الباب الأول

تكنولوجيا صناعة السكر

obeikandl.com

obeikandl.com

1- تكنولوجيا صناعة السكر

مقدمـــــــــــــة

يعتبر قصب السكر والبنجر (الشوندر) السكري في الوقت الحاضر مصدرا رئيسيا لصناعة السكر في العالم . وقد نجحت زراعة بنجر السكر في مصر خاصة في محافظة كفر الشيخ وفي عدة مناطق في الدلتا ولذلك أنشأت حتي الآن أربعة مصانع لإنتاج السكر من البنجر السكري يبلغ متوسط انتاج الواحد منها حوالي 100 ألف طن سنويا . أما صناعة السكر من القصب فهي صناعة قديمة في مصر ونجحت نجاحا كبيرا وأنتجت كوادر فنية علي مستوي عالي تفخر بهم مصر ، حتي أنه يمكن إعتبار صناعة السكر من قصب السكر من الصناعات المتقدمة في مصر والتي تصدر المعرفة الصناعية Know how إلي بعض الدول الأخري ، كما أنها من الصناعات القليلة في مصر شبه المتكاملة ، لها ورش علي مستوي عالي يمكنها تصنيع أجزاء من المعدات وتقوم بتصديرها لبعض الدول .

ولايعتبر البنجر السكري محصولا منافسا لقصب السكر بل يمكن إعتباره مكملا له ، فقصب السكر كمحصول إستوائي نجحت زراعته في صعيد مصر أما البنجر السكري فقد نجحت زراعته في شمال وشرق الدلتا لأنه يعتبر من نباتات الطقس المعتدل الماثل للبرودة ... أي يزرع البنجر في مصر في المناطق الشمالية وقصب السكر في المناطق الجنوبية.

ويوضح الجدول (1.1) إنتاج السكر الخام بالألف طن في بعض الدول العربية ، ويلاحظ من الجدول أن مصر والمغرب والسودان وسوريا تعتبر أهم الأقطار العربية المنتجة للسكر . كما تجدر الملاحظة أن إنتاج مصر عام 1996 يمثل حوالي 55% من إجمالي إنتاج معظم الدول العربية . وتستورد الأقطار العربية أكثر من 60% من إحتياجاتها من السكر مما يشير إلي أهمية توفير الظروف الملائمة للتوسع في إنتاج المحاصيل السكرية في الدول العربية . ومما هو جدير بالذكر أن مصر كانت حتي أوائل السبعينات من الدول المصدرة للسكر ، وبرغم أن إنتاج مصر يتزايد سنويا (جدول 1.1)

حتي وصل عام 1996 إلي حوالي 1410 ألف طن إلا أنه منذ بداية الثمانينات بدأ يتزايد معدل الإستهلاك عن معدل الإنتاج فحدثت فجوة غذائية في إنتاج السكر وأصبحت مصر تستورد السكر من الخارج وكان حجم واردات مصر في حدود 100 ألف طن إزدادت حتي أصبحت في حدود 550 ألف طن في السنوات الأخيرة . وتعزي هذه الفجوة في إنتاج السكر في مصر لزيادة عدد السكان وكذلك لزيادة معدلات الإستهلاك حتي عن المعدلات العالمية .

جدول (1.1) متوسط إنتاج السكر الخام بالألف طن في بعض الدول العربية

الدولة	السنوات			
	متوسط الفترة 1993-89	1994	1995	1996
مصر	991.95	1099.22	1131.52	1410.47
المغرب	510.30	470.70	448.10	404.70
السودان	461.32	517.67	499.15	572.80
سوريا	81.35	103.91	92.24	102.41
تونس	22.92	23.40	22.80	30.00
الصومال	25.62	19.14	20.17	21.20
لبنان	6.81	5.39	3.91	3.31
العراق	3.80	2.30	2.50	1.40
الجملة	**2104.07**	**2241.73**	**2220.40**	**2546.28**

المصدر : الإحصاءات الزراعية العربية (1997) - المنظمة العربية للتنمية الزراعية .

وتواكب صناعة السكر عديد من الصناعات الثانوية منها علي سبيل المثال لا الحصر صناعة المولاس والخمائر والكحولات والأحماض العضوية وصناعة الورق والخشب الحبيبي وإنتاج بعض أنواع العسل .

ويعتبر السكر سلعة زراعية صناعية غذائية ويمثل أحد القطاعات الرئيسية في الإقتصاد العالمي وقد إزداد حجم إنتاجه العالمي من حوالي 30 مليون طن عام 1940 م الي 85 مليون طن عام 1975 ويربو إنتاجه الآن عن 100 مليون طن .

أولا : صناعة إنتاج السكر من قصب السكر :

مقدمـــــــــــة

يتكون نبات قصب السكر (Genus : Saccharum) من جزئين أساسيين :

- الجذور الموجودة تحت سطح التربة وتبلغ نسبتها من النبات حوالـــي 13% (علـــي أساس الوزن الجاف) .
- الجزء الموجود فوق سطح التربة ويشمل السيقان والأوراق الجافة والقمم الطرفية ويمثل حوالي 87% .

ويصلح لإستخلاص السكر جزء من السيقان يمثل حوالي 50% من المكونات النباتية لقصب السكر .

تتباين نسبة المواد السكرية علي طول ساق القصب فتزداد نسبتها من القمـــــة إلـــي القاعدة قرب سطح الأرض حتي تصل لحوالي 20% بينما تتراوح نسبة المـــواد الســـكرية بين 7 إلي 10% في الجزء القريب من القمة الطرفية . ويعتبر السكروز المكون الرئيســي في القصب الناضج وتزداد نسبته أيضا في الساق في إتجاه القاعدة حتي تصل إلي حوالـــي 94% من نسبة السكريات الكلية بينما تتراوح نسبة السكروز من الســـكريات الكليـــة فـــي الأجزاء القريبة من القمة الطرفية من 30 إلي 50% . وتوجد في قصب السكر نسبة مـــن السكريات الأحادية كالجلوكوز والفركتوز وتقل نسبتها بزيادة عمر النبات حيث تمثل حوالي 4% من السكريات الكلية عندما يكون عمر النبات 6 شهور وعندما يصل عمر النبات إلـــي 12 شهرا تقل هذه النسبة لتتراوح بين 0.25 إلي 0.75% .

بعض خطوات صناعة السكر من قصب السكر :

سنستعرض في هذا الجزء بعض خطوات صناعة السكر من قصب السكر ويؤجـــل شرح بعض الخطوات الأخري الأساسية وإيضاح الأسس العلميـــة لـــها للجـــزء الخـــاص بصناعة السكر من بنجر السكر تلافيا للتكرار .

1- حصاد قصب السكر ونقله :

يحصد نبات قصب السكر باليد أو آليا حيث تقطع ساق النبات من قاعدته وفي الوقت

نفسه يزال القسم العلوي (القمة الطرفية والأوراق) . ويجمع المحصول علي شكل أكوام (لبش) ثم ينقل للمصنع . وعند ورود المحصول للمصنع يتم إجراء فحص أولي عليه لتحديد نسبة الخصم من المحصول والتي تقابل مايحمله المحصول من شوائب ومواد غريبة من الأوراق والطين والحجر وتعرف هذه النسبة بالاستقطاع الطبيعي . وتشمل وزن المكونات الغريبة من الأوراق والتربة والتي لايستخرج منها السكر .

ثم يستخلص المعمل العصير من عينة عشوائية ممثلة Representative random sample للشحنة الواردة من المصنع وتقدر فيها نسبة السكروز ودرجة النقاوة لحساب سعر الطن من الشحنة ويعرف النقص عن النسبة المتفق عليها من السكر في المحصول بين المورد والمصنع بالإستقطاع الكيميائي ، وتزداد هذه النسبة عند حصاد المحصول مبكرا أو إصابته بالآفات والأمراض أو ترك المحصول في الحقل أو المصنع لفترة طويلة . وعادة يهتم المصنع بألا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة TSS في العصير عن 15% وألا تقل نقاوة العصير عن 75% .

2- غسيل القصب :

بعد إستلام المحصول تبدأ عملية الغسيل لتنظيف سيقان القصب من الشوائب بإستخدام رشاشات مياه قوية وقد تكون المياه ساخنة لرفع كفاءة عملية الغسيل .

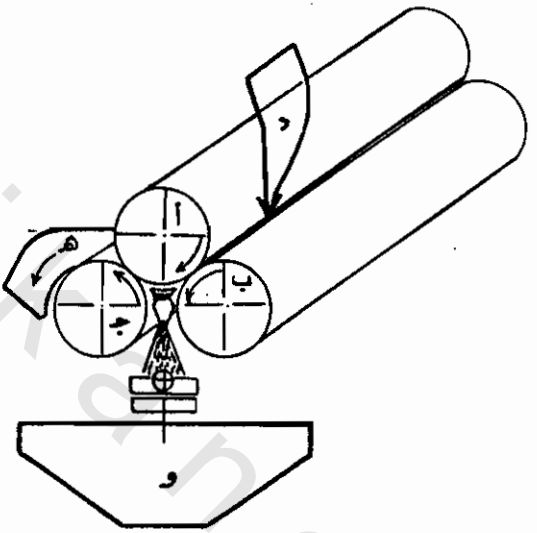
3- تقطيع القصب أو هرسه :

قد يتم تقطيع القصب إلي قطع طولها حوالي 120 سم بواسطة سكاكين خاصة أو قد يتم هرسه بواسطة هراسات Crushers تمهيدا لعصره .

4- إستخلاص عصير القصب :

يتم عصر القصب بواسطة سلسلة من العصارات ، تتكون كل عصارة من ثلاث إسطوانات أفقية مرتبة علي شكل مثلث كما في الشكل (1.1) حيث تضغط الإسطوانة العليا (أ) علي سيقان القصب بعد إستلامها من فتحة التغذية (د) بضغط هيدروليكي عالي نتيجة حصر القصب بين الإسطوانة السفلية الأولي (ب) التي تتحرك حركة مضادة للإسطوانة (أ) ونتيجة للضغط يخرج جزء من العصير يتم إستقباله في خزان العصير (و) ، ثم تنقل

المصاصة إلي الإسطوانة (جـ) التي تكون المسافة بينها وبين الإسطوانة العلوية (أ) أضيق (من المسافة بين أ ، ب) فيزداد الضغط علي المصاصة لإستخراج جزء آخر من العصير يهبط إلي خزان العصير (و) ... وتنتقل المصاصة بعد العصر الأولي إلي خارج وحدة العصر الأولي عن طريق فتحة الخروج (هـ) إلي وحدة العصر التالية وفيها تقل المسافة بين الإسطوانات لتسمح بضغط أكبر لاستخلاص أكبر قدر من العصير.



شكل (1.1) : رسم تخطيطي لعصارة قصب السكر

ويمكن ترطيب المصاص وإعادة عصره مرة أخري لإستخلاص أكبر قدر من السكريات إلا أن ذلك يؤدي لتخفيف تركيز العصير وزيادة نسبة المكونات غير السكرية مما يزيد من المشاكل الفنية في عمليات الترويق والتركيز . كما يمكن أيضا إستخلاص السكر المتبقي في المصاص بطريقة الإنتشار Diffusion التي سنتناولها فيما بعد في إستخلاص السكر من البنجر السكري .

5- ترويق العصير :

تتم في عملية ترويق العصير إزالة معظم المكونات غير السكرية سواء الذائبة أو غير الذائبة والتي تشمل الشموع والزيوت والبروتين والمواد الملونة والألياف .

وتجري عملية ترويق العصير بإضافة الجير الحي بنسبة تتراوح بين 0.04 إلي 0.07 من وزن العصير لرفع رقم pH العصير ليتراوح بين 8 إلي 9 ثم يسخن العصير إلي درجات حرارة تتراوح بين 93-115 درجة مئوية ، أو قد يسخن العصير أولا ثم يضاف إليه المقدار المناسب من الجير الحي دفعة واحدة أو علي عدة دفعات . وعندما يتراوح pH العصير بين 8 إلي 9 تتكتل المكونات غير السكرية وتترسب . ويؤدي إرتفاع درجة الحرارة والوسط القلوي للعصير أثناء عملية الترويق إلي تحول نسبة من السكروز إلي سكريات أحادية وتعتمد هذه النسبة علي درجة الحرارة وطول فترة المعاملة فكلما زادتا زادت نسبة تحول السكروز .

وقد تستخدم أيضا أملاح الفوسفات الذائبة مع الجير الحي لرفع رقم حموضة (pH) العصير إلي حوالي 9-10 فتساعد علي سرعة الترويق .

6- المعالجة بثاني أكسيد الكبريت Sulfitation

تتم عملية معالجة العصير بغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) لمعادلة قلوية العصير والوصول لرقم pH حوالي 7 ولتأثيره القاصر للون حيث يعمل علي إختزال لون عصير القصب بعد الترويق .

كذلك يمكن أن يعامل العصير الخام قبل الترويق بغاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 حتي يصبح الوسط حامضيا قويا في حدود رقم pH من 3.5 إلي 4.0 ثم يضاف الجير الحي تدريجيا حتي يصبح الوسط حامضيا ضعيفا ويترك المزيج للترسيب .

