الفصل السابع

تكنولوچيا سكر البنجر

* مقدمة
* زراعة بنجر السكر
* أسس الصناعة
* خطوات الصناعة
  - جمع المحصول
  - الغسيل
  - التقطيع
  - الإستخلاص
  - بطارية روبرت
  - بطارية سيلفر
  - تنقية العصير
  - الطريقة التقليدية
  - طريقة ديفكو
  - الترشيح
  - التركيز
  - البلورة
  - تجفيف وتعبئة السكر

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل السابع

تكنولوچيا سكر البنجر

مقدمة :

إتجهت الدولة فى السنوات الأخيرة إلى الإهتمام بإنتاج السكر من البنجر لمواجهة الإحتياجات المتزايدة من السكر ولسد الفجوة الكبيرة بين الإنتاج والإستهلاك حيث أن الإنتاج المحلى من السكر يقدر بحوالى مليون طنا سنويا بينما يصل الإستهلاك إلى مليون و ٦٠٠ ألف طنا سنويا ، وفى هذا المجال فقد تم زيادة المساحة المنزرعة ببنجر السكر فى مصر من ٢١,٣ ألف فدان عام ١٩٨٢ إلى حوالى ٥٠ ألف فدان عام ١٩٩٤ ، كما أن إنتاجية الفدان من بنجر السكر ارتفعت من ١٠ أطنان عام ١٩٨٢ إلى ٢٠ طنا عام ١٩٩٤ ولاستيعاب هذه الزيادة من بنجر السكر فقد تقرر التوسع فى إقامة عدة مصانع لانتاج سكر البنجر فى النوبارية والفيوم بعد نجاح المصنع الأول الذى أقيم فى كفر الشيخ .

بنجر السكر Sugar Beet Plantation :

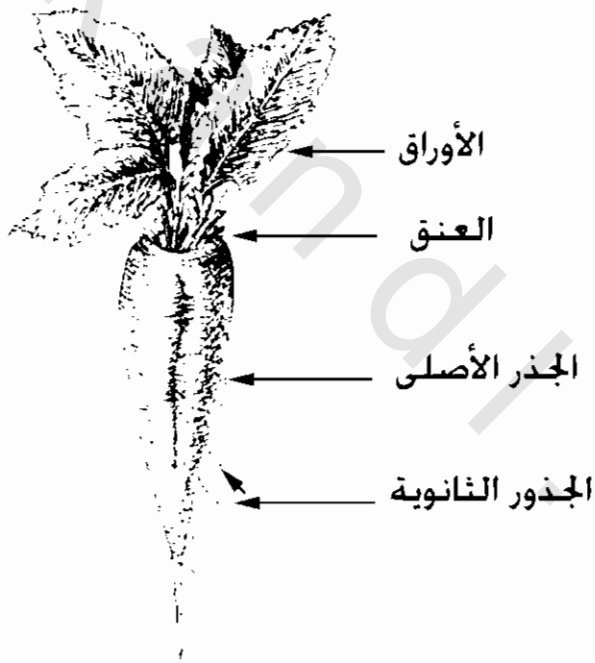
نبات بنجر السكر *Beta vuulgaris* يتبع عائله Chenopodiaceae موطنه الأصلى منطقة البحر الأبيض المتوسط حيث عُرفت زراعته من حوالى ٤٠٠٠ عام والنبات عبارة عن جذر ضخم مخروطى الشكل أبيض اللون تنتشر عليه عدة جذور ثانوية صغيرة الحجم وللجذر الأصلى عنق Hypocotyl وهو عبارة عن جزء قصير صغير خالى من الأوراق ثم رأس Epicotyl تخرج منه عدة أوراق خضراء شكل (٧-١) .

ويوجد من بنجر السكر أصناف كثيرة تشتمل على :

(١) أصناف عديدة الأجنة وهى تنتشر زراعتها بمناطق الإنتاج ومنها أصناف رأس بولى ٢ كواميرا ، بيتا بولى ، ماريب ، مارينا وتربل .

(٢) أصناف وحيدة الأجنة مثل الأصناف إيفا ، صوفيا وبيرية .

ويزرع بنجر السكر بالبذرة وتجود زراعته فى المناطق الباردة والمعتدلة التى تقع شمال خط عرض ما بين ٣٠ - ٦٠ ولذلك تتركز صناعة سكر البنجر فى البلدان الباردة مثل المانيا وروسيا وفرنسا وشمال وشرق الولايات المتحدة . ويحتاج نمو النبات إلى درجات حرارة تتراوح بين ٢٣ إلى ٢٦°م أثناء النهار وحوالى ٢٠°م أثناء الليل كما أن انتاج وتراكم السكر فى الجذور يكون عند أعلى معدل على درجات حرارة تتراوح بين ١٥ إلى ٢٠°م فى حين أن ارتفاع درجة الحرارة إلى حوالى ٣٠°م يؤدى إلى حدوث انخفاض حاد فى تركيز السكر بالجذور - من ناحية أخرى يمكن زراعة بنجر السكر فى الأراضى الحديثة الإستصلاح ويختلف فى ذلك عن قصب السكر الذى يحتاج إلى أراضى قوية وتجود زراعته فى المناطق الحارة . وبالتالى فإنه يمكن التوسع فى زراعات البنجر دون المساس بالأراضى المشغولة بالمحاصيل الأخرى الهامة - أيضًا لمحصول بنجر السكر بعض المزايا الأخرى النسبية عن محصول قصب السكر حيث أن إحتياجات فدان بنجر السكر لمياه الرى تمثل تقريبًا $\frac{١}{٤}$ إحتياجات فدان محصول القصب كما أن محصول بنجر السكر يمكث فى الأرض ٦ أشهر فقط بينما محصول القصب يشغل الأرض طول العام .



شكل (٧-١) نبات بنجر السكر

ويتعرض نبات بنجر السكر أثناء النمو للإصابة بالبكتريا والفطر والمن ويصاب ببعض الآفات مثل ذبابة أوراق البنجر - سوسة أوراق البنجر - فراشة البنجر - دودة البنجر الزغبية وخنفساء البنجر السلحفائية ، ولمقاومة هذه الآفات الزراعية فإنه غالبا ما يتم رش النبات ببعض الكيماويات مثل المبيد الحشرى سوميثون ٥٠٪ وهو مستحلب فعال فى مقاومة هذه الآفات ، أيضا لمقاومة النيماتودا التى قد يصاب بها النبات فإن البنجر عادة ما يزرع كجزء من نظام دورة زراعية محددة إذ يجب أن لا يتم زراعته فى نفس الأرض الزراعية أكثر من مرة كل ثلاث سنوات لتجنب تراكم النيماتودا بالتربة .

أسس الصناعة Principles of Industry :

توجد بعض الاختلافات بين صناعة سكر البنجر وسكر القصب نتيجة لاختلاف طبيعة الخامات المستخدمة ففى حالة البنجر يوجد السكر مخزناً فى خلايا الجذور بينما فى حاله القصب ينتشر بطول الساق ويترتب على ذلك إختلاف طريقة تحضير الخامات للتصنيع واستخلاص العصير وترويقه وغير ذلك من الخطوات التكنولوچية الأخرى ، أيضا فى صناعة سكر البنجر تكون العمليات التصنيعية مستمرة تتم فى مصنع واحد يقوم بإنتاج السكر الخام وتكريره للحصول على السكر النقى النهائى بينما فى حالة صناعة سكر القصب تتم الصناعة على مرحلتين حيث يتم إنتاج السكر الخام فى مصنع إنتاج السكر ثم يتم نقله بعد ذلك إلى مصنع آخر لتكريره ولإنتاج السكر النقى النهائى .

