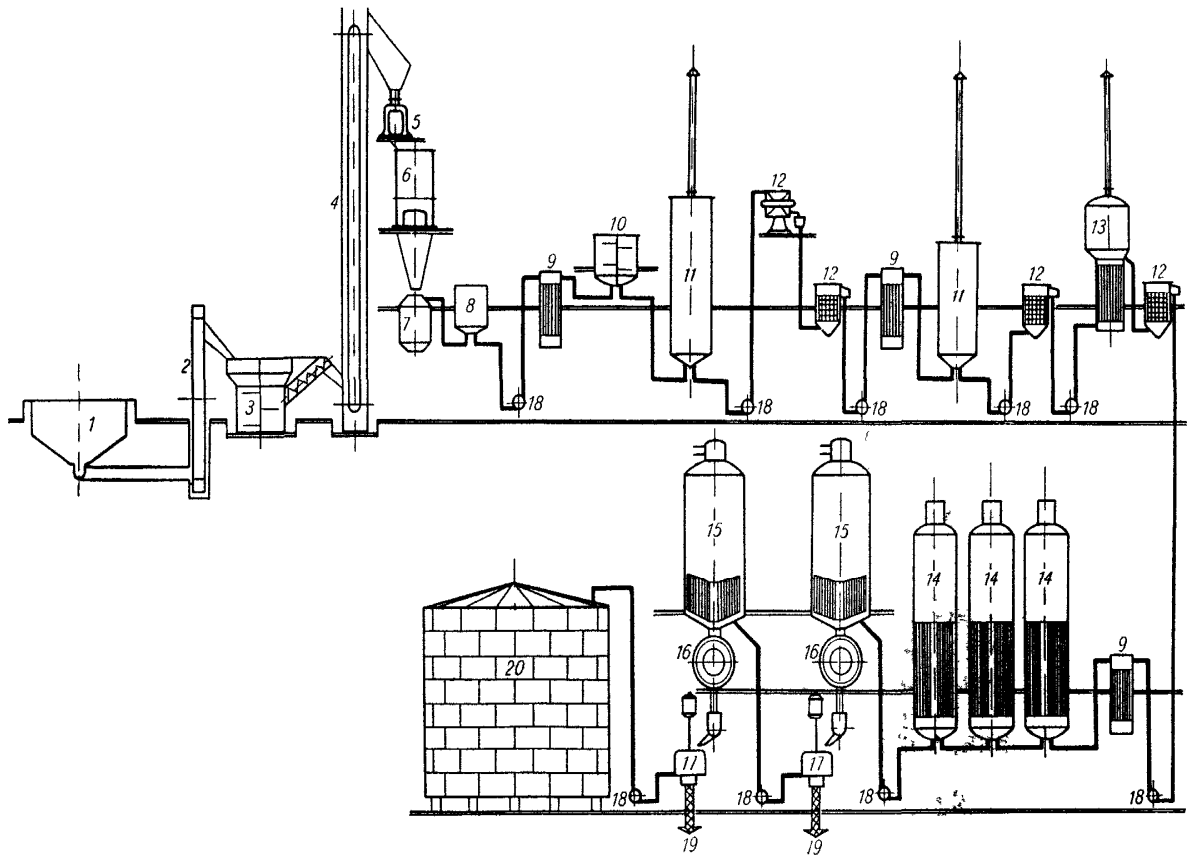
$$\text{resa} = 100 \frac{Ft (Fq - Sq)}{Zt (Zq - Sq)}$$

q indica il quoziente di purezza , **t** la sostanza secca , **F** la massa cotta, **Z** lo zucchero, **S** lo scolo.

In pratica, **una massa cotta con 92,13** di quoziente di purezza **Fq** e 94% di sostanza secca **Ft**, con 73 quoziente di purezza dello scolo **Sq**, 97,7 dello zucchero **Zq** e 98,2 della sostanza secca dello zucchero **Zt**, dà una **resa in zucchero del 74,13 sulla massa cotta**, che corrisponde alla resa di una lavorazione normale.

