

الباب الأول

تكنولوجيا صناعة السكر

1- تكنولوجيا صناعة السكر

مقدمة

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 حتى الآن أربعة مصانع لإنتاج السكر من البنجر السكري يبلغ متوسط إنتاج الواحد منها حوالي 100 ألف طن سنويا . أما صناعة السكر من القصب فهي صناعة قديمة في مصر ونجحت نجاحا كبيرا وأنتجت كوادرنية علي مستوي عالي تفخر بهم مصر ، حتى أنه يمكن إعتبار صناعة السكر من قصب السكر من الصناعات المتكئة في مصر والتي تصدر المعرفة الصناعية Know how إلي بعض الدول الأخرى ، 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 للماتل للبرودة ... أي يزرع البنجر في مصر في المناطق الشمالية وقصب السكر في المناطق الجنوبية.

ويوضح الجدول (1.1) إنتاج السكر الخام بالآلف 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 احتياجاتها من السكر مما يشير إلي أهمية توفير الظروف الملائمة للتوسع في إنتاج المحاصيل السكرية في الدول العربية . ومما هو جدير بالذكر أن مصر كانت حتى أوائل السبعينات من الدول المصدرة للسكر ، وبرغم أن إنتاج مصر يتزايد سنويا (جدول 1.1)

حتى وصل عام 1996 إلى حوالي 1410 ألف طن إلا أنه منذ بداية الثمانينات بدأ يستزايد 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 حتى أصبحت في حدود 550 ألف طن في السنوات الأخيرة . وتعزي هذه الفجوة في إنتاج السكر في مصر لزيادة عدد السكان وكذلك لزيادة معدلات الإستهلاك حتى عن المعدلات العالمية .

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

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

المصدر : الإحصاءات الزراعية العربية (1997) - المنظمة العربية للتسمية 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 إلى 85 مليون طن عام 1975 ويربو إنتاجه الآن عن 100 مليون طن .

أولا : صناعة إنتاج السكر من قصب السكر :

مقدمة

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

• الجنور الموجودة تحت سطح التربة وتبلغ نسبتها من النبات حوالي 13% (علي 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 القمة إلي القاعدة قرب سطح الأرض حتي تصل لحوالي 20% بينما تتراوح نسبة المواد السكرية بين 7 إلي 10% في الجزء القريب من القمة الطرفية . ويعتبر السكر المكون الرئيسي في القصب الناضج وتزداد نسبته أيضا في الساق في إتجاه القاعدة حتي تصل إلي حوالي 94% من نسبة السكريات الكلية بينما تتراوح نسبة السكر من السكريات الكلية في الأجزاء القريبة من القمة الطرفية من 30 إلي 50% . وتوجد في قصب السكر نسبة من السكريات الأحادية كالجلكوز والفركتوز ونقل نسبتها بزيادة عمر النبات حيث تمثل حوالي 4% من السكريات الكلية عندما يكون عمر النبات 6 شهور وعندما يصل عمر النبات إلي 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 ويوجد شرح بعض الخطوات الأخرى الأساسية وإيضاح الأسس العلمية لها للجزء الخاص بصناعة السكر من بنجر السكر تلاقيا 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 الخضم من المحصول والتي تقابل ما يحمله المحصول من شوائب ومواد غريبة من الأوراق والطين والحجر وتعرف هذه النسبة بالاستقطاع الطبيعي . وتشمل وزن المكونات الغريبة من الأوراق والتربة والتي لا يستخرج منها السكر .

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

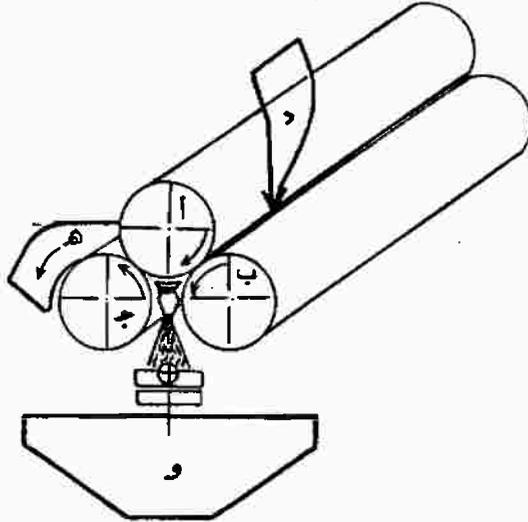
3- تقطيع القصب أو هرسه :

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 المصارات ، تتكون كل عصاراة 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 الأولى (ب) التي تتحرك حركة مضادة للإسطوانة (أ) ونتيجة للضغط يخرج جزء من العصير يتم إستقباله في خزان العصير (و) ، ثم تنقل

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



شكل (1.1) : رسم تخطيطي لمصارة قصب السكر

ويمكن ترطيب المصاص وإعادة عصره مرة أخرى 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 إلى 0.07 من وزن العصير لرفع رقم pH العصير ليتراوح بين 8 إلى 9 ثم يسخن العصير إلى درجات حرارة تتراوح بين 93-115 درجة مئوية ، أو قد يسخن العصير أولاً ثم يضاف إليه المقدار المناسب من الجير الحي دفعة واحدة أو على عدة دفعات . وعندما يتراوح pH العصير بين 8 إلى 9 تتكثف المكونات غير السكرية وتترسب . ويؤدي ارتفاع درجة الحرارة والوسط القلوي للعصير أثناء عملية الترويق إلى تحول نسبة من السكر إلى سكريات أحادية وتعتمد هذه النسبة على درجة الحرارة وطول فترة المعاملة فكلما زادت زادت نسبة تحول السكر .

و قد تستخدم أيضا أملاح الفوسفات الذاتية مع الجير الحي لرفع رقم حموضة (pH) العصير إلى حوالي 9-10 فتساعد على 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 على إختزال لون عصير القصب بعد الترويق .