7- المعالجة بغاز ثاني أكسيد الكربون (الكربنة Carbonation)

وهي طريقة أخري من طرق تنقية عصير القصب وسنتناولها بتفصيل أكبر عند تناول إنتاج السكر من البنجر . حيث يضاف الجير الحي (CaO) حتي تصل قيمة pH العصير لحوالي 11 ويسخن العصير إلي درجة 55 درجة مئوية فقط ثم يشبع بغاز CO_2 حتي تنخفض قيمة pH العصير إلي حوالي 9.8 ثم تفصل المكونات غير الذائبة بالترسيب والترشيح . وعند تسخين العصير الرائق إلي درجة 70 درجة مئوية تمهيدا لعملية تركيزه في الخطوة التالية يفضل معاملته مرة أخري بغاز CO_2 لمعادلة الوسط القلوي للعصير بحيث يصبح رقم الحموضة (pH) له في حدود 7.5 إلي 8 كحد أقصي قبل إجراء التركيز

... وذلك لتلافي تسخين العصير للتركيز عندما تكون قلويته عالية فيؤدي ذلك لزيادة معدلات تحلل وهدم السكروز إلي سكريات أحادية تمثل فاقدا في الصناعة يجب تحاشيه .

8- تركيز العصير :

تهدف هذه الخطوة في صناعة السكر إلي رفع تركيز عصير القصب الرائق من 12-15% إلي 60-65% وذلك بتبخير كميات كبيرة من الماء من العصير . وبطبيعة الحال تكون نقطة غليان المحلول السكري للعصير أعلي من درجة غليان الماء ويمكن التعبير عن الفرق بين درجة غليان المحلول السكري ودرجة غليان الماء بالرمز Δt_s . وكلما إزداد تركيز المحلول السكري أثناء تبخير الماء منه زادت نقطة غليانه أي تزداد قيمة Δt_s . وطالما أن العصير يتم تسخينه بالبخار الساخن فإنه دائما ماتكون درجة حرارة البخار الساخن أعلي من درجة حرارة العصير ، وكلما إزداد تركيز العصير قل الفرق بين درجة حرارة البخار الساخن ودرجة حرارة العصير الأعلي تركيزا .

ولحساب الفرق بين درجة حرارة البخار الساخن ودرجة حرارة العصير تطبق المعادلة :

$$\Delta t_w = t_H - (t_B + \Delta t_s)$$

حيث Δt_w = الفرق بين درجة حرارة البخار الساخن والعصير

t_H = درجة حرارة البخار الساخن

t_B = درجة حرارة البخار المشبع المنبعث من العصير

Δt_s = الإرتفاع في نقطة غليان العصير

فعندما تكون درجة حرارة البخار الساخن 124 درجة مئوية ، وبإفتراض أن تركيز العصير 46 بركس تكون نقطة غليانه 115.5 درجة مئوية وهي نفس درجة حرارة البخار المشبع المنبعث من العصير ، ويكون الإرتفاع عن درجة حرارة الغليان نتيجة الحقن بالبخار Δt_s = 1.7 درجة مئوية فيكون الفرق بين درجة حرارة البخار الساخن والعصير، من المعادلة السابقة

$$\Delta t_w = 124 - (115.5 + 1.7) = 6.8^{\circ}C$$

ولايجب أن تتجاوز درجة حرارة وحدات تركيز العصير عن 125 درجة مئوية حتي لايحدث تحطيم وتفكك للسكروز عند الدرجات الأعلي من ذلك حيث يتحطم حوالي 0.5% من السكروز عند التسخين علي درجة حرارة 125 درجة مئوية لمدة ساعة واحدة أما بإرتفاع درجة الحرارة الي 130 درجة مئوية فيزداد معدل تحطيم السكروز 4 مرات ويصل لحوالي 2% . وتؤدي الزيادة في تحطيم السكروز لفقد في المحصول النهائي منه كما تؤدي كذلك لحدوث مشاكل فنية أثناء عملية البلورة . وقد سبق الإشارة لضرورة ألا يزيد رقم pH العصير أثناء تركيزه في المبخرات عن 7.5 – 8 حتي لايزداد معدل هدم السكروز .

هذا وسنتناول شرح عملية تركيز العصير بإسهاب أكبر عند تناول نفس العملية في الفصل التالي عن إنتاج السكر من البنجر السكري .

9- عمليات الطبخ والتبلور وتجفيف السكر

لتشابه هذه العمليات عند إنتاج السكر سواء من القصب أو البنجر السكري سنتناولها في الفصل التالي عند شرح إنتاج السكر من البنجر السكري .

ثانيا : صناعة إنتاج السكر من البنجر السكري "Sugar beet" :

مقدمـــــــــة

يعتبر البنجر السكري *Beta vulgaris saccharifera* المحصول الرئيسي الوحيد الذي لم يزرع في عصور ماقبل التاريخ فهو من صنع وإنتاج علم تربية النبات . وتتميز جذور البنجر السكري بإحتوائها علي نسبة مرتفعة من السكروز قد تصل في بعض الأصناف إلي مايربو علي 20% . هذا وقد نجحت زراعة بنجر السكر في مصر في الثمانينات وتم التوسع الآن في زراعته واكتسب المزارع المصري الخبرة الفنية في زراعته وحقق معدلات إنتاج عالية مما سيؤدي بالضرورة لتنمية الدخل القومي وتقليص الفجوة الغذائية التي يواجهها إنتاج السكر في مصر .

وقد حقق إدخال محصول بنجر السكر في الدورة الزراعية في بعض محافظات مصر فوائد عديدة أهمها :

1- يعتبر البنجر السكري محصولا ثانئي الغرض إذ يستخرج السكر من جذوره ويعتبر الجزء الخضري وبعض مخلفات الصناعة علفا حيوانيا ، هذا وقد لوحظ تحسن الثروة الحيوانية في المحافظات التي تزرعه .

2- يتحمل البنجر السكري ملوحة التربة لذا نجحت زراعته في بعض المناطق التي كانت تعاني أراضيها الزراعية من تلك المشكلة ككفر الشيخ ومنطقة النوبارية .

3- بطبيعة الحال تنشأ دائما بجوار صناعة السكر مجموعة من الصناعات الغذائية الثانوية مما يحسن من اقتصاديات الصناعة ، ويساهم في تحسين الدخل القومي ، وخلق فرص عمل جديدة .

4- يزرع البنجر السكري في مصر كمحصول شتوي لإعتدال المناخ أما في الدول ذات الطقس البارد ككندا وبعض مناطق أمريكا فيزرع كمحصول صيفي .

وسنتناول في الجزء التالي وصفا مختصرا لصناعة السكر من البنجر السكري في أحد مصانع إنتاجه في مصر ، وسنلاحظ تشابه بعض خطوات الإنتاج والمعاملات التكنولوجية في إنتاج السكر سواء من القصب أو من البنجر السكري ، لذا لم نشير إليها بالتفصيل في الجزء السابق تلافيا للتكرار .

1- إستلام المحصول :

1.1- تدخل العربات أو الجرارات المحملة بالبنجر السكري من بوابة الميزان وتحمل علي الميزان فتوزن وهي محملة بالشحنة ثم توزن بعد تفريغ الشحنة ويكون الفرق بين الوزنتين هو وزن محصول البنجر المسلم للمصنع .

2.1- تؤخذ عينة عشوائية ممثلة من شحنة البنجر السكري الواردة للمصنع وترسل للمعمل لتحديد نسب **الإستقطاع الطبيعي والإستقطاع الكيماوي** . حيث يجري المعمل علي عينة البنجر بعض الإختبارات الأولية أهمها علي سبيل المثال لا الحصر :

1.2.1- تحسب النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة (البركس) في 100 سم^3 أو 100 جم من العصير وتعدل القراءة عند 20 درجة مئوية .

2.2.1- تحسب النسبة المئوية للسكروز في العصير وتقدر عادة بواسطة جهاز البولاريميتر ، حيث يؤخذ 50 مل من العصير ويوضع في دورق سعته 200 مل .

• يضاف إلي الدورق حوالي 5 مل من خلات الرصاص ويكمل الحجم الباقي بالماء المقطر ثم يرشح المزيج .

• تملأ أنبوبة الإستقطاب الخاصة بالبولاريميتر بالراشح ويقرأ التدريج . إذا كان طول الأنبوبة 20 سم يضرب الوزن المعياري في قراءة الجهاز في مقلوب التخفيف ويقسم الناتج علي 100

$$\therefore \%\ \text{للسكر (وزنية/حجمية)} = \frac{\text{قراءة الجهاز} \times \text{الوزن المعياري} \times 4}{100}$$

أما إذا كان طول أنبوبة الجهاز 40 سم تكون النسبة المئوية للسكر =

$$\frac{\text{قراءة الجهاز} \times \text{الوزن المعياري} \times 4}{2 \times 100}$$

والوزن المعياري (خاص بكل جهاز بولاريميتر) هو الوزن من السكروز في 100 مل من الماء المقطر الذي يعطي قراءة بولاريميترية مقدارها 100 عندما يكون طول أنبوبة الجهاز 20 سم .

3.2.1- تحسب النسبة المئوية للسكروز في 100 جم من العصير من العلاقة التالية:

$$\%\ \text{للسكروز} = \text{نقاوة العصير} \times \text{البركس بالوزن}$$

4.2.1- تحسب نقاوة العصير كنسبة مئوية من النسبة المئوية للسكروز مقسومة علي النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة في العصير ويضرب الناتج في 100

5.2.1- أما نسبة السكر (نسبة الحلاوة) في المحصول الوارد فيمكن حسابها من العلاقة التالية :

$$\text{نسبة الحلاوة} = \frac{\text{مقدار السكر في 100 جم من العصير} \times \text{المعامل}}{100}$$

ويحسب المعامل من العلاقة التالية:

المعامل = 100 – (نسبة الألياف + نسبة الإستقطاعات الطبيعية + نسبة الماء)

6.2.1– يمكن حساب نسبة الجلوكوز أيضا كما درست في مقرر تحليل الأغذية ومنها يحسب معامل الجلوكوز الذي يساوي

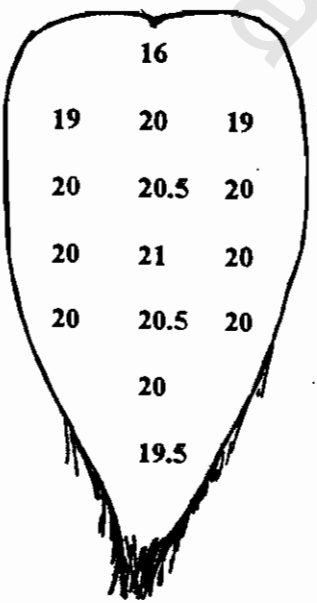
$$\frac{\text{نسبة الجلوكوز في 100 سم}^3 \text{ من العصير}}{\text{نسبة السكروز في 100 سم}^3 \text{ من العصير}} \times 100$$

كذلك تقدر في المعمل % للرماد ، % للألياف ، وبعض الإختبارات الأخري سنتعرف عليها عند زيارتك لمصنع إنتاج السكر .

وفيما يلي جدولا يوضح التركيب الكيمياتي التقريبي لجذور البنجر (محسوبا على أساس الوزن الرطب) . كذلك يوضح شكل (2.1) التوزيع التقريبي للسكر في جذور البنجر السكري .

جدول (2.1): التركيب الكيمياتي التقريبي لجذور البنجر (محسوبا على أساس الوزن الرطب).

المكونات	النسبة المئوية
المواد الصلبة الكلية	25.00-21.00
السكروز	18.00-15.00
البروتين الخام	1.20-1.00
الزيوت	0.15-0.10
الألياف	1.30-1.00
المركبات غير النيتروجينية	3.20-2.80
الرماد	1.20-0.80



شكل (2.1): التوزيع التقريبي للسكر في البنجر السكري

2- تفريغ محصول البنجر من وسائل نقله :

بعد أخذ عينة المعمل يتم تفريغ محصول البنجر بالطريقة الجافة بإستخدام القلابات وآلات الرفع إما في العراء أو تحت مظلات خاصة إذا ماكان الجو مطيرا . وعادة مايكون مكان تخزين البنجر قريبا من المعاملة الثانية من معاملات التصنيع وهي :

3- الغسيل :

يبدأ الغسيل بإستعمال رشاش قوي من الماء يوجه إلي البنجر فيسقطه في مجري مائي مبطن بالخرسانة ومنحنى انحناءا بسيطا ليساعد علي سريان حركة البنجر إلي إتجاه موقع السيور الرافعة للبنجر (شكل 17.1) ، وقبل الرفع مباشرة يتم تنظيفه بمروره علي :

1.3- صائدات الحجارة Rock-catchers :

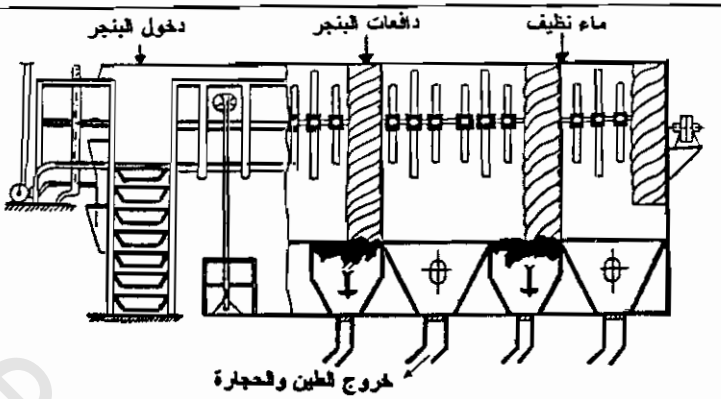
وهي عبارة عن جزء عميق في المجري المائي يمرر من تحته تيار قوي من الماء بحيث يمنع سقوط البنجر في الحفرة أما الحجارة الأثقل فتسقط في الحفرة ويمكن تنظيف الحفرة بإستمرار في نهاية اليوم .