La resa non corrisponde alla quantità di zucchero raffinato che si ottiene nel trattamento successivo dello zucchero greggio; Questo, oltre a saccarosio, contiene ancora del non-zucchero e non è possibile ottenere per cristallizzazione dell'acqua tutto il saccarosio.

In alcuni zuccherifici, nelle annate buone, si ottengono prodotti bianchi, commerciabili trattando gli zuccheri greggi bianchi con il metodo della chiarificazione, che consiste nel lavare con piccole quantità d'acqua finemente polverizzata i cristalli di saccarosio mentre si centrifugano.



Schema di lavorazione di uno zuccherificio.

1, silos bietole; 2, ruota elevatrice; 3, lavatrice; 4, elevatore; 5, bilancia automatica; 6 - tagliatrice; 7, diffusore; 8, *cassa misura sugo greggio*; 9, riscaldatori; 10, defecatore; 11, *casse di saturazione*; 12, filtri; 13, bollitore; 14, evaporatori; 15, apparecchi di cottura; 16, mescolatori misuratori; 17, idroestrattori centrifughi; 18, pompe; 19, zucchero greggio; 20, deposito melasse.

Raffinazione dello zucchero greggio

Lo zucchero greggio di barbabietola, a differenza di quello greggio di canna, non può essere consumato direttamente per il sapore ed il gusto sgradevoli. Inoltre è attaccaticcio perché i cristalli sono avvolti da un velo di sciroppo ed il colore varia dal giallo al bruno.

Le raffinerie sono spesso separate dagli zuccherifici, le varie fasi della raffinazione sono:

a) Affinaggio; **b)** soluzione dello zucchero affinato; **c)** filtrazione meccanica; **d)** decolorazione; **e)** cottura; **f)** centrifugazione; **g)** preparazione dei vari tipi di zucchero (semolato, pilè, a quadretti, ecc.); **h)** lavorazione ritorni di raffineria e scoli di affinaggio

L'affinaggio ha lo scopo di eliminare con il lavaggio lo strato di sciroppo aderente ai cristalli del greggio e si compie con procedimenti fisici, cioè mediante lavaggi con acqua nelle centrifughe.

Lo zucchero affinato cade dalle centrifughe in tramogge di deposito e viene convogliato, a mezzo trasportatori meccanici, in caldaie cilindriche a fondo conico, munite di agitatore e ad 80-85 °C disciolto in acqua dolce di recupero o di condensa. Il riscaldamento viene ottenuto a mezzo iniezione diretta di vapore. La soluzione calda si mantiene a pH 7,2-7,3 eventualmente aggiungendo piccole quantità di calce e di farina fossile per agevolare la filtrazione. Questa è necessaria per separare le impurezze insolubili e per ottenere uno sciroppo limpido.

Prima della filtrazione, nella stessa caldaia si aggiunge carbone attivo, che oltre ad agire come decolorante, esercita un'azione adsorbente sulle sostanze colloidali presenti. Alla filtrazione segue ordinariamente la decolorazione mediante *nero animale o carbone vegetale attivato*.

La cottura del sugo e la centrifugazione della massa cotta avvengono nelle raffinerie come negli zuccherifici. Il sugo denso purificato viene cotto in grani nei vacuum.

Lo zucchero semolato che si ottiene dalle centrifughe deve essere essiccato e raffreddato prima dell'insacco. Lo zucchero, asciutto e freddo, viene mandato alla vagliatura per eliminare i grumi e la polvere, quindi si procede all'insacco, alla pesatura ed alla chiusura dei sacchi. Questi sono di juta o di carta a seconda della portata.

Lo zucchero pilè è formato da zolle irregolari di varia grandezza e si ottiene passando ad un frantoio lo zucchero in grossi pezzi che si ottengono lasciando indurire la massa cristallizzata in forme di alluminio.

Lo zucchero a quadretti viene ottenuto comprimendo lo zucchero semolato umido entro speciali presse oppure colando la massa cotta in forme e centrifugando successivamente

Industria dello zucchero di canna.