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

7- المعالجة بغاز ثاني أكسيد الكربون (الكربنة Carbonation)

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

... وذلك لتلافي تسخين العصير للتركيز عندما تكون قلوئته عالية فيؤدي ذلك لزيادة معدلات تحلل وهدم السكروز إلى سكريات أحادية تمثل فاقدًا في الصناعة يجب تحاشيه .

8- تركيز العصير :

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

فعندما تكون درجة حرارة البخار الساخن 124 درجة مئوية ، وبافتراض أن تركيز

العصير 46 بركنس تكون نقطة غليانه 115.5 درجة مئوية وهي نفس درجة حرارة البخار

المشبع المنبعث من العصير ، ويكون الارتفاع عن درجة حرارة الغليان نتيجة الحفن

بالبخار $\Delta t_s = 1.7$ درجة مئوية فيكون الفرق بين درجة حرارة البخار الساخن

والعصير، من المعادلة السابقة

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

ولا يجب أن تتجاوز درجة حرارة وحدات تركيز العصير عن 125 درجة مئوية حتى لا يحدث تحطيم وتفكك للسكر عند الدرجات الأعلى من ذلك حيث يتحطم حوالي 0.5% من السكر عند التسخين على درجة حرارة 125 درجة مئوية لمدة ساعة واحدة أما بارتفاع درجة الحرارة إلى 130 درجة مئوية فيزداد معدل تحطيم السكر 4 مرات ويصل لحوالي 2% . وتؤدي الزيادة في تحطيم السكر 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 حتى لا يزداد معدل هدم السكر .

هذا وستتناول 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' :

مقدمة

يعتبر البنجر السكري *Beta vulgaris saccharifera* المحصول الرئيسي الوحيد الذي لم يزرع في عصور ما قبل التاريخ فهو من صنع وإنتاج علم تربية النبات . ويتميز جنور البنجر السكري بإحتوائها على نسبة مرتفعة من السكر قد تصل في بعض الأصناف إلى ما يربو على 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 ثنائي 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 التصديديات 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 .

وستتناول 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 الإمتقطع الطبيعي والإمتقطع الكيماوي . حيث يجري المعمل علي عينة البنجر بعض الإختبارات الأولية أهمها علي سبيل المثال لا الحصر :

1.2.1- تحسب النسبة المئوية للمواد الصلبة الذاتية (البركس) في 100 سم³ أو 100 جم من العصير وتحل القراءة عند 20 درجة مئوية .

2.2.1- تحسب النسبة المئوية للسكر في العصير وتقدر عادة بواسطة جهاز البولاريميتير ، حيث يؤخذ 50 مل من العصير ويوضع في بورق سعته 200 مل .

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

* تملأ أنبوبة الإستقطاب الخاصة بالبولاريميتير بالرائح ويقرأ التدرجج . 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 بولاريميتير) هو الوزن من السكر في 100 مل من الماء المقطر الذي يعطي قراءة بولاريميتريته مقدارها 100 عندما يكون طول أنبوبة الجهاز 20 سم .

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

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

4.2.1- تحسب نقاوة العصير كنسبة مئوية من النسبة المئوية للسكر في مقسومة علي النسبة المئوية للمواد الصلبة الذاتية 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:

$$\text{المعامل} = 100 - (\text{نسبة الألياف} + \text{نسبة الإستقطاعات الطبيعية} + \text{نسبة الماء})$$

6.2.1- يمكن حساب نسبة الجلوكوز أيضا كما درست في مقرر تحليل الأغذية

ومنها يحسب معامل الجلوكوز الذي يساوي

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

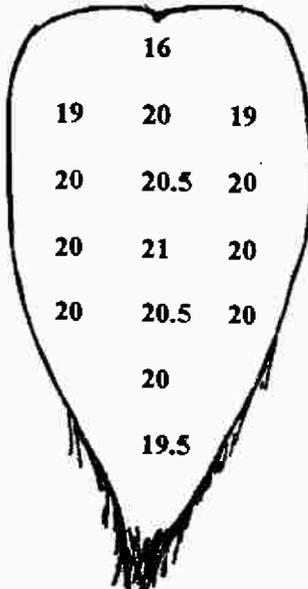
كذلك تذكر في المعمل % للرماد ، % للألياف ، وبعض الإختبارات الأخرى

ستعرف عليها عند زيارتك لمصنع إنتاج السكر .

وفيما يلي جدولاً يوضح التركيب الكيميائي التقريبي لجذور البنجر (محصوبا على

أساس الوزن الرطب) . كذلك يوضح شكل (2.1) التوزيع التقريبي للسكر في جذور

البنجر السكري .



شكل (2.1): التوزيع التقريبي للسكر في البنجر السكري

جدول (2.1): التركيب الكيميائي التقريبي لجذور البنجر (محصوبا على أساس الوزن الرطب).

المكونات	النسبة المئوية
المواد الصلبة الكلية	25.00-21.00
السكر	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

2- تفريغ محصول البنجر من وسائل نقله :

بعد أخذ عينة المعمل يتم تفريغ محصول البنجر بالطريقة الجافة باستخدام 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 باستعمال رشاش قوي من الماء يوجه إلى البنجر فيسقطه في مجري مائي مبطن بالخرسانة ومنحنى انحناءا بسيطا لمساعد علي سريان حركة البنجر إلى إتجاه موقع السيور الرافعة للبنجر (شكل 17.1) ، وقبل الرفع مباشرة يتم تنظيفه بمروره علي :

1.3- صانعات الحجارة Rock-catchers :

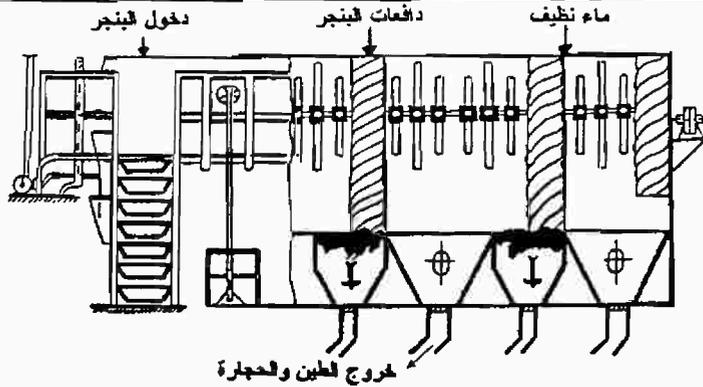
وهي عبارة عن جزء عميق في المجري المائي يمرر من تحته تيار قوي من الماء بحيث يمنع سقوط البنجر في الحفرة أما الحجارة الأثقل فتسقط في الحفرة ويمكن تنظيف الحفرة باستمرار في نهاية اليوم .