2.3- حاجزات الأوراق Trash-catchers :

يتكون الجهاز من مجاميع من الماسكات تتكون كل مجموعة من ماسك معلق علي محور أفقي وتتحرك هذه المحاور حركة دورانية تسير في القناة عكس إتجاه سريان الماء والبنجر فتلتصق الأوراق بالماسكات التي ترفعها لأعلي وتلقيها إلي الجانب الخلفي وهناك ماسكات أخري لالتقاط العروش الطويلة .

3.3- غسيل البنجر Beet wash :

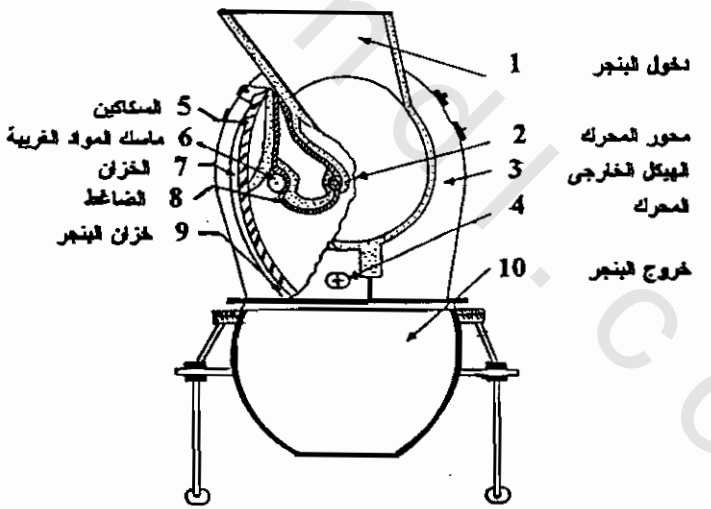
بعد تنظيف البنجر من الحجارة والأوراق والعروش أثناء مروره في المجري المائي ينقل البنجر بالسيور الرافعة الي غسالة البنجر (شكل 3.1) حيث يدخل ماء الغسيل من أسفلها بقوة ضغط عالية ويسير عكس إتجاه سير البنجر لإزالة الطين والأوساخ المختلفة الملتصقة بجذور البنجر . وقد ينقل البنجر إلي مرحلة غسيل تالية حتي تمام غسيله بصورة مرضية وفصل كافة الأوساخ عنه . وعادة يتم تجميع الذيول والعروش وتنظف مرة أخري من الحصو وتقطع ثم ترسل لوحدة تصنيع علف المواشي .



شكل (3.1) : غسالة البنجر

4- تقطيع البنجر :

ينقل البنجر المغسول بواسطة سيور مثقبة لتصفية مياه الغسيل إلي أجهزة التقطيع وهي عبارة عن إسطوانة تدور علي محور عمودي وتثبت داخلها السكاكين بشكل أفقي فيقطع البنجر إلي شرائح رقيقة السمك (أنظر شكل 4.1) .



شكل (4.1): مقطع من جهاز أفقي لتقطيع شرائح البنجر

1- دخول البنجر ، 2- محور المحرك ، 3- الهيكل الخارجي ، 4- المحرك ، 5- السكاكين ، 6- ماسك المواد الغريبة ، 7- الخزان ، 8- الضاغط ، 9- خزان البنجر ، 10- خروج البنجر .

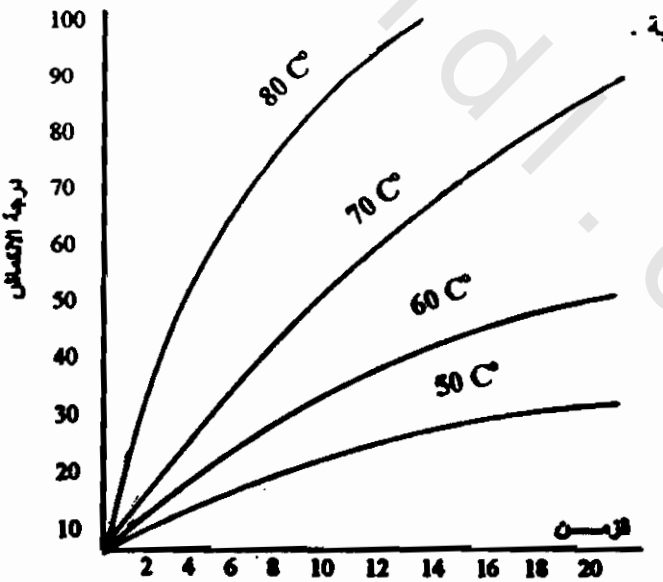
5- استخلاص السكريات :

1.5- مقدمة :

يعتمد إستخلاص العصير السكري من خلايا البنجر علي ظاهرتي الإنتشار diffusion والأسموزية osmosis للحصول علي أكبر كمية ممكنة من السكر الموجود في شرائح البنجر بنقاوة عالية وتركيز مناسب . ويعتبر إستخلاص العصير السكري عملية ميكانيكية بحتة تتضمن مجموعة من العمليات الفيزيائية .

فللحصول علي السكر المذاب داخل خلايا البنجر لابد أن ينضح الغلاف البروتوبلازمي للخلايا العصير الذي بداخله وذلك بتأثير حرارة الإستخلاص التي تسبب انكماشا للخلايا ، وبإرتفاع درجة الحرارة تموت الخلايا فيحدث تغير في طبيعة جدرها فلا تستطيع الإحتفاظ بالسوائل في داخلها وتتضحها لخارجها . كذلك يسبب فرق التركيز بين داخل الخلايا الأعلي تركيزا في السكر وخارجها الأقل تركيز بإنتشار وانتقال (تنافذ) السكر من داخل الخلايا إلي خارجها .

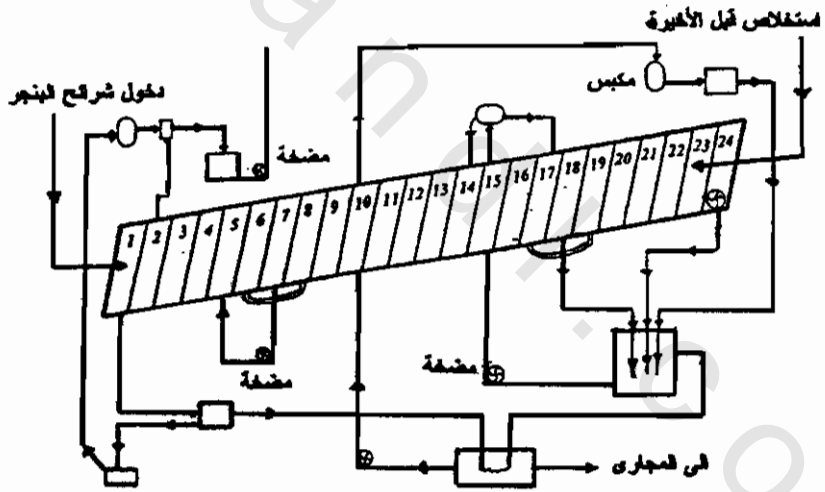
ويوضح شكل (5.1) تأثير درجات الحرارة والزمن علي درجة انكماش الخلايا مقدرة كنسبة مئوية .



شكل (5.1) : تأثير درجات الحرارة والزمن علي % لانكماش خلايا البنجر

2.5- أجهزة إستخلاص السكر من شرائح البنجر :

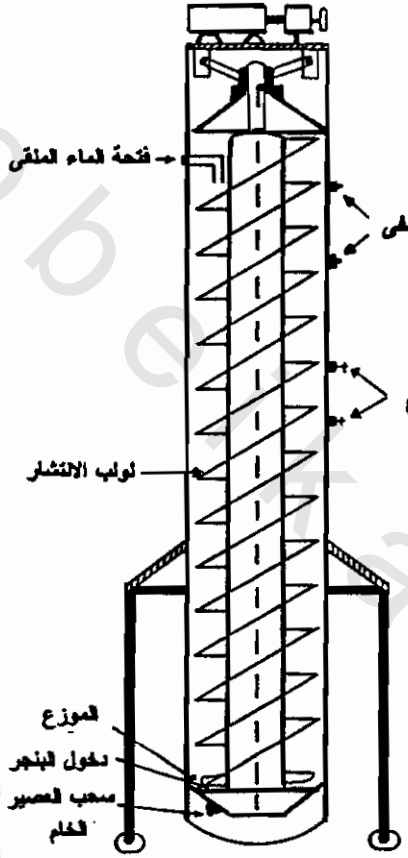
توجد تصميمات عديدة من أجهزة استخلاص العصير السكري من شـرائح البنجـر فهناك نوع من أجهزة الإستخلاص علي شكل متوازي مستطيلات مفتوح من طرفه الأعلي وفي وضع مائل ومقسم الي حوالي 24 غرفة . تدخل شرائح البنجر من الغرفـة الأولـي السفلية وتسير بإتجاه الغرفة العلوية (رقم 24) مارة بالغرف الأخري (من2 الى23) سابحة ضد تيار الماء الهابط من الغرفة الأخيرة (رقم 24) في إتجاه الغرفة الأولي التي تدخل منها شرائح البنجر ، فيخرج تيار الغرفة الأولي السكر المذاب . وتنقل شرائح البنجر من الغرفة الأولي إلي الغرفة 24 أذرع ناقلة تتحرك علي محور أفقي علي إمتـداد الحـوض تـدور بسرعة بطيئة تبلغ من 3 إلي 4 دورات في الدقيقة . وعادة يبلغ طول الحوض حوالـي 26 متر وعرضه 2.8 متر وتبلغ سعة تشغيله من 600-700 طن بنجر يوميا . وتستغرق فترة الإستخلاص (الانتشار) 30-40 دقيقة ويبلغ مقدار العصير السكري المسـتخلص حوالـي 125-130% من وزن البنجر .



شكل (6.1) : رسم تخطيطي لأحد أجهزة إستخلاص السكر من شرائح البنجر

كما توجد أنواع أخري من أجهزة الإستخلاص علي شكل أبراج عموديـة يتكـون إحداها من ثلاثة أقسام رئيسية ... حوض الفصل ، منطقـة المـزج أو الخلـط ، وبـرج

الانتشار (التنافذ) (شكل 7.1) . ويتم استخلاص العصير السكري من شرائح البنجر في هذه الأبراج بالطريقة التالية :



شكل (7.1): برج عمودي لإستخلاص العصير السكري من شرائح البنجر

- بعد تقطيع البنجر إلي شرائح في وحدة التقطيع تنقل الشرائح بواسطة ناقل ميزاني (لتحديد مقدار البنجر المستهلك يوميا) . إلي حوض المزج وفيه تمزج الشرائح مع كمية من عصير البنجر الساخن لتسخين شرائح البنجر إلي الدرجة المطلوبة (حوالي 85 درجة مئوية). .
- يدفع المزيج (عصير البنجر الساخن مع عصير البنجر المستخلص من الشرائح) بواسطة مضخة إلي أسفل البرج حيث يجمع بعد مروره علي سطح منخلي ويجمع في خزان العصير الخام .
- أثناء صعود الشرائح لأعلي البرج بواسطة حزام حلزوني فإنها تقابل من الأعلي تيارا من الماء النقي تصل درجة حرارته لحوالي 70-75 درجة مئوية ورقم pH يتراوح بين 5.5 إلي 6.0 .
- بعد إتمام عملية الإنتشار تخرج شرائح البنجر من فتحة سفلية في جهاز الإستخلاص.
- تنقل الشرائح بعد استخلاص العصير السكري منها إلي وحدة الكبس أو العصر حيث تكبس الشرائح فيخرج منها عصير سكري نسبة السكر فيه منخفضة وتخرج الشرائح المكبوسة من الطرف السفلي . تتراوح نسبة الماء في الشرائح المكبوسة بين 6-8% فقط وتستعمل شرائح البنجر المكبوسة كعلف حيواني .

3.5- العوامل التي تؤثر علي كفاءة عملية الإستخلاص

يؤثر علي كفاءة عملية استخلاص العصير السكري من شرائح البنجر عوامل عديدة أهمها:

1.3.5- درجة حرارة الإستخلاص : تتراوح درجات حرارة الإستخلاص المناسبة بين 75-80 درجة مئوية حيث تؤدي هذه الدرجات إلي إنكماش ألياف خلايا البنجر كما تغير من تركيب غشاء الخلية بحيث تتضح مابداخلها من سوائل ، كما تساعد علي سرعة الإنتشار .