يضاف إلى ما سبق فى حالة بنجر السكر لا تزيد فترة جمع المحصول عن شهرين بينما فترة كسر القصب تمتد إلى حوالى أربعة أشهر ويترتب على ذلك أن موسم إنتاج السكر من القصب يكون أطول بالمقارنة بإنتاج سكر البنجر وبالتالى فإن مصنع سكر البنجر يجب أن يكون بطاقة إنتاجية كبيرة بالقدر الذى يسمح للمصنع بالتعامل مع الكميات الكبيرة التى تورد من البنجر على مدى فترة زمنية قصيرة لاتزيد عن الشهرين أو البديل لذلك تخزين الكميات الزائدة من الخامات إلى أن يحين وقت التصنيع وهو ما يمثل مشكلة هامة نظراً لأن تخزين البنجر قد يقلل من جودة الخامات ويؤثر على إنتاجية المصنع من السكر النقى .

خطوات الصناعة Processing Steps :

(١) جمع المحصول Harvesting :

تتوقف إنتاجية وجودة سكر البنجر بدرجة كبيرة على جودة المواد الخام المستخدمة فى الصناعة ليس فقط من حيث محتوى البنجر من السكروز ولكن أيضا محتواه من المواد الأخري المصاحبة التى تؤثر على جودة السكر ويرتبط ذلك بدرجة نضج البنجر وحجم وشكل الجذور والذى يرتبط بالصنف فضلا عن تأثير المعاملات الزراعية والظروف المناخية - أيضا يؤثر فى جودة المواد الخام عمليات جمع وتحميل ونقل المحصول من المزرعة إلى المصنع فيجب إتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع تعرض الجذور للتلف الميكانيكى أثناء هذه العمليات إذ أن تعرض الجذور لذلك ومع إرتفاع محتواها من الرطوبة يؤدى إلى سرعة حدوث التلف بفعل الأحياء الدقيقة والتفاعلات الإنزيمية .

يتم جمع البنجر عندما يصل إلى درجة النضج المناسبة والتى تتميز بكبر حجم الجذور وجفاف بعض الأوراق وفى هذه المرحلة تحتوى الجذور على أعلى تركيز من السكروز (حوالى ١٨ - ٢٠ ٪) وعادة ما يتم الجمع بالطرق الميكانيكية حيث تزال بقايا الجزء الخضرى وتحمل الجذور على لوريات حيث تنقل إلى المصنع وتوزن جميع الرسائل فور وصولها إلى المصنع لتقدير كمية الخامات الواردة إلى المصنع ثم تؤخذ عينات عشوائية لتقدير محتوى البنجر من السكروز والمواد الأخرى مثل السكريات الأحادية والنيتروجين الأمينى والقلوية وبناء على هذه التحاليل يمكن تقييم جودة البنجر وتحديد كمية السكر المتبلر المتوقع إنتاجها .

وعادة ما يتم التصنيع فور وصول البنجر إلى المصنع بدون أن يترك لفترة طويلة قد تؤدى إلى التأثير على إنتاجية السكر ولكن قد يلجاء المصنع إلى تخزين البنجر لبعض الوقت للأسباب التالية :

(١) زيادة الكميات الواردة إلى المصنع من المواد الخام عن السعة الإنتاجية بسبب قصر موسم جمع البنجر وبالتالى لابد من تخزين الكميات الزائدة .

(٢) للمحافظة على إستمرارية تشغيل المصنع بدون توقف تحت أى ظروف طارئة بتوفير المواد الخام اللازمة للتشغيل .

obeikandi.com

(٣) احتمال تعرض نبات البنجر لظروف مناخية سيئة أثناء تركه فى الحقل لفترة طويلة وبالتالى يكون من الأفضل جمعه ونقله إلى المصنع وتخزينه ، ويعتبر تخزين البنجر مشكلة هامة تواجه صناعة سكر البنجر ويرجع ذلك إلى إرتفاع محتوى الجذور من الرطوبة والسكريات والمكونات الأخرى مما يجعل من السهل تعرض الجذور أثناء التخزين إلى التلف بفعل الأحياء الدقيقة فضلا عن إستمرار العمليات الحيوية أثناء التخزين هذا بالإضافة إلى الاصابة بالحشرات ، ولذلك من الأفضل كثيرا أن يتم التصنيع ، فور وصول البنجر إلى المصنع إذ أن التخزين حتى تحت أفضل الظروف يؤدى إلى فقد فى محتوى البنجر من السكر وزيادة محتواه من المواد الأخرى المصاحبة مثل السكر المحول وسكر الرافينوز والمواد النيتروچينيه وغيرها من المواد الأخرى التى تؤدى إلى حدوث بعض المشاكل التكنولوچية أثناء الصناعة وأهم هذه المشاكل مايلى :

١- صعوبة إجراء عمليات الترويق والترشيح بسبب إرتفاع لزوجة العصير .

٢- صعوبة عملية البلورة وإنتاج بللورات ذات شكل غير منتظم بسبب إرتفاع نسبة السكريات الأحادية والرافينوز أثناء التخزين .

٣- يؤدى التخزين تحت ظروف غير مناسبة إلى تكوين الدكستران Dextran الذى يعمل على تشويه شكل بللورات السكر وإنتاج بللورات ذات أشكال إبرية أو مستطيلة .

٤- تؤدى التغيرات التى تحدث فى البنجر أثناء التخزين إلى تكوين مادة السابونين Saponin وهى مادة غير سكرية تقلل من درجة جودة السكروز الناتج ، فقد وجد أن وجود مادة السابونين بتركيزات بسيطة لا تتجاوز ٢ جزء فى المليون فى السكر الناتج أدى إلى اكساب السكر صفات غير مرغوبة مثل تكوين رغوة وعكارة عند إذابتة فى الماء .

٥- ارتفاع نسبة الرماد خاصة أملاح الكالسيوم فى عصير البنجر المخزن يؤدى إلى تكوين عكارة فى محاليل السكروز وصعوبة عملية البلورة .

٦- تخزين البنجر يؤدى إلى إعطاء عصير داكن اللون نتيجة لحدوث تفاعلات التلون البنى أثناء التخزين مما يؤثر فى لون البللورات الناتجة .

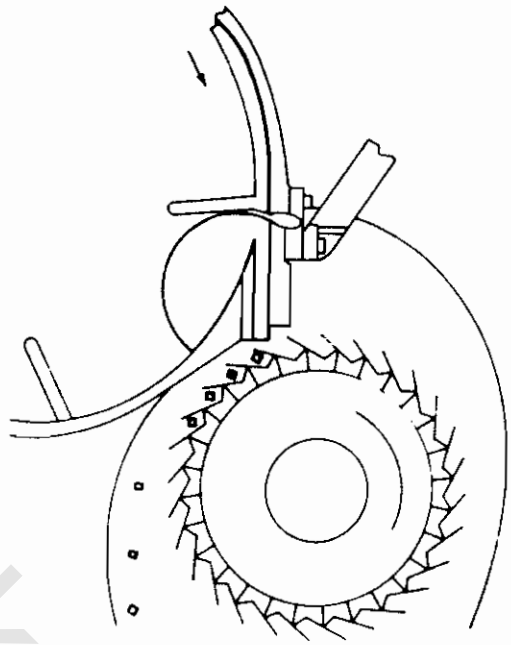
ويعتبر التنفس السبب الرئيسى لحدوث هذه التغيرات الغير مرغوبة التى يتعرض لها البنجر أثناء التخزين وبالتالى يجب إتخاذ الإحتياطات الضرورية لخفض معدل التنفس أثناء التخزين عن طريق تبريد البنجر وخفض درجة حرارته إلى حوالى ٢°م والإهتمام بتهوية أماكن التخزين حيث يتم تجميع البنجر فى صورة أكوام فى مخازن جيدة التهوية ، ونظراً لأن البنجر عبارة عن جذور أرضية فإنها تصل إلى المصنع محملة بكميات كبيرة من الأتربة والمواد الطينية العالقة ولذا يجب التخلص من هذه المواد عن طريق عملية غسيل أولية حيث يفضل تخزين البنجر نظيفا هذا بالاضافة إلى فرز الجذور لإستبعاد التالف منها بفعل عمليات التحميل والنقل فضلا عن ذلك ولخفض مقدار الفقد الذى قد يحدث للبنجر عن طريق العفن فإنه يستعمل بعض المواد الكيماوية مثل البولى فينولات Polyphenols والـ Ally isothiocyanate .