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 اللقاة عكس إتجاه سريان الماء والبنجر فتلتصق الأوراق بالماسكات التي ترفعها لأعلي وتلقوها إلى الجانب الخلفي وهناك ماسكات أخرى لالتقاط العروش الطويلة .

3.3- غسيل البنجر Beet wash :

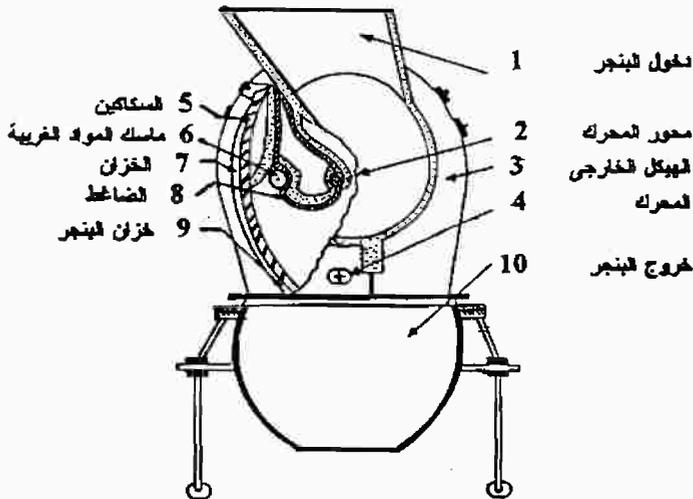
بعد تنظيف البنجر من الحجارة والأوراق والعروش أثناء مروره في المجري المائي ينقل البنجر بالسيور الرافعة الي غسالة البنجر (شكل 3.1) حيث يدخل ماء الغسيل من أسفلها بقوة ضغط عالية ويسير عكس إتجاه سير البنجر لإزالة الطين والأوساخ المختلفة الملتصقة بجنود البنجر . وقد ينقل البنجر إلى مرحلة غسيل تالية حتي تمام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



شكل (3.1) : غسالة البنجر

4- تقطيع البنجر :

ينقل البنجر المغسول بواسطة سيور متحركة لتصفية مياه الغسيل إلى أجهزة التقطيع وهي عبارة عن إسطوانة تدور على محور عمودي وتثبت داخلها السكاكين بشكل أفقي فيقطع البنجر إلى شرائح رقيقة السمك (انظر شكل 4.1) .



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

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

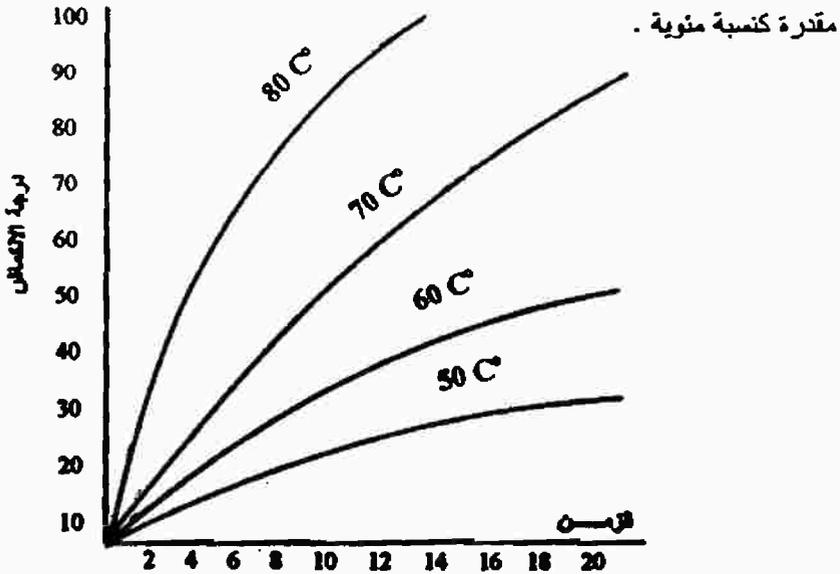
5- استخلاص السكريات :

1.5- مقدمة :

يعتمد استخلاص العصير السكري من خلايا البنجر على ظاهرتي الانتشار *diffusion* والاسموزية *osmosis* للحصول على أكبر كمية ممكنة من السكر الموجود في شرائح البنجر بنقاوة عالية وتركيز مناسب . ويعتبر استخلاص العصير السكري عملية ميكانيكية بحتة تتضمن مجموعة من العمليات الفيزيائية .

فالحصول على السكر المذاب داخل خلايا البنجر لا بد أن يفضح الغلاف البروتوبلازمي للخلايا العصير الذي بداخله وذلك بتأثير حرارة الإستخلاص التي تسبب انكماشاً للخلايا ، ويلتفح درجة الحرارة تموت الخلايا فيحدث تغير في طبيعة جدرانها فلا تستطيع الاحتفاظ بالسوائل في داخلها وتتضحها لخارجها . كذلك يسبب فرق التركيز بين داخل الخلايا الأعلى تركيزاً في السكر وخارجها الأقل تركيزاً بانتشار وانتقال (تفاذ) السكر من داخل الخلايا إلى خارجها .