2.3.5- كمية الماء المستخدم في عملية الإستخلاص : تعتمد كمية الماء المستخدمة في عملية الإستخلاص عدة عوامل أهمها : مساحة سطح الشرائح وسمكها .. درجة حرارة وسط الإنتشار - فترة الإنتشار - مقدار السكر في خلايا البنجر - نقاوة العصير المستخلص . وتقاس كفاءة عملية الإستخلاص بمقدار كمية العصير الخام المستخلص من البنجر . وتحسب نسبة العصير المستخلص من المعادلة التالية :

$$\frac{\text{وزن العصير المستخلص}}{\text{وزن البنجر}} \times 100$$

فكلما زادت مساحة سطح الشرائح وقل سمكها ، وارتفعت درجة حرارة وسط الإنتشار ، وزادت فترة الإنتشار ومقدار السكر في خلايا البنجر قلت كمية الماء اللازم لعملية الإستخلاص .

3.3.5- فترة الإنتشار : يقصد بفترة الإنتشار المدة الزمنية التي تبقي فيها شرائح البنجر في تماس مع محلول الإنتشار وبزيادة هذه المدة يزداد مقدار السكر في العصير تدريجيا ويتساوي تركيزه في كل من الشرائح وعصير البنجر . وتستغرق عملية الإنتشار حوالي 60 دقيقة ، وبزيادة فترة الإنتشار تقل سرعة الإنتشار من شرائح البنجر والعصير الخارجي وتزداد نسبة المواد غير السكرية .

4.3.5- سمك شرائح البنجر : يؤدي نقص سمك شرائح البنجر إلي زيادة مساحة سطحها فتزيد كفاءة الإستخلاص ويفضل أن تكون أطوال الشرائح أكبر من 5 سم حيث تؤدي الشرائح الصغيرة التي تقل عن 1 سم لعرقلة سير العصير أثناء الإستخلاص .

5.3.5- ماء الإنتشار Diffusion water : يشترط في الماء الذي يستخدم في عملية الإنتشار أن يكون نقيا صافيا خاليا من المواد الذائبة التي تؤثر علي عملية

الإستخلاص كالأملاح القلوية التي يؤدي وجودها لإعاقة عملية التبلور ويزيد من فاقد السكر في المولاس . وقد تجري عمليات تنقية علي المياه قبل إستخدامها في عملية إستخلاص العصير السكري من البنجر حتي لاتؤثر علي صفات السكر الناتج . كما ويفضل أن يكون pH الماء في الإتجاه الحامضي في حدود من 5.5 - 6.0 .

6- ترويق عصير البنجر :

يستخدم الجير الحي (CaO) في ترويق عصير البنجر كما هو الحال في عصير القصب حيث يعتبر من أفضل المواد لفعاليته ورخص ثمنه وسهولة إزالته من العصير . وتهدف عملية الترويق لإزالة وترسيب جميع المكونات غير السكرية بحيث يتبقي منها في العصير أقل نسبة ممكنة . يضاف الجير الحي إلي عصير البنجر بنسبة 1 الي 2% فتحدث تفاعلات تؤدي إلي تكوين رواسب نتيجة تفاعلات أيونية أو تفاعلات عروية . تؤدي التفاعلات الأيونية إلي معادلة حموضة العصير وتكوين أملاح الكالسيوم غير الذائبة وتكون هذه التفاعلات بسيطة وسريعة أما التفاعلات العروية فتشمل تخثر المكونات البروتينية وترسيب البكتين والمركبات المشابهة حيث يصل رقم pH العصير بعد اضافة الجير الحي لمدي يتراوح بين 10.6 - 11.0 وهو الوسط المناسب لتجمع البروتينات وتخثرها وترسيب البكتينات .

وتتباين درجات الحرارة والزمن في مصانع السكر المختلفة حيث تتراوح بين 35 إلي 70 درجة مئوية وكلما إرتفعت درجة الحرارة قل الزمن اللازم لعملية الترويق وبذلك يتراوح زمن الترويق من 23 إلي 7 دقائق على التوالى.

ويمكن إضافة الجير الحي دفعة واحدة أو إضافته علي عدة دفعات ، فإضافته علي دفعات تعطي الفرصة بدرجة أكبر لتعادل شحنات المكونات البروتينية الضرورية . لذلك تجري بعض المصانع عملية الترويق علي مرحلتين وهما :

1.6- الترويق الأولي Preliming

وتتضمن هذه العملية إضافة كمية معينة من الجير الحي لمعادلة الوسط الحامضي في العصير وترسيب المكونات البروتينية والبكتينية . ويتراوح مقدار الجير الحي المضاف بين 0.2 - 0.3% وتختلف هذه النسبة مع طبيعة عصير البنجر ويتم تحديدها في المعمل علي عينة من عصير البنجر .

2.6- الترويق الرئيسي Main liming

ويقصد بالترويق الرئيسي إضافة كمية أخري من الجير الحي بعد إتمام مرحلة الترويق الأولي التي تعمل علي معادلة حموضة العصير وترسيب البروتينات والبكتينات علي هيئة أملاح كالسيوم ، فبزيادة الجيرالحي تزداد قاعدية العصير وتصل قيمة الـ pH من 10.6 إلي 11 وهو الوسط المناسب لتكتل المكونات الغروية العالقة وتكوين المعقدات البروتينية والبكتينية والتي أثناء ترسيبها تحجز بين جزيئاتها نسبة أخري من المركبات العالقة . ويمكن في عملية الترويق الرئيسي إضافة الجير الحي أو الجير المطفأ سواء علي دفعات أو قد يضاف دفعة واحدة .

7- عملية الكربنة الأولي First carbonation process

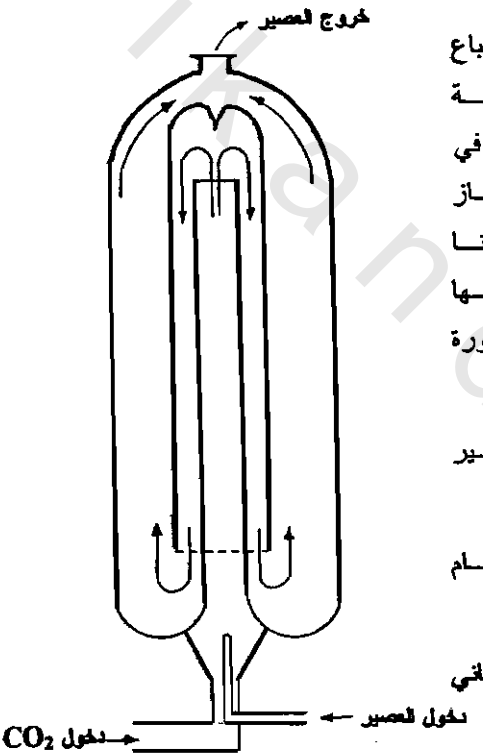
تهدف عملية الكربنة الأولي (الإشباع بغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2) إلي إزالة الكمية الزائدة من أكسيد الكالسيوم المستعمل في ترسيب المكونات غير السكرية بواسطة غاز CO_2 الذي يتحد مع أكسيد الكالسيوم مكونا كربونات كالسيوم غير ذائبة يمكن فصلها بالترشيح . ولإجراء عملية الكربنة بصورة مرضية يجب أن يؤخذ في الإعتبار مايلي :

1.7- ضرورة توزيع الغاز في العصير بصورة متجانسة

2.7- زيادة ضغط الغاز داخل العصير لاتمام التفاعل

3.7- إطالة زمن صعود فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون

4.7- التحكم في درجة الحرارة في حدود 85-90 درجة مئوية



شكل(8.1): مرجل الكربنة الأولي بغاز CO_2

وتجري عملية الكربنة الأولي في مرجل عمودي (شكل 8.1) يدخل فيه كل من الغاز والعصير من فتحة أسفل المرجل وبإتجاه واحد حيث تنخفض قاعدية العصير إلي حوالي 0.15% أكسيد كالسيوم وتستهلك هذه المرحلة كمية كبيرة من الغاز . وفي مرحلة الكربنة الأولي لايظهر راسب كربونات الكالسيوم بسرعة حيث يبقي ذائبا أو معلقا نسبيا في العصير . ويجب توزيع الغاز وضبط كميته بطريقة مناسبة حيث تؤدي زيادة نسبة الغاز إلي تحويل كربونات الكالسيوم غير الذائبة إلي بيكربونات كالسيوم ذائبة مما يعيق من عملية التخلص من نسبة كبيرة من الجير في صورة كربونات كالسيوم بعد الكربنة الأولي.

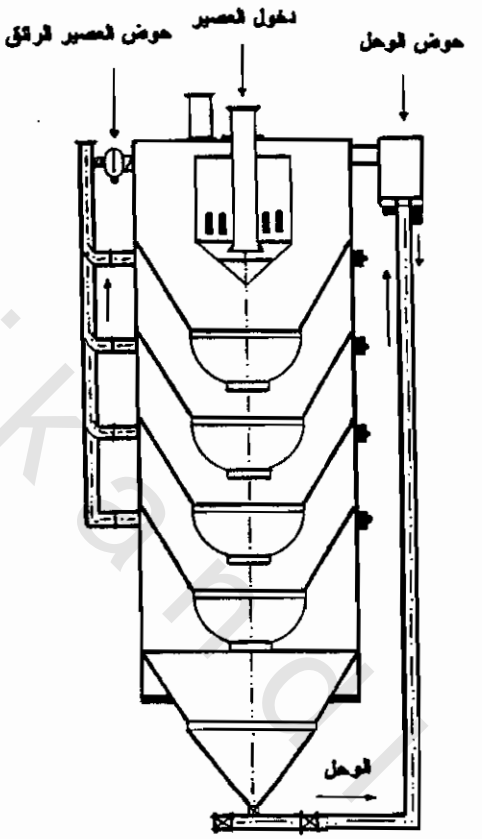
8- عمليتي الترويق والترشيح :

يتم فصل المكونات غير الذائبة المتكونة بعد عملية الكربنة الأولي بإجراء عمليتي ترويق وترشيح .

1.8- عملية الترويق

توجد عدة تصميمات لأجهزة الترويق يتكون أحدها من برج إسطواني ذي نهاية مخروطية وينقسم البرج الإسطواني إلي عدد من الغرف المخروطية (شكل 9.1) . ويفضل في عملية الترويق أن يكون دخول العصير من أعلي البرج وخروجه من أسفل دون إستخدام مضخات لسحب أو دفع العصير مما يؤدي لتولد تيارات داخل العصير تعيق من عملية الترويق والترسيب وتجعل الرواسب في صورة معلقة .

ويؤدي إجراء عملية الترويق قبل الترشيح إلي الإقتصاد في إستهلاك أقمشة الترشيح كذلك يقل إستهلاك ماء التحلية الذي يستعمل في غسل الطبقة المترسبة في المرشحات لإستخلاص السكر منها كما سيذكر فيما بعد . ويوضح شكل (9.1) أحد أجهزة ترويق عصير البنجر السكري بعد إجراء عملية الكربنة الأولي وقبل إجراء عملية الترشيح .



شكل (9.1) : برج ترويق عصير البنجر السكري بعد إجراء عملية الكربنة الأولي

2.8- عملية الترشيح :

يرسل العصير بعد الترويق إلي وحدة الترشيح ويفضل في تصميم المصنع أن تطـو وحدة الترويق وحدة الترشيح بحيث يهبط العصير السكري ذاتيا بهدوء إلي وحدة الترشـيح دون إثارة تيارات دوامية تعيد تعكير العصير . وتعتمد كفاءة عملية الترشيح علي :

1.2.8- حجم الدقائق الصلبة في العصير ، فالدقائق الكبيرة تسهل عملية الترشيح بعكس الدقائق الناعمة التي تسد مسامات المرشح وتعيق العملية .

2.2.8- سمك الطبقة المترسبة علي سطح المرشح : فكلما زادت تبطيء عملية الترشيح.

3.2.8- لزوجة العصير: كلما زادت لزوجة العصير تقل كفاءة عملية الترشيح لذلك يفضل أن تكون درجة حرارة العصير السكري مرتفعة نسبيا لخفض لزوجة العصير .

4.2.8- درجة حرارة العصير السكري .

5.2.8- الضغط الواقع علي المرشح : كلما زاد الضغط الواقع علي المرشح زادت سرعة الترشيح إلا أن زيادة الضغط تؤدي إلي زيادة إحتمال تسرب الدقائق الناعمة من المرشح كما تؤدي لسرعة إستهلاك أقمشة الترشيح .