(٢) الغسيل Washing :

نظراً لأن البنجر عبارة عن جذور أرضية تنمو تحت سطح التربة فإنه يجب الإهتمام بالغسيل الجيد للتخلص من بقايا التربة والمواد الطينية العالقة والملتصقة بالجذور وعادة ما تجرى عملية غسيل أولية بواسطة أجهزة غسيل Multijet Washers تقوم بدفع الماء بقوة لتسهيل ازالة المواد الطينية الشديدة الإلتصاق بالجذور يلى ذلك عملية الغسيل الأساسية حيث تنقل جذور البنجر بواسطة سير ناقل إلى أحواض مائية لاستكمال الغسيل والتخلص من الأحجار الصغيرة والمواد الغير مرغوبة وأيضا يجرى الفرز لإستبعاد الجذور الغير مناسبة أو المصابة .

(٣) التقطيع Slicing :

تنقل جذور البنجر بعد اتمام غسيلها على سير ناقل إلى جهاز التقطيع Beet Slicer المزود بسكاكين حادة تتحرك حركة دائرية شكل (٧-٢) ويمكن التحكم فى سرعة دورانها وتقوم هذه السكاكين بتقطيع الجذور إلى شرائح رقيقة لا يزيد سمكها عن ١/٣٢ من البوصة وتسمى Cassettes وتؤدى عملية التقطيع إلى زيادة مساحة الأسطح المعرضة للاستخلاص وبالتالى تسهيل إستخلاص العصير وزيادة إنتاج المصنع من السكر .

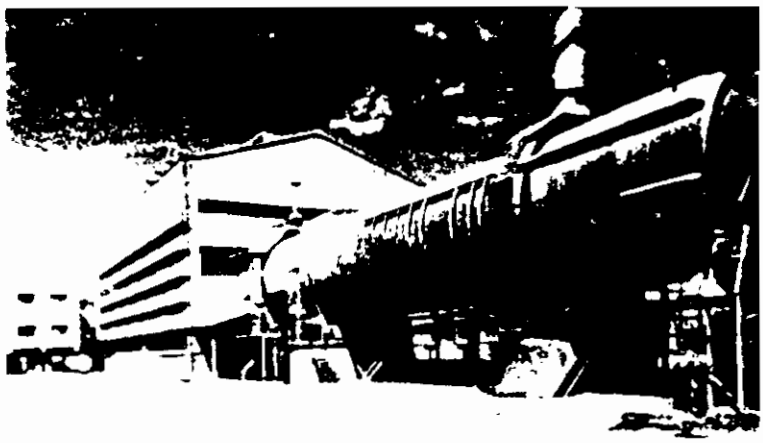


شكل (٧-٢) ماكينة تقطيع البنجر إلى شرائح أو قطع صغيرة

(٤) الاستخلاص Extraction :

تنقل شرائح البنجر بواسطة سير ناقل إلى أجهزة الاستخلاص حيث يتم تغطيتها بالماء الساخن (درجة حرارته ٧٠°م) الذى يعمل على إنتشار وخروج السكر من الشرائح إلى وسط الإستخلاص (الماء) بالخاصية الأسموزية ويتم الإستخلاص فى أجهزة ضخمة تسمى بطاريات الإنتشار Diffusion batteries ويوجد منها تصميمات عديدة فقد تكون على شكل أسطوانة ضخمة Diffusion drum أو برج عال Diffusion tower (شكل ٧-٣) .