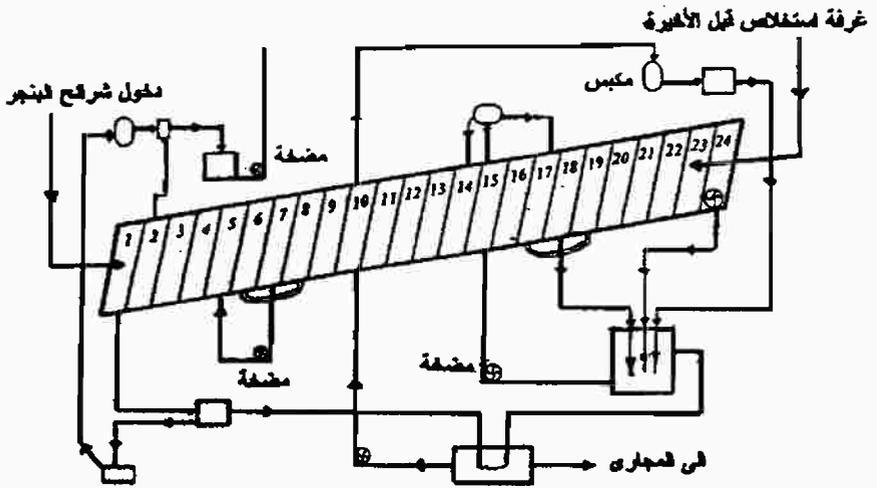
ويوضح شكل (5.1) تأثير درجات الحرارة والزمن على درجة انكماش الخلايا



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

2.5- أجهزة إستخلاص السكر من شرائح البنجر :

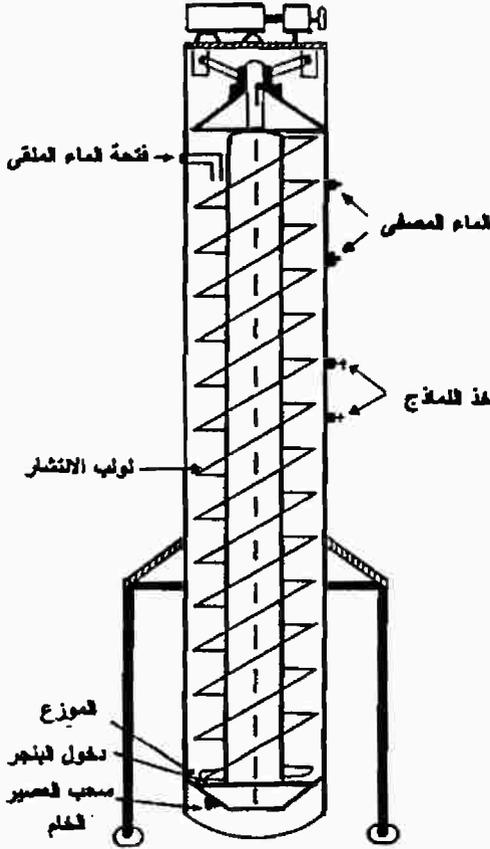
توجد تصميمات عديدة من أجهزة استخلاص العصير السكري من شرائح البنجر فهناك نوع من أجهزة الإستخلاص علي شكل متوازي مستطيلات مفتوح من طرفه الأعلى وفي وضع مائل ومقسم الي حوالي 24 غرفة . تدخل شرائح البنجر من الغرفة الأولى السفلية وتسير باتجاه الغرفة العلوية (رقم 24) مرة بالغرف الأخرى (من 2 الي 23) مسبحة ضد تيار الماء المهبط من الغرفة الأخيرة (رقم 24) في إتجاه الغرفة الأولى التي تدخل منها شرائح البنجر ، فيخرج تيار الغرفة الأولى السكر المذاب . وتقل شرائح البنجر من الغرفة الأولى الي الغرفة 24 أذرع ناقله تتحرك علي محور أفقي علي إمتداد الحوض تدور بسرعة بطيئة تبلغ من 3 الي 4 دورات في الدقيقة . وعادة يبلغ طول الحوض حوالي 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 المستخلص حوالي 125-130% من وزن البنجر .



شكل (6.1) : رسم تخطيطي لأحد أجهزة إستخلاص السكر من شرائح البنجر
كما توجد أنواع أخرى من أجهزة الإستخلاص علي شكل أبراج عمودية يتكون إحداها من ثلاثة أقسام رئيسية ... حوض الفصل ، منطقة للمزج أو الخلط ، ويرج

الانتشار (التفافذ) (شكل 7.1) . ويتم استخلاص العصير السكري من شرائح البنجر في

هذه الأبراج بالطريقة التالية :



• بعد تقطيع البنجر إلى شرائح في وحدة التقطيع تتكّل الشرائح بواسطة ناقل ميزاني (تحديد مقدار البنجر المستهلك يوميا) . إلى حوض المزج وفيه تمزج الشرائح مع كمية من عصير البنجر الساخن لتسخين شرائح البنجر إلى الدرجة المطلوبة (حوالي 85 درجة مئوية) .

• يدفع المزيج (عصير البنجر الساخن مع عصير البنجر المستخلص من الشرائح) بواسطة مضخة إلى أسفل البرج حيث يجمع بعد مروره على سطح منخلي ويجمع في خزان العصير الخام .

• أثناء صعود الشرائح لأعلى المبرج بواسطة حزام حلزوني فإتبا تقابل من الأعلى تيارا من الماء النقي تصل درجة حرارته لحوالي 70-75 درجة مئوية ورقم pH يتراوح بين 5.5 إلى 6.0 .