ويتكون جهاز الترشيح بوجه عام من إطارات متوازية تغطي بقماش الترشيح الذي يضخ خلاله العصير تحت ضغط عالي (2-3 جوي) وبعد ترشيح كمية معينة من العصير السكري تتراكم طبقة من الراسب علي سطح أقمشة الترشيح وتقل نتيجة لذلك سرعة الترشيح بل وقد يتغير في الوقت نفسه لون الراشح ويصبح غير رائق ، وعند الوصول لذلك ، يغلق صمام دخول العصير ويدفع العصير الباقي إلي الخارج بواسطة تيار من الهواء المضغوط أو البخار . وتبدأ بعد ذلك عملية غسيل الطبقة المترسبة بالماء الدافيء (40-45 درجة مئوية) لأنها تحتوي علي كمية معينة من السكر ثم يضاف ماء الغسيل إلي العصير الرائق . وبعد عملية الغسيل تفتح الإطارات وتنظف الأقمشة من المواد المترسبة ومن ثم ترسل إلي الغسالات لتنظيفها وإستعمالها مرة أخري .

9- عملية الكربنة الثانية Second carbonation process

يدخل العصير المرشح رائقا قبل دخول وحدة الكربنة الثانية حيث يعامل مرة ثانية بغاز ثاني أكسيد الكربون لتحقيق هدفين رئيسيين :

1.9- تحويل بقايا هيدروكسيد الكالسيوم المذاب في العصير بعد الكربنة الأولي إلي كربونات كالسيوم $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$.

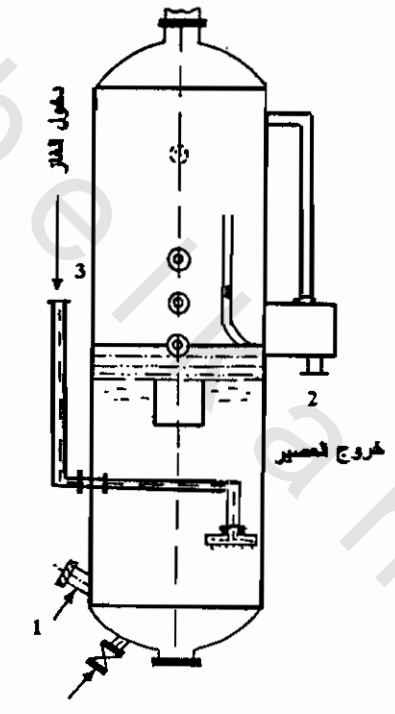
2.9- تحويل بـــاقي الهيدروكســيدات القلوية الذائبة خاصة هيدروكسيد البوتاســيوم إلي كربونات

$$2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$$

ويحتوي عصير البنجر علـــي قلويـــة طبيعية ترتبط بنوعية البنجر ويكون مصـــدر هذه الأملاح القلوية هو التربة وتنتقـــل هـــذه الإملاح القلوية لجذور البنجر أثناء نموها .

وتجري عملية الكربنة الثانية في أبراج يدخل إليها من أسفل كل من الغاز والعصـــير (شكل 10.1) .

وبعد تمام الكربنة الثانية يتـــم ســـحب العصير إلي وحدتي ترشيح لإتمـــام عمليـــة الترشيح (أنظر شكل 17.1 عن خـــط ســـير العمليات الصناعية في أحد مصـــانع إنتـــاج السكر من البنجر) وفصل كافة البقايا الصلبـــة خاصة بعد عملية الكربنـــة الثانيـــة (شـــكل 10.1) .



شكل (10.1): مرجل الكربنة الثانية بغاز CO_2

10- التبادل الأيوني Ion exchange

قد تستعمل المبادلات الأيونية في صناعة السكر بعـــد عمليـــات التنقيـــة والـــترويق والإشباع حيث يحتوي العصير المخفف علي نسبة زائدة من أيونات الكالسيوم التي تســـبب مشاكل في وحدات التبخير والطبخ وإنتاج المولاس .

ويعبأ المبادل الأيوني براتنجات قد تحمل مجاميع حامضية كالسلفونيل أو الكربوكسيل وعندئذ تعرف براتنجات التبادل الأيوني الموجب Cation exchange resin وبراتنجات تحمل مجاميع قاعدية كالمجاميع الأمينية أو الهيدروكسيلية فتعرف براتنجات التبادل الأيوني السالب Anion exchange resin . وتزيل راتنجات التبادل الأيوني الموجب الأيونات الموجبة كالكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ، وتزيل راتنجات التبادل الأيوني السالب الأيونات السالبة كالكلوريد والكبريتات ... الخ .

وهناك مركبات توجد في الطبيعة وغير مخلقة يمكن إستخدامها في المبادلات الأيونية مثل الـ Zeolite (خليط من أكاسيد الصوديوم والألومنيوم والسليكون) .

11- قصر اللون بواسطة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 :

بعد عمليات التنقية والترويق والكربنة والتبادل الأيوني يصبح لون العصير أصفر ذهبي وتبلغ درجة نقاوته من 92-94% . وتعتمد درجة نقاوة البنجر علي طبيعة البنجر وجودته وكيفية سير المعالجات الكيميائية والفيزيائية . وحقيقة تبدأ عملية ازالة الألوان في أجهزة التبادل الأيوني وتستكمل بإستخدام غاز SO_2 (انظر شكل 17.1).

تجري عملية ازالة الألوان بواسطة غاز SO_2 في وحدة أنبوبية الشكل طولها حوالي مترين (شكل 17.1) حيث يمرر العصير الرائق في هذه الوحدة ويضخ معه تيار من غاز SO_2 . وعندما تكون هناك أملاح من الكالسيوم في العصير يتفاعل معها غاز SO_2 مكونا كبريتيت الكالسيوم الذائب والذي يؤدي لتكوين رواسب علي مراجل التبخير لذا ينصح بإجراء عمليتي التبادل الأيوني لإزالة أيونات الكالسيوم ثم قصر اللون بثاني أكسيد الكبريت.

12- تبخير الماء من العصير الرائق لتركيزه

بعد إنجاز عمليات الإستخلاص والتنقية والترويق والكربنة يكون تركيز عصير البنجر المخفف في حدود من 12 إلي 15% بمتوسط حوالي 14% مع درجة نقاوة تتراوح بين 92 إلي 94% . ويكون لونه في الظروف الطبيعية أصفر فاتح رائق . ويحصل من كل 100 كجم من البنجر علي حوالي 115-130 كجم من العصير . ولبدء الحصول علي

بللورات السكر يجب زيادة تركيز العصير إلي حوالي 65 بركس ويحتاج ذلك لتبخير كميات كبيرة من الماء من العصير . ولحساب كمية الماء اللازم تبخيرها من العصير لمعرفة أهمية إرتفاع كفاءة المبخرات إلي أقصي حد ممكن لانجاز العملية في وقت معقول نفترض المثال التالي :

* إذا إفترضنا أن مقدار مايستهلكه المصنع حوالي 1500 طن من البنجر يوميا يصبح مقدار العصير الخام الناتج بعد كافة العمليات السابق الإشارة إليها بما فيها غسيل راسب المرشحات بالماء النقي حوالي 1500 × (130/100) = 1950 طن بمتوسط تركيز حوالي 14 بركس . وللحصول علي عصير مركز بتركيز حوالي 65 بركس يمكن حساب الماء اللازم تبخيره من المعادلة :

$$W = J\,[1 - (Sj/Sc)]$$

حيث W = كمية الماء اللازم تبخيرها من العصير

J = كمية العصير المخفف (1950 طن في هذا المثال)

Sj = % للمواد الصلبة في العصير المخفف (حوالي 14%)

Sc = % للمواد الصلبة في العصير المركز (65%)

وبالتعويض بالقيم السابقة في المعادلة :

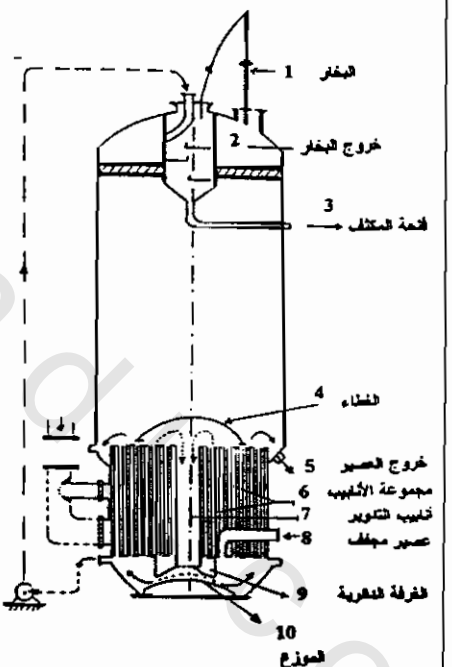
$$W = 1950\,[1 - (14/65)]$$
$$= 1530 \text{ Tons}$$

ولتبخير كمية من الماء مقدارها 1530 طن يحتاج المصنع إلي مبخرات بمستوي كفاءة عالي يمكنها تبخير هذه الكمية مع الإقتصاد في الطاقة الحرارية اللازمة لذلك .

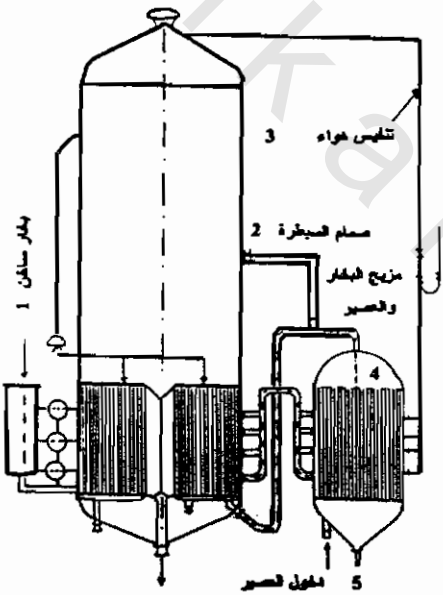
ولتبخير هذا القدر من الماء في المبخرات تتم عادة هذه العملية علي عدة مراحل تبدأ في المبخر الأول بالبخار القادم من وحدة الطاقة المركزية علي حوالي 130 درجة مئوية ثم يسخن المبخر الثاني بالبخار الخارج من المبخر الأول ويسخن المبخر الثالث بالبخار القادم من المبخر الثاني وهكذا تتوالي العملية حتي تصل درجة الحرارة في المبخر الأخير إلي حوالي 70 درجة مئوية ويسمح التفريغ في هذا المبخر بتبخير ماء العصير المركز علي هذه الدرجة من الحرارة .

1.12- تصميم المبخرات :

• توضح الأشكال (11.1 ، 12.1، 13.1) ثلاث تصميمات مختلفة للمبخرات حيث يمثل الشكل (11.1) نموذجا من مبخرات السير المباشر التي تعتمد علي عدم مزج العصير المخفف مع العصير المركز وتحتوي هذه المبخرات علي عدد كبير من أنـــابيب التبـــادل الحراري بين البخار الساخن والعصير لإسراع عملية تسخين العصير وتبخير مـــاءه فـــي وقت مقبول .



شكل (11.1) : مبخر السير المباشر

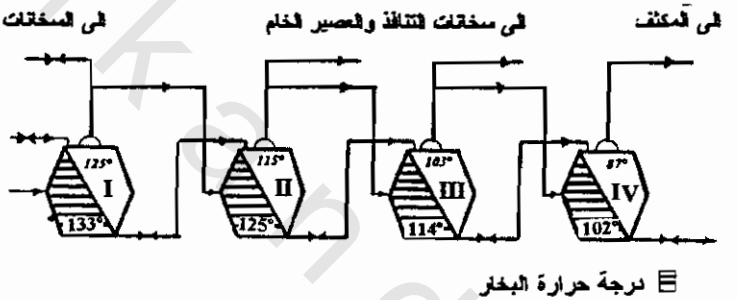


شكل (12.1): المبخر الثاني(مبخر كلاسن)

• أما الشكل (12.1) فيمثل تصميما لمبخر يعرف بمبخر كلاسن وهو عبـــارة عـــن مبخرين مرتبطين ببعضهما ينتج من المبخر الجانبي الصغير مزيجا من البخار والعصـــير الذي يدفع من تحت الغرفة الساخنة إلي المبخر الثاني الرئيسي . وعن طريق صمام فـــي

المبخر الكبير يمكن السيطرة علي سرعة تدفق مزيج البخار والعصير (صمام السيطرة) وضبط درجات حرارة دخول العصير بعد التسخين الأولي في المبخر الأول (الصغير الحجم) حيث يتدفق العصير إلي المبخر الثاني (كبير الحجم) فينخفض الضغط علي العصير ويزداد معدل التبخير .

• وعندما يكون معدل إنتاج مصنع السكر كبير ويستهلك حوالي 1500 طن من البنجر أو أكثر في اليوم لإنتاج السكر (كما هو الحال في مصنع سكر البنجر بكفر الشيخ) فتستخدم المبخرات متعددة المراحل (شكل 13.1) .



شكل (13.1) : رسم تخطيطي يوضح توزيع درجات حرارة بخار التسخين والعصير بمختلف مراحل تركيزه في مبخر متعدد المراحل .

2.12- تشغيل المبخرات :

• وتعمل عادة المبخرات متعددة المراحل بفتح الصمام بين المكثف والمبخر الأخير فيحدث هبوط للضغط وينخفض ثم تفتح صمامات تنفيس الهواء والغازات .