obeikandl.com

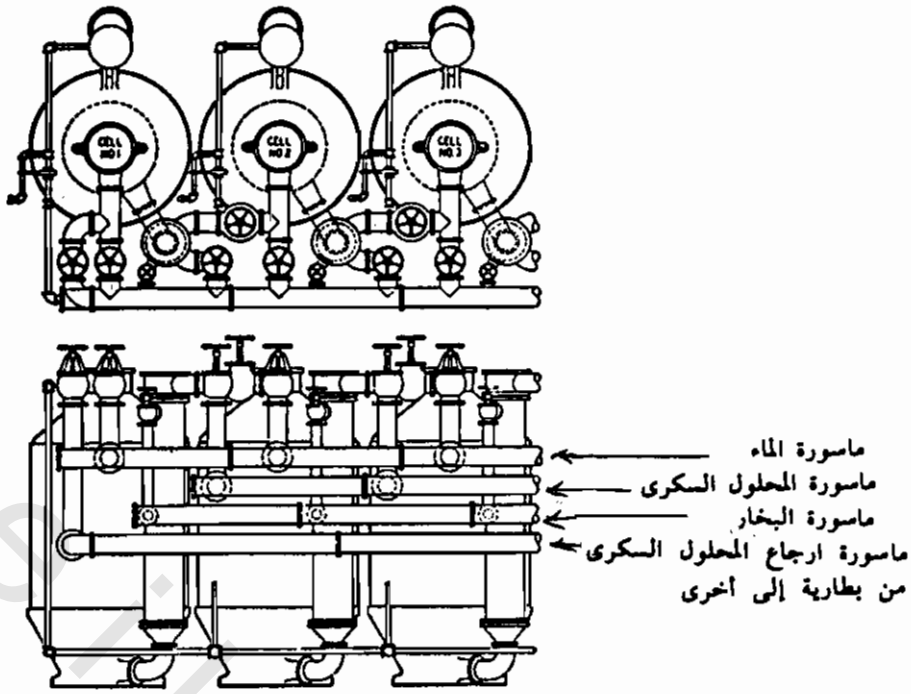


شكل (٧-٣) أجهزة إستخلاص السكر من البنجر

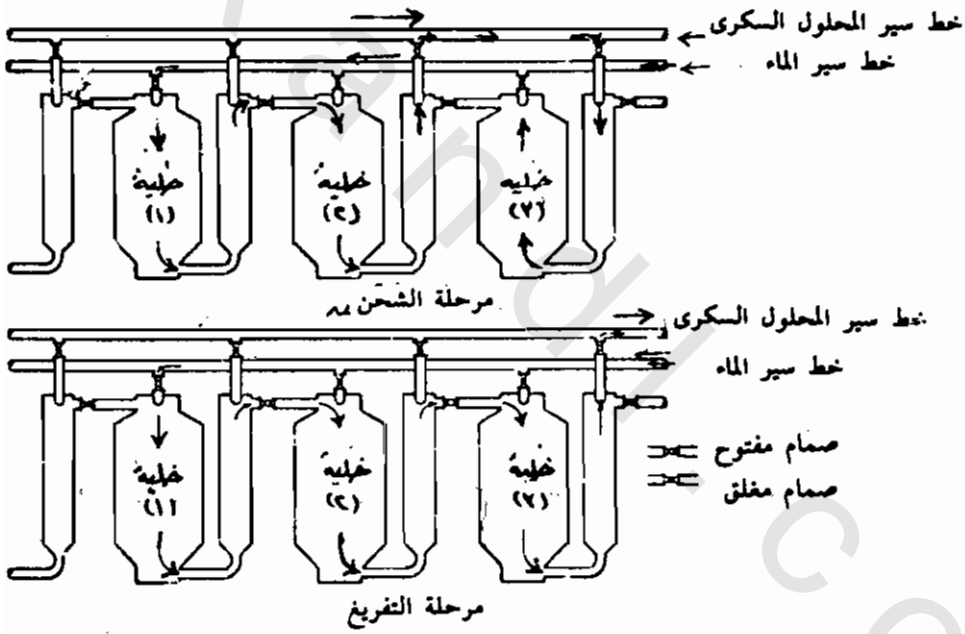
(أ) جهاز إنتشار أسطوانى

شكل (٧-٣) أجهزة إستخلاص السكر من البنجر

(ب) برج استخلاص



(أ) مقطع عرضى لخلايا البطارية من أعلى وترتيب الخلايا بالبطارية



(ب) مرحلتى شحن وتفريغ البطارية

شكل (٧-٤) دياجرام بطارية الإستخلاص بالإنتشار

أهم أجهزة الإستخلاص المستخدمة فى مصانع سكر البنجر :

(أ) بطارية روبرت للإنتشار Robert Diffusion Battery :

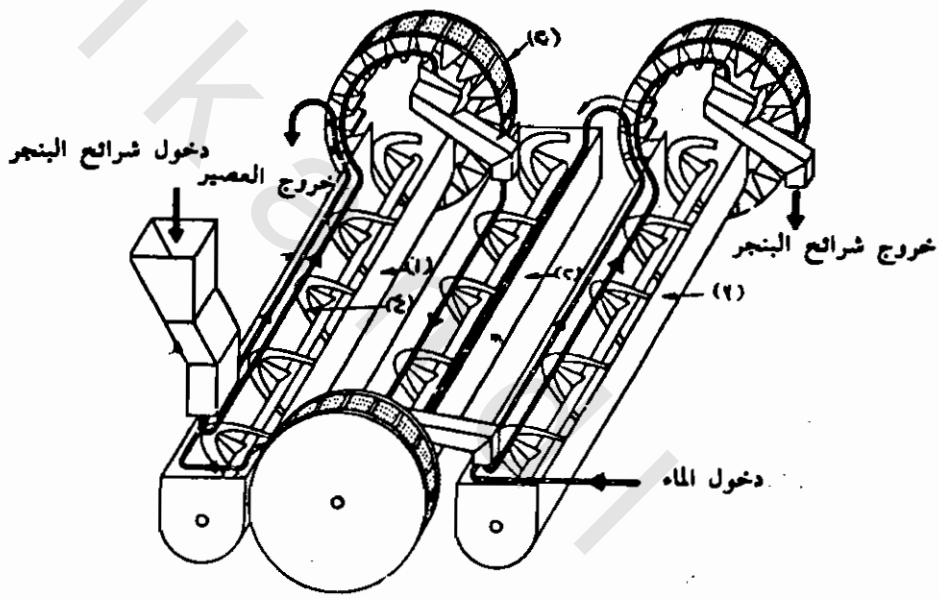
تتكون البطارية (شكل ٧-٤) من عدة تنكات يسمى كل منها خلية ويتراوح عددها بين ١٥ إلى ٢٠ خليـة فى البطارية الـواحدة وكل خلية مزودة بـسخان لتسخـين الماء ورفع درجة حرارته إلى ٧٠°م لزيادة كفاءته فى الإستخلاص كما أن لكل خلية ثلاث صمامات تتحكم فى إتجاه سريان المـاء والمستخلص الـسكرى من خلية إلـى أخرى على حسب وضـعها فى دورة الإستخـلاص حيث تكون الخلايـا مملوءة بشرائح الـبنجر المراد إسـتخلاصها ويتـحرك الماء الساخن من خلية إلـى أخرى فى إتجاه مضاد لحركة الخلايا التى تتحـرك داخل البطارية وهو الإستخلاص بالـنظام المضاد Countercurrent extraction حيث يـتم دفع الماء النـقى من خط أو أنبوبة الماء إلى الخليـة التى تحتوى على شرائح البنجر المستخـلصة قبل خروجها من البطارية لإستخلاص أكبـر قدر ممكن من السكر المتبقى عالقًا بالشرائـح بعد إستخلاصها ثم يتغير وضع الخلايا داخل البطارية بحيث ينتقل المستخلص السكرى المخفف إلى الخلية التالية التى تكون قد أخذت وضعاً جديداً فى دورة الإستخـلاص حيث يستخلص كميات أخرى من السكر ويـصبح المستخلص الـسكرى أكثر تركيزاً وهـكذا تستمر دورة الإستخـلاص وإنتقال المستخلص الـسكرى من خلية إلى أخرى إلى أن يلـتقى المستخلص السكـرى الأكثر تركيزاً قُبيل خروجه من البطارية مع دفعة جديدة مـن شرائح البنجر الخام التى تبدأ دورة إستخلاص جديدة .

(ب) بطارية سيلفر للإنتشار المستمر Silver Continuous Diffuser

فى الـسنوات الأخـيرة إتجهـت مصانـع سكر الـبنجـر إلى إستـخدام أجهـزة سيلـفر للإستخلاص والتى أثبتت نجاحاً كبيراً فى صـناعة سكر البنجر فى أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية لما تتميز به هذه الأجهزة من إرتفاع كفاءة الإستخلاص وبالتالى إنخفاض الفاقد من السكـر المتبقى فـى الشرائح المسـتخلصة وذلك بـالمقارنة ببـطارية روبرت ويرجـع ذلك إلى تعريض شرائح البنجر للتقليب المستمر بالـطرق الميكانيكية خلال فترة الإستخلاص بينما فى جهاز روبرت تظل الشرائح ثابتة غير متحركة Fixed bed داخل الخلايا .

وتتكون بطـارية سيلفر للإستخلاص المـستمر (شكل ٧-٥) من عدة أحواض مـستطيلة الشكل يتـراوح عددها بين ٢٠ إلى ٢٤ حوضا فـى البطارية الواحدة طـول الحوض ٢٠ قدماً

وعـرضه ٥ أقدام والأحواض الأولى فـى بداية البـطارية تـكون ذات جدران مزدوجـة مزودة بالبخـار لتسخين الشرائح ووسـط الإستخلاص (الماء) إلى درجة حـرارة الإستخلاص (٧٠°م) ويتحرك بداخل الحوض بريمة حـلزونية تقوم بتقليب شرائح البنجر ونقـلها من طرف التغذية أو الشحن إلى الطرف الآخـر للحوض الذى يوجد به عجـلة قطرها ١٢ قدماً تـتحرك دائريا ومزودة بجيـوب مثقبة تعمل كـمصفاة وتقوم هذه الجـيوب برفع شرائح البنـجر من الحوض وتصفيـتها من المستخـلص السكرى ونقلـها إلى طرف الحوض التالـى حيث يستمر تـقليب الشرائح داخل الحوض بواسطـة البريمة الحلزونية حتى تصل إلى العـجلة التى بطرف الحوض حيث تنقل الشرائح إلى الحوض الثالث لإستكمال الإستخلاص وهكذا يستمر تقليب الشرائح ونقلهـا من حوض إلى آخر حتى تتـم عملية الإستخلاص وتـخرج الشرائح المستخـلصة من الحوض الأخيـر فى بطاريـة الإستخلاص فـى نفس الوقـت الذى يتم شـحن الحوض الأول بدفعات أخرى من الشرائح الخام وهكذا يتم الإستخلاص بصورة مستمرة .