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

• بعد إتمام عملية الإنتشار تخرج شرائح البنجر من فتحة سفلية في جهاز الإستخلاص .
• تتكّل الشرائح بعد استخلاص العصير السكري منها إلى وحدة الكبس أو العصر حيث تكبس الشرائح فوخرج منها عصير سكري نسبة السكر فيه منخفضة وتخرج للشرائح المكبوسة من الطرف السفلي . تتراوح نسبة الماء في الشرائح للمكبوسة بين 6-8% فقط وتستهمل 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 مداخلها 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 :

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

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 تبقى فيها شرائح

البنجر في تماس مع محلول الإنتشار وبتزايد هذه المدة يزداد مقدار السكر في العصير

تدريجيا ويتساوي تركيزه في كل من الشرائح وعصير البنجر . وتستغرق عملية الإنتشار

حوالي 60 دقيقة ، وبتزايد 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 كالأملح 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 لا تؤثر 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 غروية . تؤدي التفاعلات الأيونية إلي معادلة حموضة العصير وتكوين أملاح الكالسيوم غير الذائبة وتكون هذه التفاعلات بسيطة وسريعة أما التفاعلات الغروية 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 إلى 70 درجة مئوية وكلما ارتفعت درجة الحرارة قل الزمن اللازم لعملية الترويق وبذلك يتراوح زمن الترويق من 23 إلى 7 دقائق على التوالي.

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

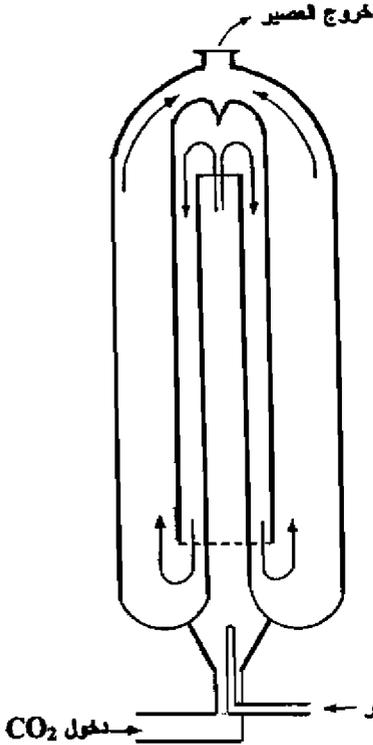
1.6- الترويق الأولي Preliming

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 أخرى من الجير الحي بعد إتمام مرحلة الترويق الأولي التي تعمل على معادلة حموضة العصير وترسيب البروتينات والبكتينيات على هيئة أملاح كالسيوم ، فزيادة الجير الحي تزداد قاعدية العصير وتصل قيمة pH من 10.6 إلى 11 وهو الوسط المناسب لتكثف المكونات الغروية العالقة وتكوين المعقدات البروتينية والبكتينية والتي أثناء ترسيبها تحجز بين جزيئاتها نسبة أخرى من المركبات العالقة . ويمكن في عملية الترويق الرئيسي إضافة الجير الحي أو الجير المطفأ سواء على دفعات أو قد يضاف دفعة واحدة .

7- عملية الكربنة الأولى First carbonation process



شكل (8.1): مرسل الكربنة الأولى
بغاز CO_2

تهدف عملية الكربنة الأولى (الإشباع بغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2) إلى 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 . وإجراء عملية الكربنة بصورة مرضية يجب أن يؤخذ في الاعتبار مايلي :

1.7- ضرورة توزيع الغاز في العصير بصورة متجانسة

2.7- زيادة ضغط الغاز داخل العصير لإتمام التفاعل

3.7- إطالة زمن صعود فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون

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

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

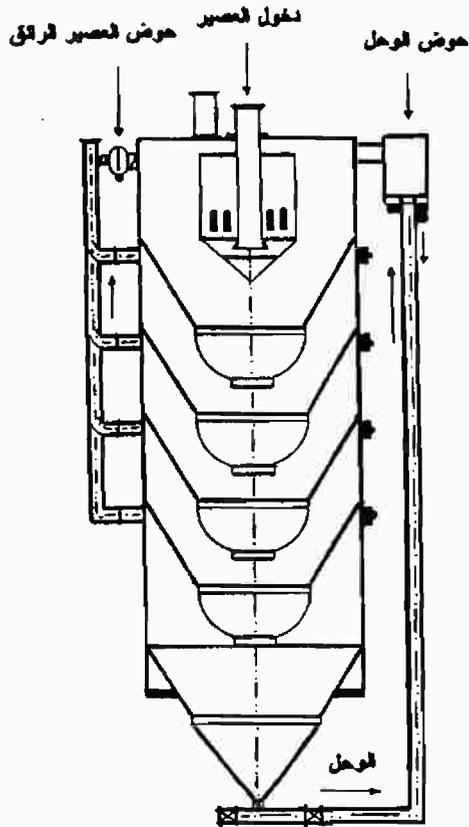
8- عمليات الترويق والترشيح :

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

1.8- عملية الترويق

توجد عدة تصميمات لأجهزة الترويق يتكون أحدها من برج إسطوانتي ذي نهاية مخروطية وينقسم البرج الإسطوانتي إلى عدد من الغرف المخروطية (شكل 9.1) . ويفضل في عملية الترويق أن يكون دخول العصير من أعلى البرج وخروجه من أسفل دون استخدام 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 إلى الإقتصاد في استهلاك أقمشة الترشيح كذلك يقل استهلاك 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 الأولى وقبل إجراء عملية الترشيح .



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

2.8- عملية الترشيح :

يرسل العصير بعد الترويق إلى وحدة الترشيح ويفضل في تصميم المصنع أن تطلو وحدة الترويق وحدة الترشيح بحيث يهبط العصير السكري تلقياً بهدوء إلى وحدة الترشيح دون إثارة تيارات دوامية تعيد تكبير العصير . وتعتمد كفاءة عملية الترشيح على :

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 احتمال تسرب الدقائق الناعمة من المرشح كما تؤدي لسرعة إستهلاك أقمشة الترشيح .

ويتكون جهاز الترشيح بوجه عام من إطارات متوازية تغطي بقماش الترشيح الذي يضح 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 ، يغلغ صمام دخول العصير ويدفع العصير الباقي إلي الخارج بواسطة تيار من الهواء المضغوط أو البخار . وتبدأ بعد ذلك عملية غسيل الطبقة المترسبة بالماء الدافئ (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 أخرى .