• نتيجة التفريغ الحادث في المبخر الأول يسحب العصير وعندئذ يسمح بدخول البخار الساخن إلي غرفة التسخين بفتح صمام البخار الساخن في المبخر الأول ... وينتقل العصير إلي المبخرات التالية علي أساس تركيز العصير في كل مبخر حيث يزداد تباعاً في إتجاه المبخر الأخير .

• عند وصول العصير المركز للتركيز المطلوب (حوالي 65 بركس) في المبخر الأخير يسحب منه بواسطة مضخة ... ويؤدي سحب هذا الجزء من العصير المركز إلي إنخفاض الضغط في المبخر الأخير فيسحب بالتالي جزء من الشراب الأقل تركيزا من المبخر السابق له وهكذا تستمر العملية حتي يقل تركيز العصير في المبخر الأول فيسحب كمية من العصير الخام (تركيز 14%) وهكذا تصبح العملية مستمرة .

• ويلاحظ من الشكل (13.1) إنخفاض درجة الحرارة تدريجيا بين مختلف المبخرات وكذلك ضغط البخار الساخن ففي المبخر الأول يكون ضغط البخار الساخن متراوحا بين 2.6-3.5 ضغط جوي ويكون متوسط درجة حرارته حوالي 133 درجة مئوية وتنخفض درجة حرارة البخار الساخن في المبخر الثاني لتصبح 125 درجة مئوية ثم في الثالث 114 درجة مئوية وفي الرابع 102 درجة مئوية أما درجة حرارة العصير فتكون بالطبع أقل من درجة حرارة البخار فتكون في المبخر الأول حوالي 125 درجة مئوية وتنخفض تدريجيا لتصبح 115 ، 103 ، 87 درجة مئوية (في المبخر الرابع) .

3.12- اقتصاديات استهلاك الطاقة في مصانع السكر

• يؤدي إرتباط المبخرات ببعضها للإستفادة القصوي من البخار الساخن المركزي الذي يدخل المبخر الأول ... كما يمكن أيضا الإستفادة من بخار الماء الساخن المتبخر من العصير في مختلف مراحل التبخير وفي عمليات التسخين في العمليات الأخري بالمصنع وذلك للإقتصاد في إستهلاك الطاقة بالمصنع .

• ويمكن بوجه عام توفير الطاقة المستهلكة في تشغيل مصانع السكر بإتباع الإرشادات التالية علي سبيل المثال لا الحصر :

1.3.12- إستغلال حرارة الماء المتكثف في وحدة التبخير من خلال المبادلات الحرارية فمثلا إذا سخن العصير الخام إلي درجة 35 درجة مئوية بواسطة حرارة الماء المتكثف يمكن التوفير في كمية البخار المستهلك بمقدار 60 كجم بخار/1 طن من البنجر .

2.3.12- إستغلال المحتوي الحراري لبخار الطبخ في عمليات التسخين .

3.3.12- إستغلال حرارة الماء الذي يستغل في إستخلاص السكر بالإنتشار (التنافذ) .

4.3.12- منع تسرب الحرارة بتغطية مواسير إنتقال البخار والمعدات بمواد عازلة للحرارة خاصة أن معظم مراحل إنتاج السكر من البنجر في مصر تتم خلال الشتاء .

5.3.12- تقليل الإحتكاك بين تيار البخار والأنابيب ويفضل أن تكون سرعة تيار البخار في الأنابيب في حدود 10-15 م/ث ، وبين 20-25 م/ث لبخار التغذية المركزية .

6.3.12- الإقتصاد في إستغلال بخار التغذية الرئيسية (البخار القادم من وحدة توليد البخار) والتركيز علي إستخدام حرارة أبخرة وحدة التبخير والماء المتكثف فيها.

7.3.12- يجب سحب الغازات المتكونة في المبخرات أولا بأول لخفض الضغط فتنخفض درجة حرارة تبخير العصير وتقل الطاقة المستهلكة .

4.12- مواصفات العصير المركز بعد التبخير :

فيما يلي أهم المواصفات التي يجب توافرها في العصير المركز الخارج من المبخرات وقبل إستكمال عمليات الطبخ والبللورة :

1.4.12- يجب أن تكون قيمة pH العصير المركز بعد التبخير في حدود 7.5-8.5 . حيث تؤدي زيادة رقم الـ pH في إتجاه القاعدية إلي تكوين رغوة وزيادة فترة الطبخ التي تؤدي بدورها إلي زيادة تكوين المواد الملونة في العصير مما يجعل الحصول علي بللورات سكر نقية وبيضاء صعبا للغاية . أما عندما يكون الـ pH حامضيا فإن ذلك يؤدي لتحلل السكروز وتكوين السكريات الأحادية غير المرغوب تكوينها مع زيادة الفاقد .

2.4.12- يجب أن تكون نقاوة العصير المركز عالية ... حيث يؤدي وجود نسبة أعلي من المواد غير السكرية لزيادة لزوجة العصير وصعوبة الطبخ .

3.4.12- يجب أن يكون تركيز العصير بعد المبخرات من 60 إلي 65 بركس .

4.4.12- يجب أن يكون العصير المركز رائقا وخاليا من المكونات الغروية .

13- الطبخ والتبلور Cooking and Crystallization

1.13- الطبخ :

تجري عملية طبخ تحت تفريغ للعصير المركز بعد عملية تبخير الماء منه والوصول بتركيزه إلي 65 بركس . والغرض من عملية الطبخ تحت تفريغ (600 مم زئبق) أن يفقد العصير المركز جزء إضافي من مائه يبلغ حوالي 8-10% . وعند تبريد هذا العصير المركز المطبوخ يصل لحالة فوق التشبع بالسكر فتبدأ بللورات السكر في الإنفصال .

وبعد تمام الطبخ يسحب العصير المركز فوق المشبع الساخن إلي حوض التبلور ثم ينظف مرجل الطبخ جيدا بواسطة تيار من البخار الرطب أو رذاذ الماء الساخن لإزالة آثار السكر الملتصق بالجدر حتي لاتكون نواة لتكوين بللورات كبيرة داخل مرجل الطبخ ويضاف الماء المتكثف والمذاب فيه السكر بعد غسيل هذه الأوعية بأقل كمية ماء ممكنة إلي العصير المطبوخ .

وتتكون مراجل الطبخ تحت تفريغ عادة من قسمين رئيسيين : غرفة الطبخ ، غرفة التسخين . وتجري عملية الطبخ عادة علي ثلاث أنواع من العصير المركز وهي :

1- العصير المركز الخام (65 بركس) القادم من وحدات التبخير (أ) .
2- العصير المركز (ب) بعد فصل بللورات السكر من "أ" بأجهزة الطرد المركزي
3- العصير الأخضر (جـ) وهو الراشح الناتج بعد إعادة طبخ (ب) وفصل بللورات السكر منه .

ويمكن تحديد سعة مراجل الطبخ من المثال التالي :

• إذا ماكان إستهلاك المصنع حوالي 1500 طن من البنجر يوميا تنتج كميات من صور العصير المركز المشار اليها كما يلي :

- كمية العصير المركز الخام "أ" تعادل حوالي 33% من وزن البنجر المستهلك يوميا في المصنع .
- وتشكل كمية العصير المركز (ب) (بعد فصل بللورات السكر من أ) حوالي 15% من وزن البنجر .
- أما كمية العصير الأخضر (جـ) فتمثل حوالي 6.5% من وزن البنجر .

• وبذلك تكون سعة مراجل الطبخ اللازمة للعصير المركز البكر (أ) حوالي 1500 × (33/100) = 495 طن /24 ساعة .

• أما سعة مراجل طبخ العصير المركز "ب" فتبلغ حوالي 1500 × (15/100) = 225 طن / 24 ساعة .

• وتبلغ سعة مراجل طبخ العصير الأخضر "جـ" حوالي 1500 × (6.5/100) = 97.5 طن / 24 ساعة .

وتستغرق فترة طبخ العصير المركز (أ) تحت تفريغ (600 مم زئبق) حوالي 6 ساعات (وفي المصانع الحديثة أمكن خفض المدة عن ذلك) لذلك يمكن إجراء الطبخ علي 4 دفعات خلال الـ 24 ساعة فتكون السعة المطلوبة للمراجل = 495 × (6/24) = حوالي 124 طن / 6 ساعات .

ويمكن تقسيم هذه الكمية علي 3 مراجل سعة الواحد منها حوالي 40–45 طن .

• أما العصير المركز (ب) فيستغرق طبخه فترة أطول من العصير المركز (أ) إذ يستغرق طبخه بين 8–10 ساعات بمتوسط تقريبي حوالي 9 ساعات فتكون السعة المطلوبة لمراجل طبخ العصير المركز (ب) 225 × (9/24) = حوالي 84 طن . ويمكن أيضا تقسيمها علي مرجلين سعة الواحد منها حوالي 45 طن أيضا .

• أما العصير الأخضر (جـ) فيحتاج لحوالي 16 ساعة للطبخ فتكون السعة المطلوبة للمراجل 97.5 × (16/24) = 65 طن . ويمكن تقسيمها علي مرجلين سعة الواحد حوالي 35 طن .

ويجب توفر الشروط التالية أثناء عملية طبخ الصور المختلفة للعصير المركز المشار إليها سابقا :

1- أن يكون العصير فوق المشبع أثناء الطبخ في حالة حركة مستمرة مع البللورات .

2- أن تكون درجة حرارة الطبخ مناسبة في حدود 80 – 85 درجة مئوية ... وتؤدي زيادة درجة الحرارة عن ذلك لتحلل السكروز وزيادة الفاقد وإعاقة ظهور البللورات .

3- أن تتم عملية الطبخ تحت تفريغ بحيث يكون الضغط داخل مراجل الطبخ في حدود 600 مم زئبق .

4- يجب ألا يخفف العصير المركز أبدا أثناء الطبخ وأن يظل دائما في حالة فوق التشبع وأن تكون درجة فوق التشبع بين 1.2 إلي 1.3 .

5- أن تكون لزوجة العصير أقل مايمكن لتسمح بسهولة تكوين البللورات بعد ذلك .

2.13- التبلور

بعد تمام الطبخ يسحب العصير المركز الساخن (80-85 درجة مئوية) فوق المشبع إلي حوض التبلور . وتعتبر عملية التبلور من العمليات الهامة في فصل المواد الصلبة المذابة من محاليلها ، وتتضمن العملية ثلاث خطوات متوالية أساسية :

1- الوصول لحالة فوق التشبع Supersaturation
2- تكوين الأنوية البللورية
3- نمو الأنوية إلي بللورات

ويمكن الوصول لحالة فوق التشبع بالتبخير ، أو التبريد (فيقل معدل ذوبان السكر) ، أو بإضافة عامل الترسيب . ويتم عادة في مصانع السكر الوصول لحالة فوق التشبع وبدء تكوين البللورات بإضافة بللورات سكر ناعمة تعرف بالبذرة Seeding مع إجراء عملية تبريد ، ذلك لأنه في المحلول فوق المشبع الذي لاتضاف إليه بللورات يكون تأثير التبريد سريعا وفي هذه الحالة لايمكن السيطرة علي عملية تكوين الأنوية ونموها بالمعدلات المرغوبة .

ويمكن التعبير عن درجة فوق التشبع بالعلاقة التالية :

$S = C/C_1$ حيث S = درجة فوق التشبع

C = تركيز المحلول السكري

C_1 = تركيز المحلول المشبع عند نفس درجة الحرارة

وعندما تصبح درجة فوق التشبع (S) أقل من 1 فإن ذلك يعني أن المحلول السكري لم يصل بعد لدرجة التشبع ، وعندما تكون S أكبر من 1 دل ذلك علي قابلية المحلول لتكوين بللورات . وتعتبر درجة فوق التشبع مقياسا لمعرفة طبيعة محلول السكر .

وتقدر قابلية السكر للذوبان (L) في درجة حرارة معينة ... بمقدار السكر المذاب (Z) في حجم أو وزن معين من الماء (W) وتحسب هذه القابلية من النسبة $L = Z/W$.

ويوضح الجدول (3.1) أن قابلية ذوبان السكر في الماء تزداد بارتفاع درجة الحرارة فمثلا عند 80 درجة مئوية يذوب 3.8 جم من السكر في 1 جم من الماء وبإنخفاض درجة الحرارة إلي 20 درجة مئوية تكون كمية السكر المذاب 2.01 جم فقط للوصول لدرجة التشبع .

جدول (3.1): كمية السكر (بالجرام) المذاب في 1 جرام من الماء (للتشبع) عند درجات حرارة مختلفة .