(١) ، (٢) ، (٣) أحواض الإستخلاص
(٤) بريمة لتحريك ونقل شرائح البنجر من طرف إلى آخر بالحوض
(٥) إطار دائرى لنقل الشرائح من حوض إلى آخر

شكل (٧-٥) بطارية سيلفر للاستخلاص بالانتشار المستمر

ويلاحظ أن إنسياب الماء (وسط الإستخلاص) بالنسبة لحركة الشرائح أثناء الاستخلاص يجمع بين النظامين الموازى والمضاد ففى داخل الأحواض ينساب السائل والشرائح فى إتجاه واحد من طرف الحوض إلى الطرف الآخر بينما يكون إتجاه السائل عكس إتجاه الشرائح أثناء نقلها بواسطة العجلة من حوض إلى آخر .

(٥) تنقيه العصير Purification of Juice :

يحتوى المستخلص السكرى الناتج من المرحلة السابقة (عصير البنجر الخام) على بعض الشوائب والمواد الأخرى العالقة التى يجب التخلص منها قبل تعريض المستخلص للحرارة أثناء العمليات التصنيعية التالية (مثل التركيز والبلورة) فيجرى أولاً تصفية المستخلص السكرى لفصل ما قد يوجد به من أجزاء صغيرة من قطع البنجر ثم يمرر بعد ذلك إلى تانك كبير لإجراء عملية الترويق بمعاملة العصير بدون تسخين بواسطة لبن الجير (Liming) وثانى أكسيد الكربون (Carbonation) حيث تؤدى هذه المعاملات إلى ترسيب المواد العالقة التى تنفصل بعد ذلك بالترشيح .

ويوجد عدة نظم لمعاملة العصير بالجير وثانى أكيد الكربون تختلف من بلد إلى آخر من البلدان التى تنتج سكر البنجر وتشتمل هذه الطرق على مايلى :

٥ (أ) الطريقة التقليدية Traditional method :

وهى الطريقة الأساسية التى تتبع منذ وقت طويل وفيها يتم معاملة عصير البنجر بالجير وثانى أكسيد الكربون على عدة مراحل متتالية حيث يضاف إلى العصير كمية زائدة من لبن الجير (أيدروكسيد الكالسيوم) بنسبة تصل إلى ٢ - ٣٪ فتتكون سكارات الكالسيوم التى تتحلل بامرار غاز ثانى أكسيد الكربون إلى أن يتشبع العصير بالغاز فيتكون راسب من كربونات الكالسيوم والمواد الأخرى العالقة حيث يسمح لهذه الرواسب بالإستقرار فى قاع تانك الترويق ثم يتم فصلها بالترشيح ثم يعامل المستخلص السكرى مرة ثانية بكمية بسيطة من لبن الجير ويجب أن لا تزيد الكمية المضافة عن ٠,٥٪ لتجنب تكوين عكارة بالمستخلص فضلا على أن وجود زيادة من الجير يكسب المستخلص السكرى لونا أصفرًا غير مرغوب يؤثر فى لون الناتج النهائى (السكر) بالإضافة إلى صعوبة البلورة وانفصال بللورات السكر فى وجود زيادة من الكالسيوم وبعد ذلك يمرر بالمستخلص السكرى الرائق غاز ثانى أكسيد الكربون مرة ثانية لإزالة ما قد يكون متبقيا من الشوائب حيث يسخن المستخلص بعد ذلك

إلى حوالى ٧٥ - ٨٠م ثم يرشح لفصل الرواسب المتكونة وبعد ذلك يمرر بالمستخلص غاز ثانى أكسيد الكربون لإختزال اللون وترسيب الزيادة من الكالسيوم فى صورة كبريتيت الكالسيوم الذى يتم التخلص منه بالترشيح .

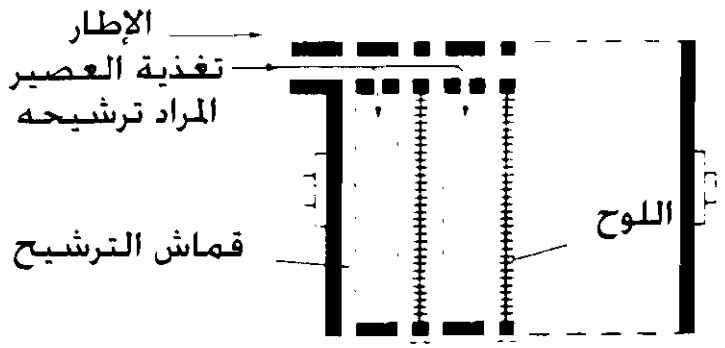
ويمتاز المستخلص السكرى المروق بالطريقة التقليدية بأنه أكثر ثباتا حراريا فلا يتكون به رواسب بعد ذلك عند التعرض للحرارة فى العمليات التصنيعية التالية فضلا على أن القلوية الشديدة تؤدى إلى هدم ما قد يوجد بالعصير من سكريات محولة وجلوتامين والتى قد تتكون فى جذور البنجر أثناء التخزين .

٥- (ب) طريقة ديفكو Defco - Carbonation method :

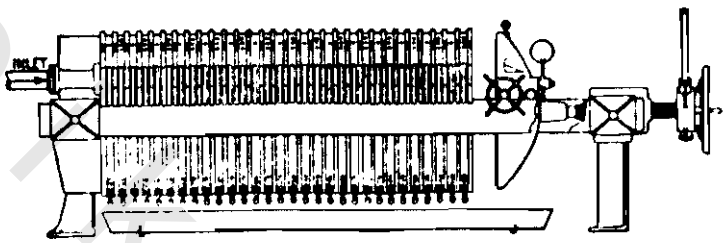
فى هذه الطريقة يعامل المستخلص السكرى بالجير وثانى أكسيد الكربون فى وقت واحد حيث ينقل العصير الخام إلى حلل الكربنة التى يوجد بها لبن الجير مع إضافة ثانى أكسيد الكربون الذى يتخلل لبن الجير مكونا رأسب من كربونات الكالسيوم والشوائب الأخرى ويسمح لهذه الرواسب بالانفصال والاستقرار فى قاع خزان دائرى كبير يسمى المروق Clarifier ويمتاز المستلخص السكرى المعامل بهذه الطريقة بصفات ترسيبية جيدة حيث تتكون الرواسب بسهولة وتنفصل بسرعة ويمكن ترشيحه بسهولة ويطلق على هذه الطريقة Dorr process .