9- عملية الكربنة الثانية Second carbonation process

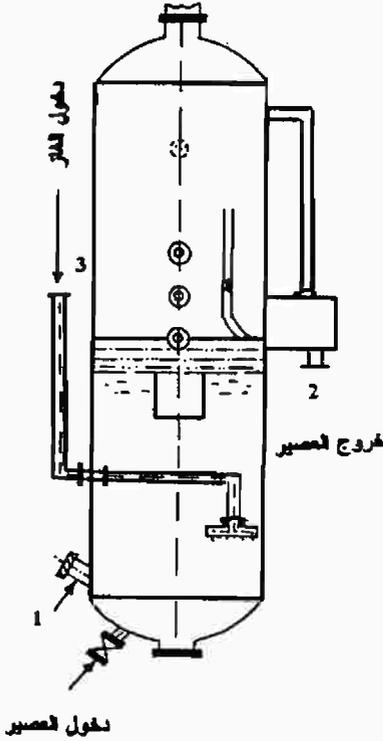
يدخل العصير المرشح رانقا قبل دخول وحدة الكربنة الثانية حيث يعامل مرة ثانية بغاز ثاني أكسيد الكربون لتحقيق هدفين رئيسيين :

1.9- تحويل بقايا هيدروكسيد الكالسيوم المذاب في العصير بعد الكربنة الأولى إلي



2.9- تحويل باقي الهيدروكسيدات

القلوية الذائبة خاصة هيدروكسيد البوتاسيوم
إلى كربونات



ويحتوي عصير البنجر على قلوية طبيعية ترتبط بنوعية البنجر ويكون مصدر هذه الأملاح القلوية هو التربة وتنتقل هذه الإملح القلوية لجذور البنجر أثناء نموها .

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

وبعد تمام الكربنة الثانية يتم سحب العصير إلى وحدتي ترشيح لإتمام عملية الترشيح (أنظر شكل 17.1 عن خط سير العمليات الصناعية في أحد مصانع إنتاج السكر من البنجر) وفصل كافة البقايا الصلبة خاصة بعد عملية الكربنة الثانية (شكل 10.1) .

شكل (10.1): مرجل الكربنة الثانية

بغاز CO_2

10- التبادل الأيوني Ion exchange

قد تستعمل المبادلات الأيونية في صناعة السكر بعد عمليات التنقية والتفويق والإشباع حيث يحتوي العصير المخفف على نسبة زائدة من أيونات الكالسيوم التي تسبب مشاكل في وحدات التبخير والطبخ وإنتاج المولاس .

ويعبأ المبادل الأيوني براتجات قد تحمل مجاميع حامضية كالسلفونيل أو الكربوكسيل وعندئذ تعرف براتجات التبادل الأيوني الموجب Cation exchange resin وبراتجات تحمل مجاميع قاعدية كالمجاميع الأمينية أو الهيدروكسيلية فتعرف براتجات التبادل الأيوني السالب Anion exchange resin . وتزيل راتجات التبادل الأيوني الموجب الأيونات الموجبة كالكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ، وتزيل راتجات 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 SO₂ :

بعد عمليات التنقية والترويق والكربنة والتبادل الأيوني يصبح لون العصير أصفر ذهبي وتبلغ درجة نقاوته من 92-94% . وتعتمد درجة نقاوة البنجر على طبيعة البنجر وجودته وكيفية سير المعالجات الكيميائية والفيزيائية . وحقبة تبدأ عملية ازالة الألوان في أجهزة التبادل الأيوني وتستكمل بإستخدام غاز SO₂ (انظر شكل 17.1).

تجري عملية ازالة الألوان بواسطة غاز SO₂ في وحدة أنبوبية الشكل طولها حوالي مترين (شكل 17.1) حيث يمرر العصير الرائق في هذه الوحدة ويضخ معه تيار من غاز SO₂ . وعندما تكون هناك أملاح من الكالسيوم في العصير يتفاعل معها غاز SO₂ مكونا كبريتات الكالسيوم الذائب والذي يؤدي لتكوين راسب على مراحل 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 إلى 15% بمتوسط حوالي 14% مع درجة نقاوة تتراوح بين 92 إلى 94% . ويكون لونه في الظروف الطبيعية أصفر فاتح رائق . ويحصل من كل 100 كجم من البنجر على حوالي 115-130 كجم من العصير . ولبدء الحصول على

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

* إذا افترضنا أن مقدار ما يستهلكه المصنع حوالي 1500 طن من البنجر يوميا يصبح مقدار العصير الخام الناتج بعد كافة العمليات السابق الإشارة إليها بما فيها غسل راسب المرشحات بالماء النقي حوالي $1500 \times (130/100) = 1950$ طن بمتوسط تركيز حوالي 14 برقس . وللحصول على عصير مركز بتركيز حوالي 65 برقس 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 :