درجة الحرارة (م)	كمية السكر المذاب (جم)	درجة الحرارة (م)	كمية السكر المذاب (جم)	درجة الحرارة (م)	كمية السكر المذاب (جم)
20	2.01	45	2.50	65	3.11
25	2.09	50	2.62	70	3.31
30	2.18	55	2.77	75	3.54
35	2.28	60	2.93	80	3.80
40	2.38	60	2.93	80	3.80

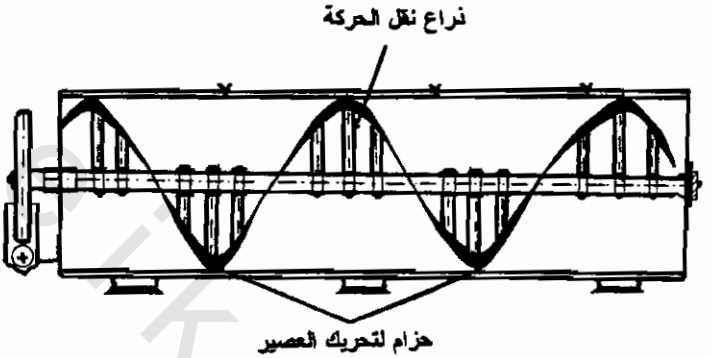
فإذا ماتم تبريد محلول سكري مشبع عند 80 درجة مئوية إلي 20 درجة مئوية علي سبيل المثال (من الجدول السابق) يمكن بلورة حوالي (3.8-2.01) 1.79 جم من السكر وتكون درجة فوق التشبع $S = C/C_1 = 3.8/2.01 = 1.89$.

وتؤثر علي عملية بلورة السكر في محاليله فوق المشبعة عدة عوامل أهمها وجود مواد غريبة قد تعيق عملية التبلور مثل وجود مادة الكراميل الملونة والتي تتكون أثناء تركيز وتبخير المحلول السكري ، درجة الحرارة ، درجة فوق التشبع ، اللزوجة وتؤثر هذه العوامل منفردة أو مجتمعة علي عملية الذوبان وبالتالي تؤثر علي تكوين الأنوية ونموها أيضا .

1.2.13- أحواض التبلور

يبرد العصير المركز فوق المشبع (أ) في حوض التبلور لفترة حوالي 2-3 ساعات من الرج البطيء والمستمر عند درجة حرارة تتراوح بين 60-65 درجة مئوية

حتي يتم تكوين النويات والبلورات . ويوضح الشكل (14.1) تصميما لنوع من أحـــواض التبلور حيث يحتوي الحوض علي حزام لرج وتحريك العصير المركز فوق المشبع بطريقة تموجية تساعد علي تكوين البللورات .



شكل (14.1): حوض التبريد والتبلور مع حزام لتحريك العصير المركز فوق المشبع

وتوجد في مصانع السكر 3 أنواع من أحواض التبلور والتبريد .

1- أحواض تبريد وتبلور العصير المركز الخام (أ) وتستغرق عملية التبلور فـــي هـــذه الأحواض من 2-3 ساعات .

2- أحواض تبريد وتبلور للعصير المركز "ب" (المعاد طبخه) وتستغرق عملية التبلور فـي هذه الأحواض 6-8 ساعات .

3- أحواض تبريد العصير الأخضر (جـ) المطبوخ . وتستغرق عملية التبلور فـــي هـــذه الأحواض حوالي 70 ساعة .

14- فصل بلورات السكر :

• يتم فصل بللورات السكر من محاليله فوق المشبعة بسحبها من أحواض التـــبريد والتبلور إلي أجهزة الطرد المركزي Centrifuges . وتغسل بلورات الســـكر المتجمعـــة

علي جوانب منخل جهاز الطرد المركزي بالعصير المركز أو الماء الساخن أو البخار ويعرف هذا المحلول السكري الراشح الأبيض . وتعتمد فترة دوران الجهاز علي طبيعة بلورات السكر .

* أما العصير السكري الخارج من أجهزة الطرد المركزي بعد فصل بلورات السكر فيعاد طبخه علي درجة 80 درجة مئوية حتي يصل ثانية لدرجة فوق التشبع (S = 1.25 - 1.30) ثم يبرد العصير المركز (ب) في أحواض التبلور مع المزج لفترة تتراوح بين 6-8 ساعات وحتي تصل درجة الحرارة إلي 50-60 درجة مئوية فيطرد مركزيا لفصل بلورات السكر منه .

* يعرف الراشح (المسكويت) بعد طبخ العصير المركز (ب) وفصل بللورات السكر منه بالعصير الأخضر (جـ) ،الذي ينقل بدوره إلي مراجل طبخ الناتج النهائي . وتكون نقاوة العصير الأخضر منخفضة ويحتاج لمدة طويلة للطبخ قد تصل إلي 16 ساعة إلي أن يصل لدرجة فوق تشبع حوالي 1.6 فيخفف بالماء تدريجيا لتصبح درجة التشبع بين 1.30 إلي 1.35 عند درجة حرارة 60 درجة مئوية .

1.14- أجهزة الطرد المركزي :

يستخدم لفصل بللورات السكر أجهزة طرد مركزي عبارة عن وحدات إسطوانية منخلية مصنوعة من الفولاذ تدور علي محور عمودي وتختلف سعة فتحات المنخل بإختلاف نوعية وحجم بللورات السكر الأبيض أو الأسمر وطبيعة مراحل الإنتاج .

ويمكن حساب عدد أجهزة الطرد المركزي اللازمة لفصل السكر من مختلف أنواع العصير فوق المشبع (أ ، ب ، جـ) .

فإذا عدنا للمثال السابق المفترض فيه أن المصنع يستهلك 1500 طن من البنجر يوميا وكانت كمية العصير المركز (أ) 495 طن عند الطبخ وبعد الطبخ يفقد حوالي 8% فتصبح كميته حوالي 455 طن . وفصل بللورات السكر من هذا العصير المركز المطبوخ (أ) يستغرق أقل من 5 دقائق في جهاز الطرد المركزي فتكون عدد مرات الطرد المركزي في الساعة حوالي 12 مرة . وعادة ماتكون سعة جهاز الطرد المركزي حوالي

0.5 طن ، فتكون عدد أجهزة الطرد المركزي المطلوبة لإنتاج السكر الأبيض من العصير فوق المشبع (أ) =

$$\frac{455}{\text{سعة الوحدة (0.5 طن)} \times 12 \text{ مرة في الساعة} \times 22 \text{ ساعة تشغيل في اليوم}}$$

= حوالي 3.4 وحدات أي 4 وحدات سعة الوحدة 0.5 طن .

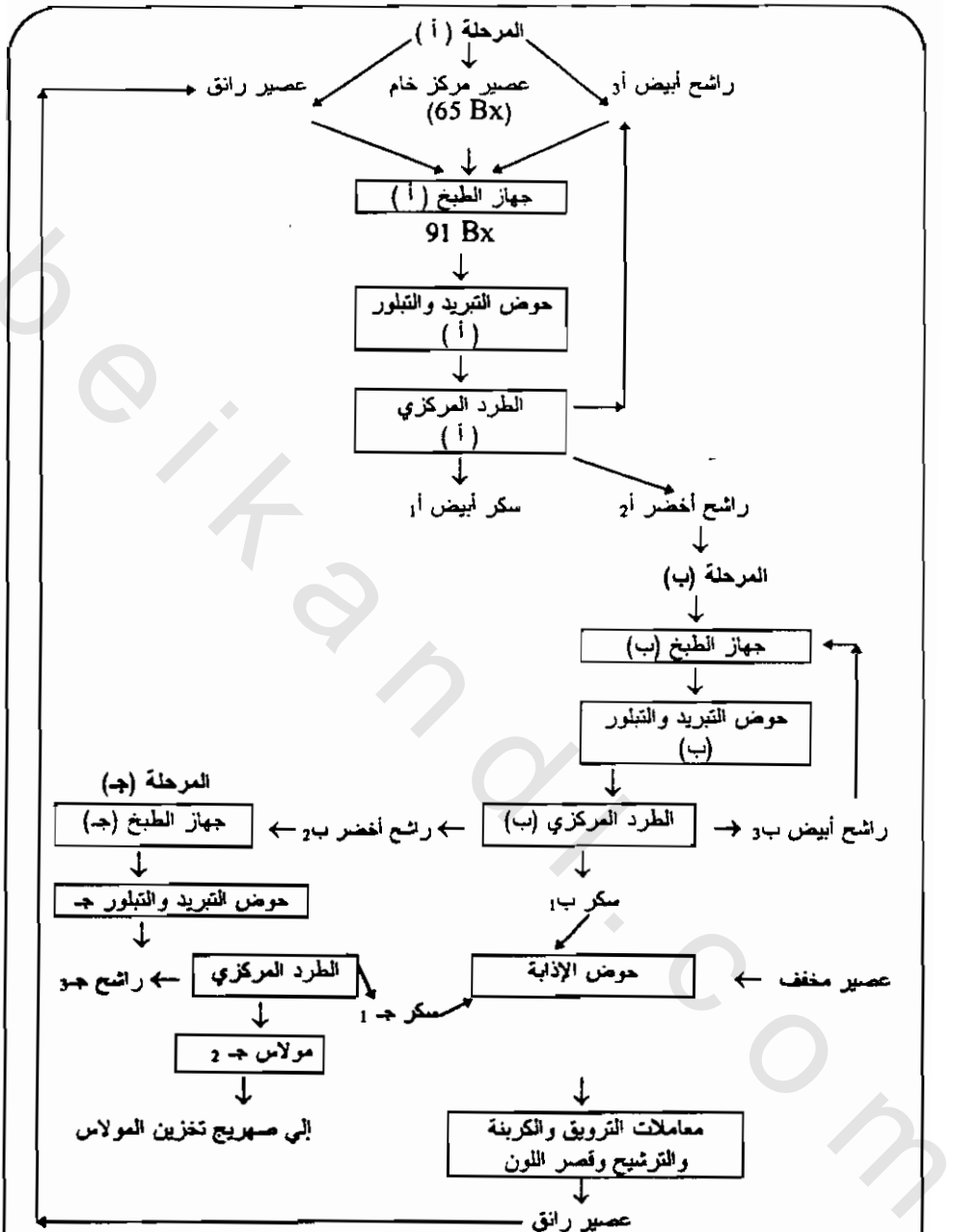
ويمكن بنفس الطريقة حساب عدد أجهزة الطرد المركزي اللازمة للعصير المركز (ب) وللعصير الأخضر (جـ) ، وتجدر الإشارة إلي صعوبة فصل بللورات السكر من العصير الأخضر (جـ) فوق المشبع ولذلك تكون عدد مرات تشغيل جهاز الطرد المركزي في الساعة 4 مرات فقط بدلا من 12 مرة في حالة العصير فوق المشبع (أ) .

15- إنتاج السكر الأبيض :

يمكن الحصول علي السكر الأبيض في صورته التي يسوق عليها بعدة طرق مختلفة فقد يتم إنتاجه علي مرحلتين أو ثلاث أو أربعة مراحل . ومن أكثر الطرق شيوعا هي طريقة إنتاجه علي ثلاث مراحل وفيها يتم الحصول علي كميات جيدة من السكر الأبيض بدرجة نقاوة عالية أما المولاس الناتج فتكون نقاوته منخفضة .

وتتم عملية طبخ السكر علي 3 مراحل مع إجراء عمليات تنقية إضافية علي السكر الناتج من المرحلتين ب ، جـ (ص 42 ، 43) . وفيما يلي شرح مبسط لكيفية إنتاج السكر علي 3 مراحل (شكل تخطيطي رقم 15.1) .

1.15- في المرحلة " أ " : يطبخ كل من العصير المركز الخام (65 بركس) القادم من وحدات التبخير (أ) ، والمسكويت (الراشح) الأبيض الناتج عن استخلاص السكر المترسب علي جدر جهاز الطرد المركزي بالماء أو البخار الساخن ، والعصير الرائق الذي يتكون من العصير المركز (ب) والعصير الأخضر (جـ) بعد معالجته بغاز SO_2 لقصر لونه . ويبلغ تركيز هذا المحلول حوالي 62 بركس ، وتصل درجة تركيز السكر في هذا المحلول بعد طبخه حوالي 91 بركس .



شكل (15.1) : رسم تخطيطى لانتاج السكر الأبيض بثلاثة مراحل

2.15- ويطبخ في المرحلة "ب" كل من المسكويت (الراشح) الأخضر ($ا_2$) والراشح الأبيض ($ب_3$) الناتج بعد فصل بلورات السكر في المرحلة (ب) ومحلول السكر (جـ) . والسكر الناتج من المرحلة (ب) تعاد إذابته في عصير البنجر الرائق ثم يضاف إليه محلول الجير المطفأ حتي تصل قاعدية العصير مقدرة كأكسيد كالسيوم 0.3% ، ثم يترك العصير القاعدي لفترة 15-20 دقيقة في درجة 80 درجة مئوية ، ثم تجري عملية الكربنة بغاز CO_2 لإزالة الجير الزائد غير المتفاعل وحتي تصل القاعدية إلي 0.02% كأكسيد كالسيوم . ويسمي هذا العصير بالعصير الرائق ويرسل إلي مراجل الطبخ (ا) .