(٦) الترشيح Filtration :

بعد معاملة مستخلصات البنجر بالجير وثانى أكسيد الكربون يجرى ترشيحها للتخلص من الرواسب التى تتكون بفعل هذه المعاملات ومن أكثر أنواع المرشحات التى تستخدم فى مصانع سكر البنجر تلك الأنواع التى تعمل تحت ضغط مثل المرشح اللوحى Plate and frame filter press (شكل ٧-٦) إلا أنه بعد إدخال نظام الاستخلاص المستمر Continuous extraction أصبح من الضرورى تطوير بعض خطوات التصنيع الأخرى مثل الترشيح لتتلائم مع ذلك ولذا فإن كثير من المصانع الحديثة تستبدل هذه الأنواع من المرشحات بأجهزة الترشيح المستمرة التشغيل Continuously operation مثل المرشح الدائرى الحركة (رحوية) Rotary drum filter (شكل ٧-٧) وتتميز هذه المرشحات بأنها لا تحتاج إلى مسطحات أرضية كبيرة داخل المصنع بالمقارنة بمرشحات الضغط Filter press التى تتطلب مساحة كبيرة تصل إلى ٣٠٠ متر مربع لترشيح ١٠٠٠ طن

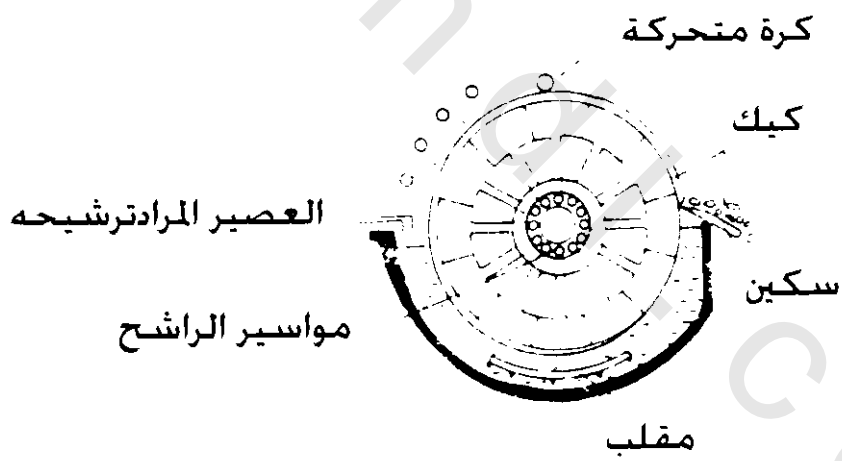


(أ) أجزاء المرشح



(ب) شكل عام للمرشح

شكل (٧-٦) مرشح لوحى يعمل تحت ضغط



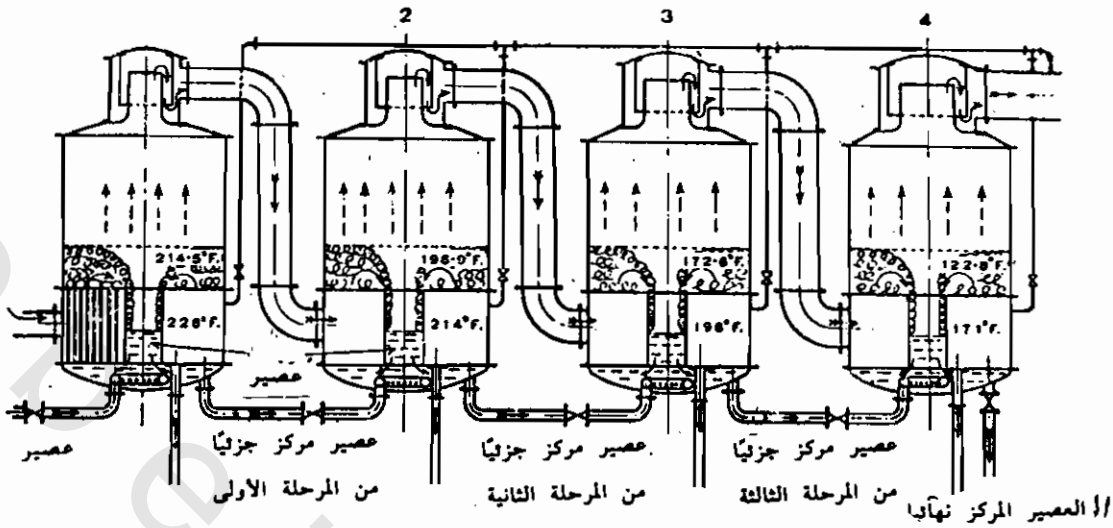
شكل (٧-٧) مرشح أسطوانى دائرى الحركة

عصير فى اليوم فى حين أن ترشيح هذه الكمية بالمرشح الرحوى لا تحتاج إلى أكثر من ١٠٪ من هذه المساحة بالإضافة إلى ذلك إرتفاع كفاءة ترشيح هذه المرشحات وبالتالى خفض الفاقد فى السكر الذى يتبقى فى كيكة الترشيح Filter Cake من ١-٣٪ إلى ٢, - ٦, ٪ فقط .

(٧) التركيز Concentration :

يتم تبخير المستلخص السكرى لرفع تركيز المواد الصلبة الذائبة (السكروز) من ١٣ - ١٤٪ ليصل إلى ٦٥ - ٧٠٪ ويتم ذلك بالتسخين تحت تفريغ مقداره ٢٠ بوصة زئبق حيث تكون درجة غليان المستخلص ٦٠°م وذلك لتجنب التحلل أو الهدم الحرارى الذى يمكن أن يحدث للسكروز عند التسخين تحت ظروف الضغط الجوى العادى التى تؤدى إلى إرتفاع شديد فى درجة حرارة الغليان كلما تقدمت عملية التركيز .

تجرى عملية التركيز فى أجهزة تبخير تعمل تحت تفريغ والتى يوجد منها تصميمات عديدة وأهم هذه الأجهزة المستخدمة فى صناعة السكر مبخرات الدوران المدفوع Forced circulation evaporators ومبخرات الأغشية النازلة Falling film evaporators وتتم عملية التركيز بصورة متدرجة على مراحل متتالية ولذلك فقد تم إحلال أجهزة التبخير المتعددة التأثير Multiple effect evaporator (شكل ٧-٨) بدلا من النظام القديم الذى كان يعتمد على إتمام التركيز فى مرحلة واحدة ففى أجهزة التبخر المتعددة التأثير ينتقل المستخلص السكرى المركز جزئيا من مبخر إلى آخر إلى أن يستكمل التركيز إلى الحد المطلوب ويعمل هذا النظام على توفير إستهلاك البخار وزمن التركيز .

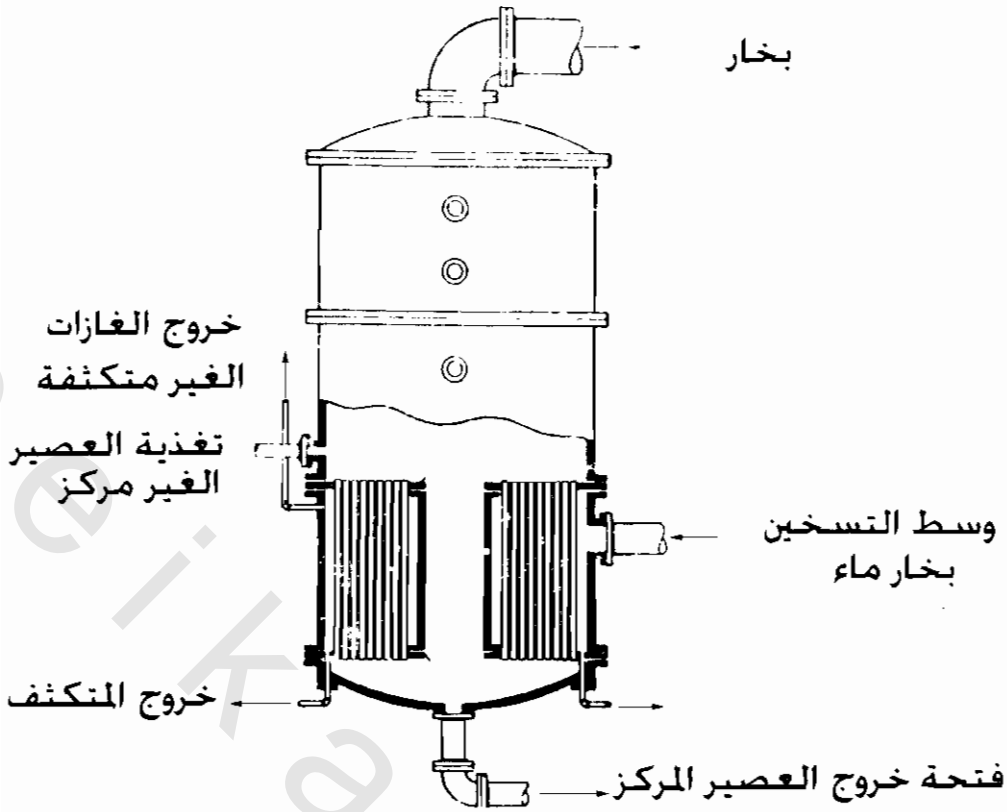


شكل (٧-٨) جهاز تبخير متعدد التأثير

(٨) البلورة Crystallization :