Canna da zucchero. — È una pianta delle Graminacee (*Saccharum officinarum* L.) che cresce nelle zone subtropicali, richiedendo un clima caldo-umido. Si coltiva particolarmente a Cuba, nel Brasile, Messico, Portorico, Perù, Argentina, Antille britanniche, Repubblica Dominicana, , Maurizio, Hawaii, Filippine, Formosa, India, Indonesia, Cina, Egitto, Sud Africa, Australia; in Europa cresce nella Spagna meridionale e in Sicilia. I limiti di coltivazione sono 36-37° di latitudine Nord e 35-37° di latitudine Sud.



Piantazione di canne da zucchero.

La canna da zucchero, di cui esistono diverse varietà, ha fusto legnoso, alto da 3 a 4 m, del diametro di 4-6 cm, con numerosi nodi distanti l'uno dall'altro da 8 a 12 cm, foglie di colore vario lunghe da 1 a 1,5 m e fiori a pannocchie. Nella figura è rappresentata una piantazione cubana di canna. In media un ettaro di terreno, fornisce da 50 a 60 t di canna, con un rendimento in zucchero di 6-7 t; in alcuni paesi, come a Cuba, Giava e Hawaii, si ha un rendimento vicino alle 10 t.

La raccolta della canna si fa prima della fioritura, tagliandola al piede; dopo eliminazione delle foglie si riunisce in fasci e si trasporta nelle *usinas*, dove viene lavorata entro 4-5 giorni, per impedire la fermentazione. Tagliata nel modo indicato, la canna può ricrescere per circa 18-20 anni, che è la durata media di una piantazione.

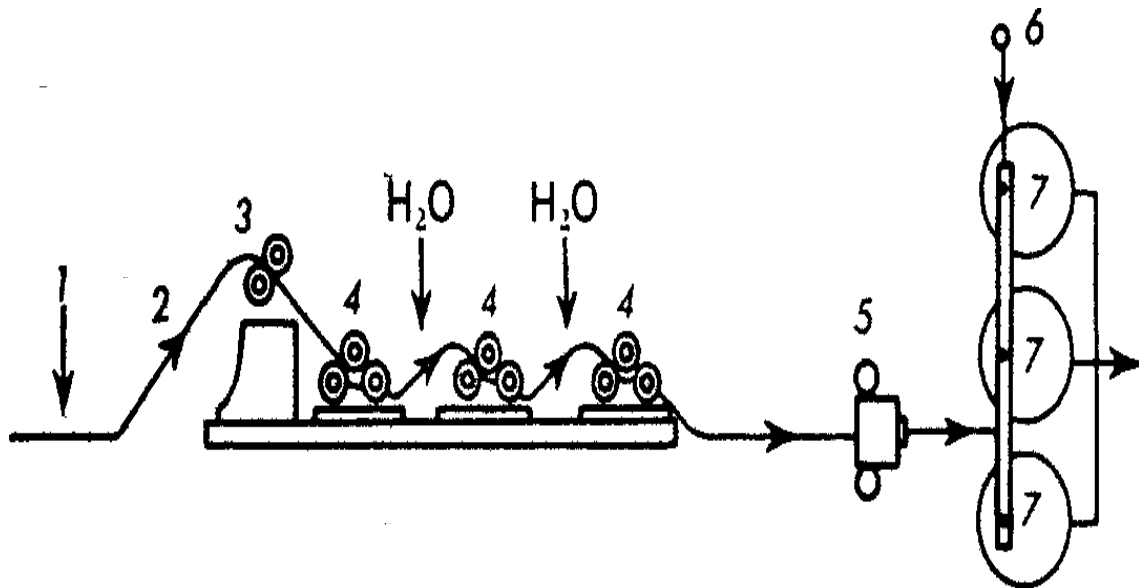
Lo zucchero è contenuto nel fusto in una quantità variabile dall'11 al 16%, a seconda del grado di maturità della pianta, la media annuale si calcola intorno al 13%; sono inoltre presenti 0,5-1,5% di zucchero invertito, 0,5-1 % di sostanze organiche azotate, 0,5-1 % di sali minerali di diversi acidi organici.