$$W = 1950 [1 - (14/65)]$$

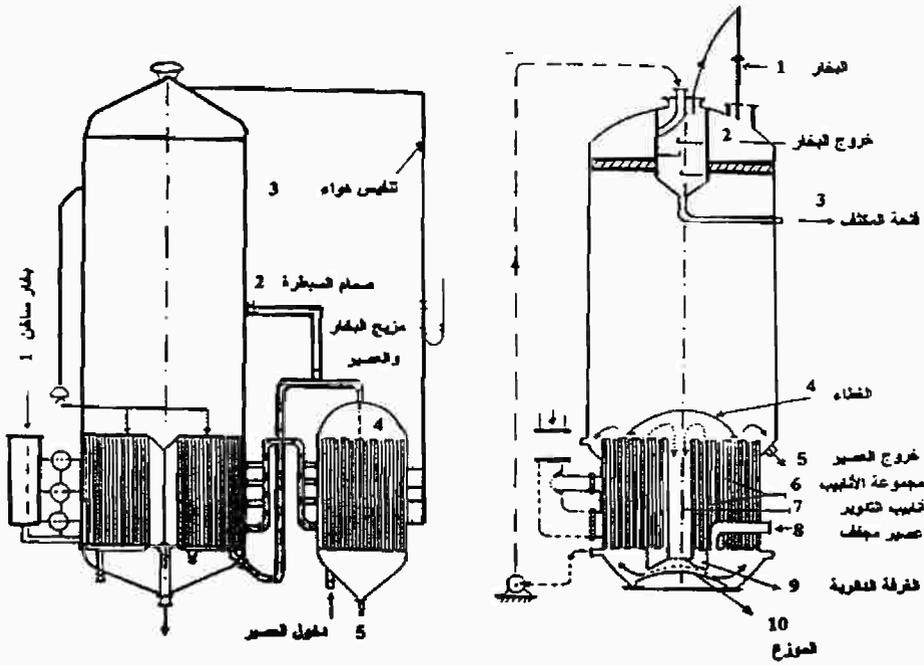
$$= 1530 \text{ Tons}$$

ولتبخير كمية من الماء مقدارها 1530 طن يحتاج المصنع إلى 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 على عدة مراحل تبدأ في المبخر الأول بالبخار القادم من وحدة الطاقة المركزية على حوالي 130 درجة مئوية ثم يسخن المبخر الثاني بالبخار الخارج من المبخر الأول ويسخن المبخر الثالث بالبخار القادم من المبخر الثاني وهكذا تتوالي العملية حتى تصل درجة الحرارة في المبخر الأخير إلى حوالي 70 درجة مئوية ويسمح التفريغ في هذا المبخر بتبخير ماء العصير المركز على 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 أنابيب التبادل الحراري بين البخار الساخن والعصير لإسراع عملية تسخين العصير وتبخير مائه في وقت مقبول .

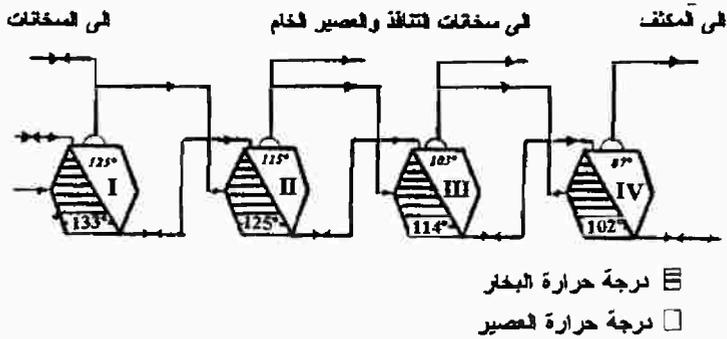


شكل (11.1) : مبخر السير المباشر شكل (12.1): المبخر التثاقلي (مبخر كلاسن)

• أما الشكل (12.1) فيمثل تصميمًا لمبخر يعرف بمبخر كلاسن وهو عبارة عن مبخرين مرتبطين ببعضهما ينتج من المبخر الجانبي الصغير مزيجًا من البخار والعصير الذي يدفع من تحت الغرفة الساخنة إلي المبخر الثاني الرئيسي . وعن طريق صمام فسي

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 المبخر الأخير فيحدث هبوط للضغط وينخفض ثم تفتح صمامات تنقيس الهواء والفترات .

• 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 أسس تركيز العصير في كل مبخر حيث يزداد تباعاً في اتجاه المبخر الأخير .

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

• ويلاحظ من الشكل (13.1) انخفاض درجة الحرارة تدريجياً بين مختلف المبخرات وكذلك ضغط البخار الساخن ففي المبخر الأول يكون ضغط البخار الساخن متراوحاً 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 تدريجياً لتصبح 115 ، 103 ، 87 درجة مئوية (في المبخر الرابع) .

3.12- اقتصاديات استهلاك الطاقة في مصانع السكر

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

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

1.3.12- إستغلال حرارة الماء المتكثف في وحدة التبخير من خلال المبادلات الحرارية فمثلاً إذا سخن العصير الخام إلى درجة 35 درجة مئوية بواسطة حرارة الماء المتكثف يمكن التوفير في كمية البخار المستهلك بمقدار 60 كجم بخار/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 فتتخفض 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 فسترة 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 برنس .

4.4.12- يجب أن يكون العصير المركز راتقا 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 إلى 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 الانفصال .

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

وتتكون مراحل الطبخ تحت تفريغ عادة من قسمين رئيسيين : غرفة الطبخ ، غرفة التسخين . وتجري عملية الطبخ عادة على 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 مراحل الطبخ من المثال التالي :

• إذا ما كان إستهلاك المصنع حوالي 1500 طن من البنجر يوميا تنتج كميات من صور العصير المركز المشار إليها 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) فتتمثل حوالي 6.5% من وزن البنجر .

• وبذلك تكون سعة مراحل الطبخ اللازمة للعصير المركز البكر (أ) حوالي
 $1500 \times (33/100) = 495$ طن / 24 ساعة .

• أما سعة مراحل طبخ العصير المركز "ب" فتبلغ حوالي $1500 \times (15/100) =$
225 طن / 24 ساعة .

• وتبلغ سعة مراحل طبخ العصير الأخضر "جـ" حوالي $1500 \times (6.5/100) =$
97.5 طن / 24 ساعة .

وتستغرق فترة طبخ العصير المركز (أ) تحت تغريغ (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 للمراحل $= 495 \times (6/24) =$ حوالي 124 طن / 6 ساعات .

ويمكن تقسيم هذه الكمية علي 3 مراحل 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 لمراحل طبخ العصير المركز (ب) $225 \times (9/24) =$ حوالي 84 طن . ويمكن أيضا تقسيمها علي مرحلتين سعة الواحد منها حوالي 45 طن أيضا .

• أما العصير الأخضر (جـ) فيحتاج لحوالي 16 ساعة للطبخ فتكون السعة المطلوبة للمراحل $97.5 \times (16/24) = 65$ طن . ويمكن تقسيمها علي مرحلتين 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 الفالدة وإعاقة ظهور البللورات .
- 3- أن تتم عملية الطبخ تحت تغريغ بحيث يكون الضغط داخل مراحل 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 إلى 1.3 .
- 5- أن تكون لزوجة العصير أقل مايمكن لتسمح بسهولة تكوين البلورات بعد ذلك .