تتضمن بلورة السكر ثلاث عمليات رئيسية متتالية وهى غليان الشراب السكرى وتكوين البللورات ثم فصل هذه البللورات عن السائل الأم Mother liquid .

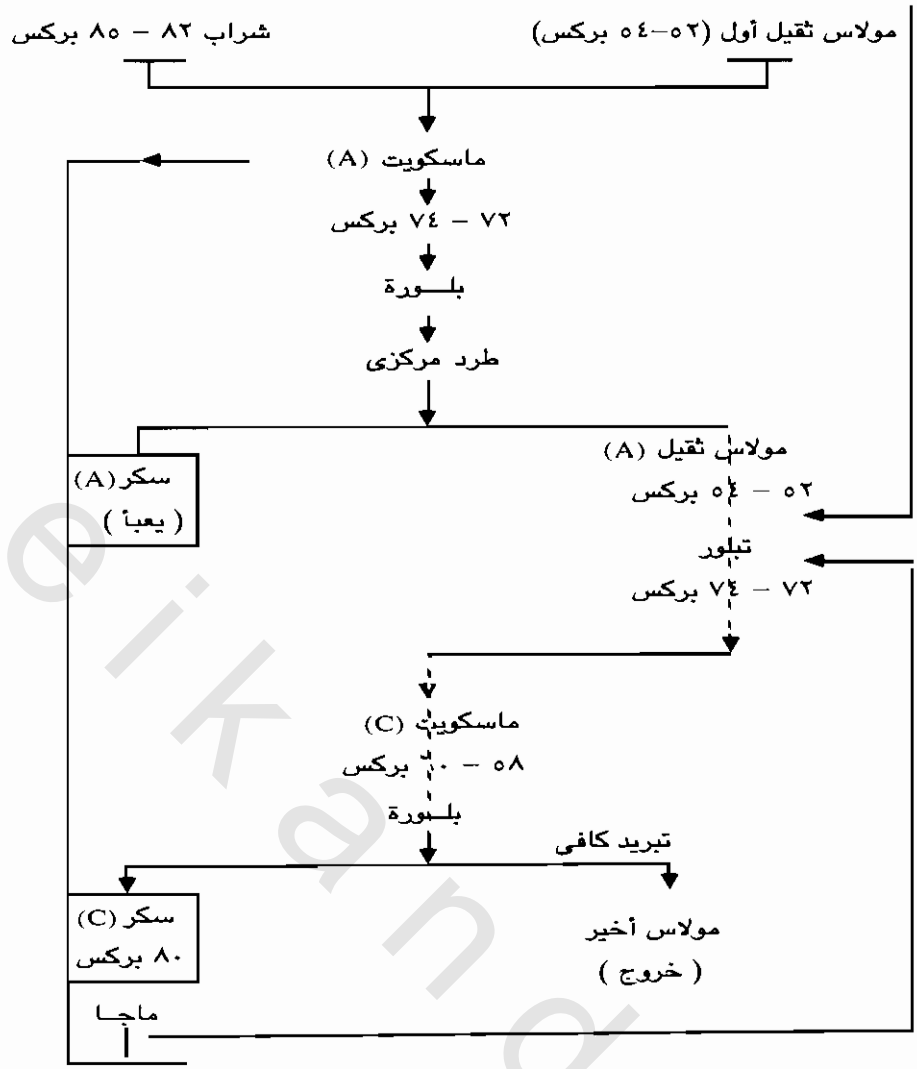
يتم غليان الشراب السكرى المركز لرفع تركيزه حتى يصل إلى حالة فوق التشبع Supersaturation ويجرى ذلك فى حلل غليان تعمل تحت تفرغ - Vacuum boiling pans وتشبه الحلة أحد وحدات جهاز التبخير المتعدد التأثير (شكل ٧-٨) وهى عبارة عن تانك اسطوانى كبير الحجم يصل إرتفاعه إلى حوالى ١٠ أقدام (شكل ٧-٩) ومزود بمواسير رأسية قصيرة إرتفاعها حوالى ٣-٤ قدم وقطرها ٣-٥ بوصة يسرى بداخلها البخار المستخدم فى التسخين حيث تغطى هذه المواسير بالماسكويت الذى يصل ارتفاعه إلى حوالى ٥ قدم فوق مستوى مواسير البخار يستمر دوران وتقليب الشراب وغليانه إلى أن يصل إلى حالة فوق التشبع فيتم إزالة التفريغ وكسر الضغط ويبدأ فى تبريد الشراب السكرى لزيادة درجة فوق التشبع للمساعدة فى بدأ تبلور السكروز .



شكل (٧-٩) حلة غليان

ويتوقف النظام المتبع فى غليان الشراب السكرى على عدة عوامل مثل درجة جودة الخامات المستخدمة والتجهيزات المتوفرة فى المصنع ونوع السكر المراد إنتاجه حيث يتم تصميم عملية الغليان على أساس إسترجاع أكبر قدر ممكن من السكروز فى صورة بللورات وهذا لا يمكن تحقيقه بالغليان مرة واحدة ولكن يتم الغليان والتركيز على عدة مراحل متعاقبة وغالبا ما تكون من مرحلتين إلى أربعة مراحل لاعطاء درجات متفاوتة من الماسكويت (مخلوط الشراب السكرى مع بللورات السكر ويوضح الشكل (٧-١٠) نظام غليان على مرحلتين .

obeikandl.com



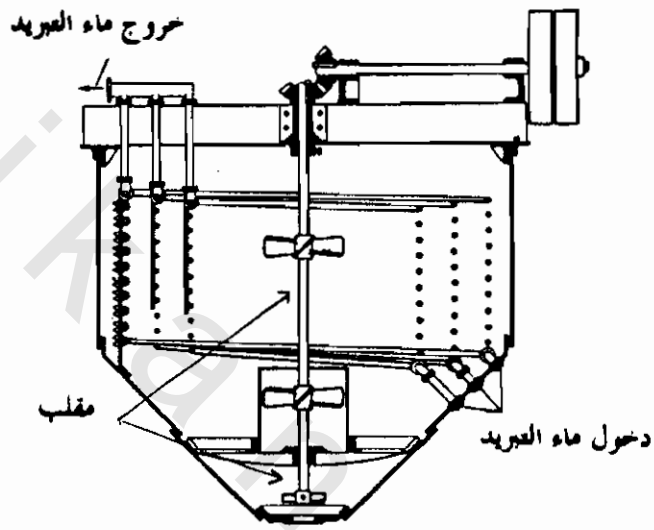
شكل (٧-١٠) نظام الحصول على السكر من الماسكويت

ولبدأ تكوين بللـورات السكروز يضاف إلى الشراب السكرى الفوق مشبـع كمية بسيطة من بللورات سكر دقيقة الحجم (تسمى Seeds) حيث تعمل هذه البللورات كنويات يتجمع حولها السكـروز ويبدأ تكوين بللورات جديـدة تزداد فى العدد والحجم وعادة ما يتـم تعليق بللورات السكر (Seeds) فى كحول أيزوبروبانول الذى تقل فيه درجة ذوبان السكروز وتظل عالقة فى صورة معلق يضاف بنسبة ٠,٠٠٥ ٪ من وزن بللورات السكر المطلوب إنتاجها وبمجرد

obeikandl.com

اضافتها إلى الشراب يتم خفض التفريغ للمساعدة فى رفع درجة الحرارة للعمل على عدم تجاوز درجة فوق التشبع عن الحدود المرغوبة ولتجنب تكوين بللورات كاذبة False grains .