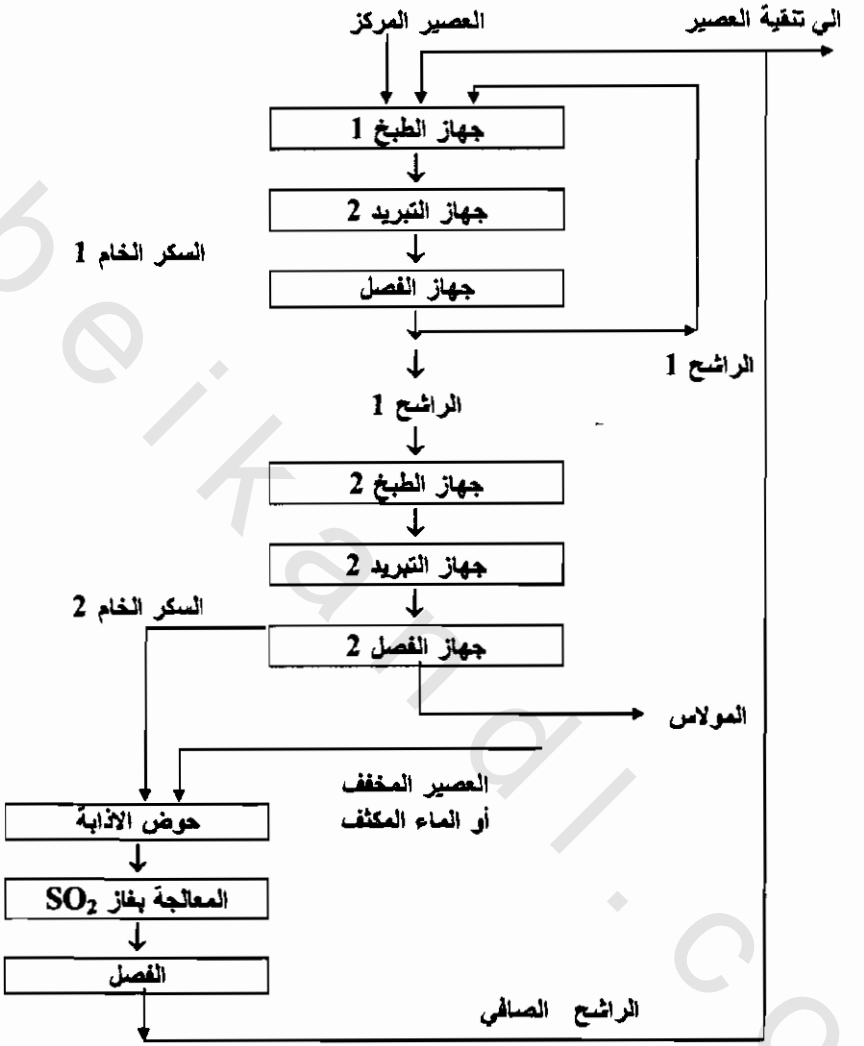
3.15- أما في المرحلة الثالثة (جـ) فيطبخ العصير الأخضر (جـ) وتفصل بلوراته ويرسل المولاس (الراشح) إلي وحدة تخزين المولاس (شكل 17.1 خط سير العمليات الصناعية في مصنع السكر) . وبلورات السكر الناتجة في هذه المرحلة تكون بنية اللون وترسل إلي حوض الإذابة حيث تذاب في الراشح الأخضر الناتج من (ب) ، ويرسل المحلول المركز الناتج من إذابة سكر (جـ) مع الراشح الأخضر (ب) إلي وحدة الفصل للحصول علي مزيج من بللورات السكر (ب ، جـ) وتذاب هذه البللورات مرة أخري وتجري علي العصير الناتج منها عمليات الترويق والكربنة وقصر اللون ثم يضخ العصير الرائق إلي جهاز الطبخ (أ) .

16- إنتاج السكر الخام :

عادة لاتتجاوز فترة إنتاج البنجر واستهلاكه في تشغيل مصانع السكر في كثير من الدول المنتجة له عن 90 يوما لذلك يتم تشغيل بعض المصانع بالطاقة الإنتاجية القصوي خلال تلك الفترة الزمنية لإنتاج أكبر كمية ممكنة من السكر الخام ثم يتم تكرير هذه الكمية سواء في نفس المصنع أو في مصانع متخصصة في عمليات التكرير فقط علي مدار العام.

وبللورات السكر الخام هي بللورات السكر المستخلصة من عصير البنجر الداكن ويعزي لونها الأصفر إلي إلتصاق طبقة رقيقة من عصير السكر علي بللوراته .

ويتم إنتاج السكر الخام عادة علي مرحلتين (أنظر شكل 16.1) كالتالي :



شكل (16.1) : رسم تخطيطي لإنتاج السكر الخام على مرحلتين

1.16- في المرحلة الأولى :

• يستخلص السكر من العصير المركز ويمزج معه أحيانا محلول السكر الأسمر الثاني . وتتراوح فترة طبخ العصير المركز بين 2-4 ساعات وتكون نقاوته في حدود 90-93 وحدة ، ثم يبرد العصير في أحواض التبريد والتبلور مع الرج المستمر لمدة تتراوح بين 6-8 ساعات .

• أما في حالة إستعمال أحواض تبريد وتبلور مزودة بوسائل تبريد إضافية تستغرق تلك الفترة حوالي 3 ساعات فقط .

• تفصل بللورات السكر الخام الأول بواسطة جهاز الطرد المركزي في زمن لايتجاوز 4 دقائق .

2.16- في المرحلة الثانية :

• يتكون عصير الطبخ لإنتاج السكر الخام الثاني من راشح السكر الخام الأول ويستغرق طبخه حوالي 24 ساعة بسبب صعوبة عملية التبلور .

• ينقل العصير المطبوخ إلي أحواض التبريد والتبلور وتستغرق هذه العملية حوالي 48 ساعة أما إذا كانت هذه الأحواض مزودة بنظام تبريد تستغرق تلك العملية حوالي 24 ساعة فقط .

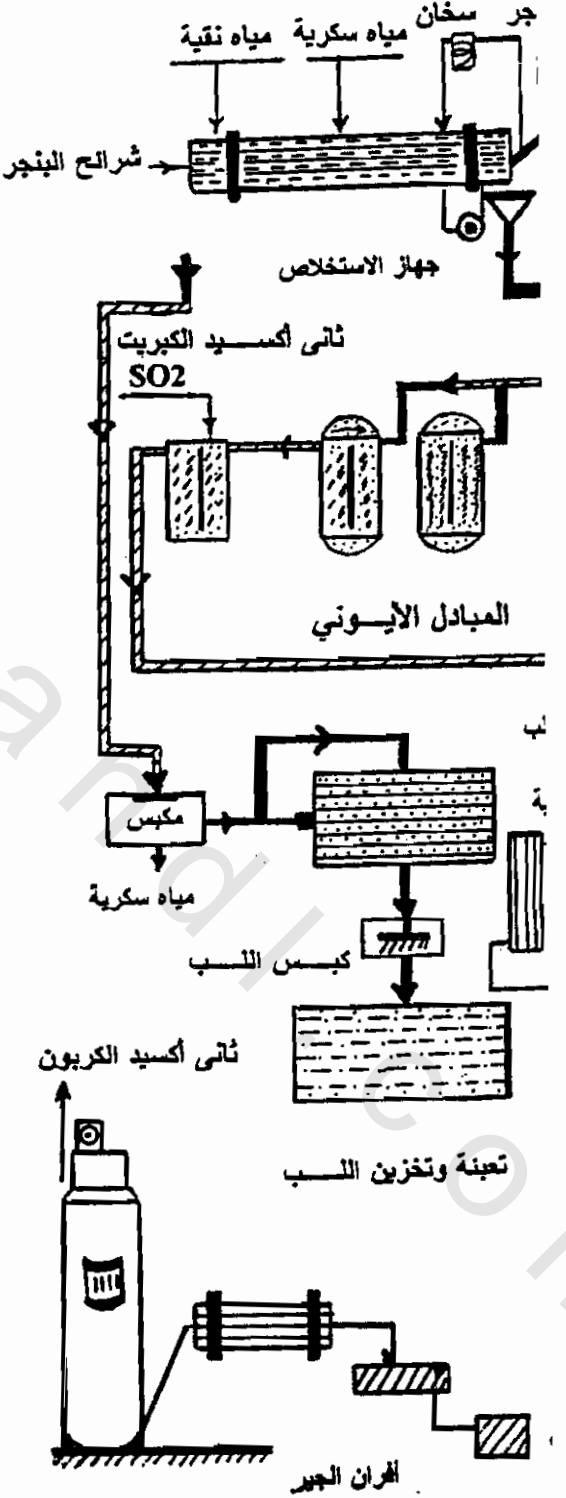
• تفصل بللورات السكر الخام الثاني بالطرد المركزي .

ويوضح الجدول (4.1) نسب مكونات السكر الخام بنوعيه الأول والثاني .

جدول (4.1) : نسب مكونات السكر الخام الأول والثاني

نوع السكر	% للسكروز	% للماء	% للرماد	المكونات العضوية غير السكرية
السكر الخام الأول	96.60	1.50	0.78	1.12
السكر الخام الثاني	91.20	3.20	2.20	3.40

المصدر : د . عزيز أحمد أمين (1987) - الكيمياء الصناعية - صناعة السكر وعجينة الورق - جامعة البصرة .


جر سخان
مياه سكرية
مياه نقية
شرائح البنجر
جهاز الاستخلاص
ثانى أكسيد الكبريت
SO2
المبادل الأيوني
مكبس
مياه سكرية
كبس اللب
ثانى أكسيد الكربون
تعبئة وتخزين اللب
أفران الجير

obeikandl.com

17- تجفيف السكر وتعبأته :

1.17- يجب تجفيف السكر الأبيض بحيث لاتتجاوز نسبة الرطوبة به 0.02% وتتم عملية التجفيف بواسطة الهواء الساخن في أفران خاصة للتجفيف حيث يقابل السكر الأبيض بتيار من الهواء الساخن في الجزء العلوي من الفرن ويتم تبريده في الجزء السفلي.

2.17- تتم عادة تعبئة السكر أوتوماتيكيا في أجولة سعة 50-100 كيلوجرام مبطنة من الداخل بالبولي ايثيلين لمنع تسرب الرطوبة .

3.17- قد يتم تنظيف السكر قبل تعبئته من الدقائق الناعمة التي تسمي غبار السكر كما قد يتم تصنيف السكر طبقا لحجم بللوراته بإمراره من خلال مناخل ذات ثقوب مختلفة الأقطار ، تصنف بللورات السكر إلي بللورات خشنة ومتوسطة وناعمة .

وقد يخزن السكر في صوامع جافة وعند الطلب والتسويق يعبأ في أكياس بالوزن المطلوب .

ويوضح شكل (17.1) خط سير العمليات الصناعية بمصانع سكر البنجر .

18- أنواع السكر

1.18- سكر متبلور Granulated ويوجد منه عدة أنواع :

1.1.18- سكر متبلور نقي Mineral water : يعتبر أنقي درجات السكر المتاحة تجاريا من حيث اللون وقلة محتواه من الرماد .

2.1.18- سكر متبلور Granulated : سكر أبيض أقل نقاء من النوع السابق ويستخدم في صناعة أنواع كثيرة من الحلوي وكذلك في الإستخدامات المنزلية ويمثل نسبة كبيرة من إنتاج السكر العالمي .

3.1.18- سكر متبلور للأغراض الصناعية Industrial granulated : ويتميز هذا السكر بلون داكن بسيط ويستخدم عندما يكون إستخدام السكر الأبيض غير ضروري في أنواع الحلوي الملونة أو في التوفي والفودج والشوكولاته ويقل سعره العالمي عن النوعين السابقين .

4.1.18- المكعبات Cubes : ويتم إنتاجه بترطيب السكر المحبب بحوالي 1% رذاذ ماء ثم يضغط إلي مكعبات ويجفف .

5.1.18- سكر Nibs : وهي عبارة عن سكر متبلور بأشكال مختلفة حيث يرطب السكر ويحول إلي كتل ثم تجفف وتكسر إلي أجزاء وأشكال معينة .

2.18- Caster:سكر أبيض بأحجام بللورات صغيرة للإستخدامات المنزلية والصناعية.

3.18- سكر البودرة أو الثلجي : ينتج السكر الثلجي (Icing sugar) بطحن السكر المتبلور ويفضل إجراء الطحن مرتين للحصول علي أعلي درجة جودة وعادة ماتضاف مواد لمنع التكتل Anticaking .

4.18- السكر السائل Liquid sugars : وتصل نسبة السكر في المحلول حوالي 75% حتي لاتحدث مشاكل ميكروبيولوجية ومن أهم مميزاته سهولة وسرعة إستخدامه ويعيبه زيادة وزنه وصعوبة تركيزه .

5.18- السكر البني Brown sugars : ويوجد منه نوعين ويتميز بنكهة طيبة ويتم استخدامه في بعض أنواع الحلوي إلا أنه يعيبه تباين درجة جودته .

6.18- المولاس : ينتج المولاس في مصانع سكر القصب فالمصنع الذي ينتج مليون طن سنويا ينتج أسبوعيا من 600-800 طن من المولاس ... وقد يستخدم المولاس في الإستهلاك البشري أو قد يستخدم كغذاء للماشية والصناعات التخميرية وإنتاج الكحول وحامض الستريك .. ويعتبر العسل الأسود Treacle مولاس نقي مخلوط بشراب سكر نقي .