La lavorazione della canna per estrarne lo zucchero consiste nella separazione del sugo per spremitura, anziché per estrazione come si fa con la barbabietola. I fusti, ripuliti delle foglie, arrivano in fasci allo zuccherificio e dopo esser fatti passare tra due cilindri a denti robusti (*crusher*), che schiacciano e sfibrano il materiale, con nastri continui arrivano alle batterie dei mulini, costituite da gruppi di 3 cilindri lisci spremitori, in ghisa, disposti a triangolo;

i cilindri hanno il diametro di 0.8-0,9 m e sono lunghi da 1,9 a 2,2 m; essi vengono disposti a distanza determinata a seconda della natura della canna.

Con questo trattamento, dopo il passaggio tra 3-5 ed anche più gruppi di cilindri spremitori, si ha la separazione del sugo per il 95%, mentre nella massa legnosa sottoposta alla spremitura ne resta il 5%.

Il sugo è detto *vesou*, la massa legnosa *bagasse*. Quando si adoperano tre mulini, nel primo si estrae la massima quantità di *vesou* (circa 80-85%), mentre negli altri due si ottiene il restante 10 % estraibile con la pressione. Per facilitare l'estrazione del sugo, tra un gruppo e l'altro dei tripli cilindri, la canna viene spruzzata d'acqua in modo da ridurre la quantità di zucchero della *bagasse* all'1,5 %; in tal modo si ha l'estrazione a umido, anziché a secco come nel primo caso; l'aggiunta di acqua deve però essere fatta in modo da non diluire troppo il sugo. Il rendimento in *bagasse* è dell'11-12 % sul peso della canna



Schema della lavorazione della canna da zucchero.

1, arrivo canne; 2, elevatore; 3, *crusher* ; 4, cilindri spremitori; 5, vasca di solfitazione del *vesou*;

6, misuratore calce; 7, vasche di riscaldamento.

Ottenuto il *vesou* colorato dal grigio al verde, esso viene setacciato per eliminare le sospensioni solide, quindi lo si tratta con calce per neutralizzare l'acidità libera; la quantità di calce varia dallo 0,1 allo 0,2 % sul peso del sugo

L'operazione di defecazione si fa in caldaie munite di serpentino di riscaldamento a 95-100 °C ed è analoga a quella che si pratica con il sugo di barbabietola.

Nelle fabbriche di zucchero coloniale si alterna ancora la carbonatazione con la solfitazione, usando anche fosfato sodico, e talvolta farina fossile, come decolorante ed assorbente.

Così pure, analoga al trattamento del sugo di barbabietola, è la concentrazione negli apparecchi a multiplo effetto: lo sciroppo ottenuto con la concentrazione ha una densità 1,1229 (48,3 °Brix) e contiene il 37,5 % di saccarosio ed il 4 % di zucchero invertito a causa dell'aumento di acidità dovuta alla solfitazione; ancora a caldo si aggiunge talvolta fosfato sodico: 1 Kg per 100 hl di sugo si filtra e si concentra al filetto o in grani. La massa cotta contiene il 9 % di acqua (93 °Brix).

Il ***melasso di canna*** , che si ottiene dopo la separazione del saccarosio dai sughi di^o1, ^o2, ^o3 getto, è un liquido di colore ambrato, di sapore e odore gradevole, che contiene dal 30 al 45 % di saccarosio, dal 6 al 25% di zuccheri riduttori, il 10-12% di non-zucchero ed il 6-15% di sali minerali

Esso viene adoperato per la preparazione del ***rhum***, l'acquavite di canna assai pregiata, in seguito a diluizione, fermentazione e distillazione.

Gli zuccheri di canna vengono compresi nella denominazione generica di ***zucchero coloniale*** e si distinguono a seconda della provenienza