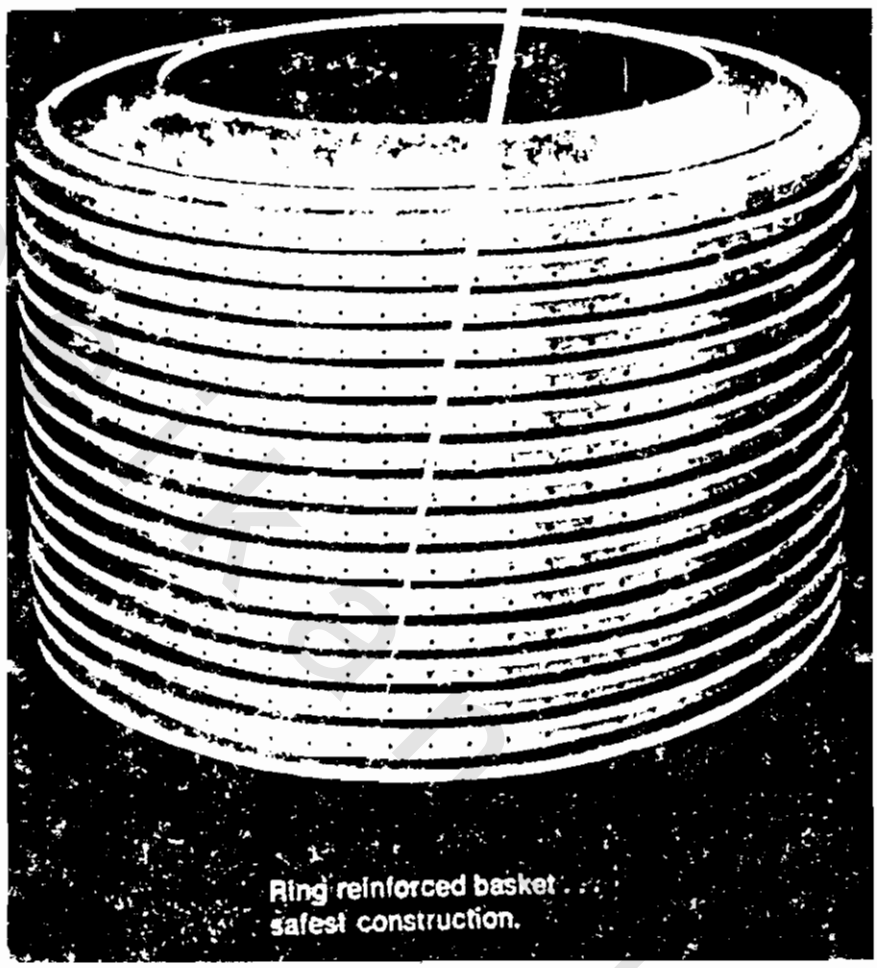
ينقل بعد ذلك الماسكويت من حلل الغليان إلى جهاز البلورة Crystallizer (شكل ٧-١١) وهو عبارة عن تانك كبير مزود بمقلبات تدور بسرعة بطيئة (١/٢ لفة/دقيقة) تعمل على تقليب الماسكويت ومزود بوسيلة تبريد تتوقف على نوع جهاز البلورة حيث يتم التبريد بواسطة الهواء أو الماء البارد .



شكل (٧-١١) وحدة بلورة

يستمر تقليب وتبريد الماسكويت فى جهاز البلورة للمدة المناسبة التى تؤدى إلى كبر حجم البللورات حتى تصل إلى الحجم المطلوب فيتم نقل الماسكويت إلى جهاز الطرد المركزى لفصل البللورات المتكونة عن السائل الأم ويستعمل عادة جهاز بلورة ذو أقفاص أو أسبتة Basket Centrifuge (شكل ٧-١٢) حيث تنفصل البللورات عن السائل بقوة الطرد المركزى (١٦٠٠ - ٢٠٠٠ لفة/دقيقة) وتغشط البللورات المتجمعة بواسطة سكاكين خاصة ويعرف السائل الكثيف القوام المتبقى بعد فصل بللورات السكروز بالمولاس Molasse ويوجد عدة درجات من المولاس على حسب موقعه أثناء عملية التصنيع حيث

يوجد مولاس أول First molasse ومولاس ثان Second molasse وأخيراً مولاس نهائى Final molasse (شكل ٧-١٠) حيث أن المولاس المتبقى بعد عملية الطرد المركزى يحتوى



شكل (٧-١٢) شكل الأقفاص داخل جهاز الطرد المركزى

على نسبة من السكر ولذلك يعاد إضافته إلى شراب سكرى جديد حيث يدخل مرة ثانية إلى حلل التركيز ويعاد تركيزه لإسترجاع أكبر قدر ممكن من السكر الذى يحتويه وتكرر هذه العملية عدة مرات غالبا ما تكون ثلاث مرات حتى يصبح فصل كمية إضافية من السكروز الموجود بالمولاس عملية غير اقتصادية بالنسبة للطاقة المستخدمة والبخار المستهلك . والمولاس

النهائى يحتوى على كمية من السكر تصل إلى حوالى ٣٠ - ٤٠ ٪ من وزنه وهو ما يمثل حوالى ١٠ ٪ من السكر الكلى الذى يوجد فى البنجر ويعتبر فاقد يصعب تجنب حدوثه لصعوبة استرجاعه بصورة اقتصادية ولذلك يستفاد بالمولاس النهائى باستخدامه فى بعض الصناعات التخمرية فى إنتاج الكحول والخميرة والخل كما يدخل فى تحضير بعض العلائق الحيوانية .

(٩) تجفيف وتعبئة السكر Sugar Drying and Packaging :

تخرج بللورات السكر من أجهزة الطرد المركزى درجة حرارته ٧٠°م وتكون البللورات وطبه إلى حد ما وتحتوى على حوالى ١ ٪ رطوبة وبالتالى تكون على حالة غير مناسبة للتخزين ولذا يجرى تخفيف البللورات وتبريدها على درجة حرارة ٤٠ - ٥٠°م باستخدام مجففات رحوية Rotary dryers حيث يتم خفض الرطوبة إلى حوالى ٠,٠٢ ٪ ثم يجرى نخل البللورات وتدريجها إلى أحجام متجانسة ثم يتم تعبئتها فى عبوات مناسبة .

ويتميز سكر البنجر عن سكر القصب بأنه يكون أكثر نقاوة حيث تصل درجة نقاوتة إلى ٩٩,٩٦ ٪ (سكروز) وتتميز البللورات بالشكل المنتظم واللون الأبيض الناصع كما أن مولاس البنجر يكون اكثر نقاوة وشبه خالى من السكريات الاحادية .

obeikandl.com