2.13- التبلور

بعد تمام الطبخ يسحب العصير المركز الساخن (80-85 درجة مئوية) فوق المشبع إلى 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 البلورية

3- نمو الأنوية إلى بلورات

ويمكن الوصول لحالة فوق التشبع بالتبخير ، أو التبريد (فيقل معدل نوبان السكر) ، أو بإضافة عامل الترسيب . ويتم عادة في مصانع السكر الوصول لحالة فوق التشبع وبدء تكوين البلورات بإضافة بلورات سكر ناعمة تعرف بالبذرة Seeding مع إجراء عملية تبريد ، ذلك لأنه في المحلول فوق المشبع الذي لا تصاف إليه بلورات يكون تأثير التبريد سريعا وفي هذه الحالة لا يمكن السيطرة على عملية تكوين الأنوية ونموها بالمعدلات المرغوبة .

ويمكن التعبير عن درجة فوق التشبع بالعلاقة التالية :

$$S = C/C_1 \quad \text{حيث } S = \text{درجة فوق التشبع}$$

$$C = \text{تركيز المحلول السكري}$$

$$C_1 = \text{تركيز المحلول المشبع عند نفس درجة الحرارة}$$

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 على قابلية المحلول لتكوين بلورات . وتعتبر درجة فوق التشبع مقياسا لمعرفة طبيعة محلول السكر .

وتقدر قابلية السكر للنوبان (L) في درجة حرارة معينة ... بمقدار السكر المذاب

$$L = Z/W \quad \text{في حجم أو وزن معين من الماء (W) وتحسب هذه القابلية من النسبة } L = Z/W .$$

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 وبانخفاض درجة الحرارة إلى 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 .

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

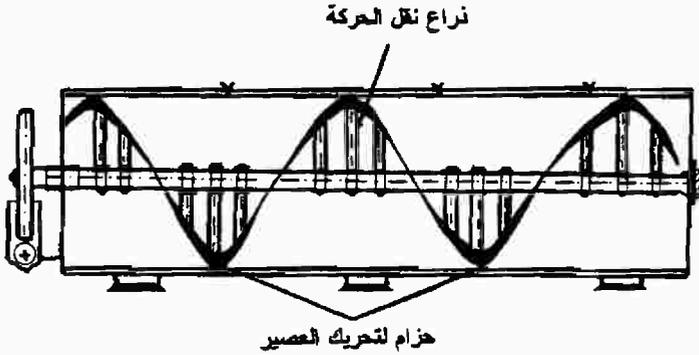
إذا ماتم تبريد محلول سكري مشبع عند 80 درجة مئوية إلى 20 درجة مئوية علي سبيل المثال (من الجدول السابق) يمكن بلورة حوالي (3.8-2.01) 1.79 جم من السكر وتكون درجة فوق التشبع $S = C/C_1 = 3.8/2.01 = 1.89$.

وتؤثر علي عملية بلورة السكر في محاليله فوق المشبعة عدة عوامل أهمها وجود مواد غريبة قد تعيق عملية التبلور مثل وجود ملادة 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

حتى يتم تكوين النويات والبلورات . ويوضح الشكل (14.1) تصميمًا لنوع من أحواض التبلور حيث يحتوي الحوض علي حزام لرج وتحريك العصير المركز فوق المشبع بطريقة تموجية تساعد علي تكوين البلورات .



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 في هذه الأحواض من 2-3 ساعات .
- 2- أحواض تبريد وتبلور للعصير المركز 'ب' (المعاد طبخه) وتستغرق عملية التبلور في هذه الأحواض 6-8 ساعات .
- 3- أحواض تبريد العصير الأخضر (ج) المطبوخ . وتستغرق عملية التبلور في هذه الأحواض حوالي 70 ساعة .

14- فصل بلورات السكر :

• يتم فصل بلورات السكر من محاليله فوق المشبعة بسحبها من أحواض التبريد والتبلور إلي أجهزة الطرد المركزي Centrifuges . وتغسل بلورات السكر المتجمعة

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

* أما المصير السكري الخارج من أجهزة الطرد المركزي بعد فصل بلورات السكر فيعاد طبخه على درجة 80 درجة مئوية حتى يصل ثابئة لدرجة فوق التسبيع (S = 1.25 - 1.30) ثم يبرد المصير المركز (ب) في أحواض التبلور مع المزج لفترة تتراوح بين 6-8 ساعات وحتى تصل درجة الحرارة إلى 50-60 درجة مئوية فيطرد مركزيا لفصل بلورات السكر منه .

* يعرف الراشح (المسكوت) بعد طبخ المصير المركز (ب) وفصل بلورات السكر منه بالمصير الأخضر (ج) ، الذي ينقل بدوره إلى مراحل طبخ الناتج النهائي . وتكون نقاوة المصير الأخضر منخفضة ويحتاج لمدة طويلة للطبخ قد تصل إلى 16 ساعة إلى أن يصل لدرجة فوق تسبيع حوالي 1.6 فيخفف بالماء تدريجيا لتصبح درجة التسبيع بين 1.30 إلى 1.35 عند درجة حرارة 60 درجة مئوية .

1.14- أجهزة الطرد المركزي :

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

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

فإذا عدنا للمثال السابق المفترض فيه أن المصنع يستهلك 1500 طن من البنجر يوميا وكانت كمية المصير المركز (أ) 495 طن عند الطبخ وبعد الطبخ يفقد حوالي 8% فتصبح كميته حوالي 455 طن . وفصل بلورات السكر من هذا المصير المركز المطبوخ (أ) يستغرق أقل من 5 دقائق في جهاز الطرد المركزي فتكون عند 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) -

455

سعة الوحدة (0.5 طن) $\times 12$ مرة في الساعة $\times 22$ ساعة تشغيل في اليوم
= حوالي 3.4 وحدات أي 4 وحدات سعة الوحدة 0.5 طن .

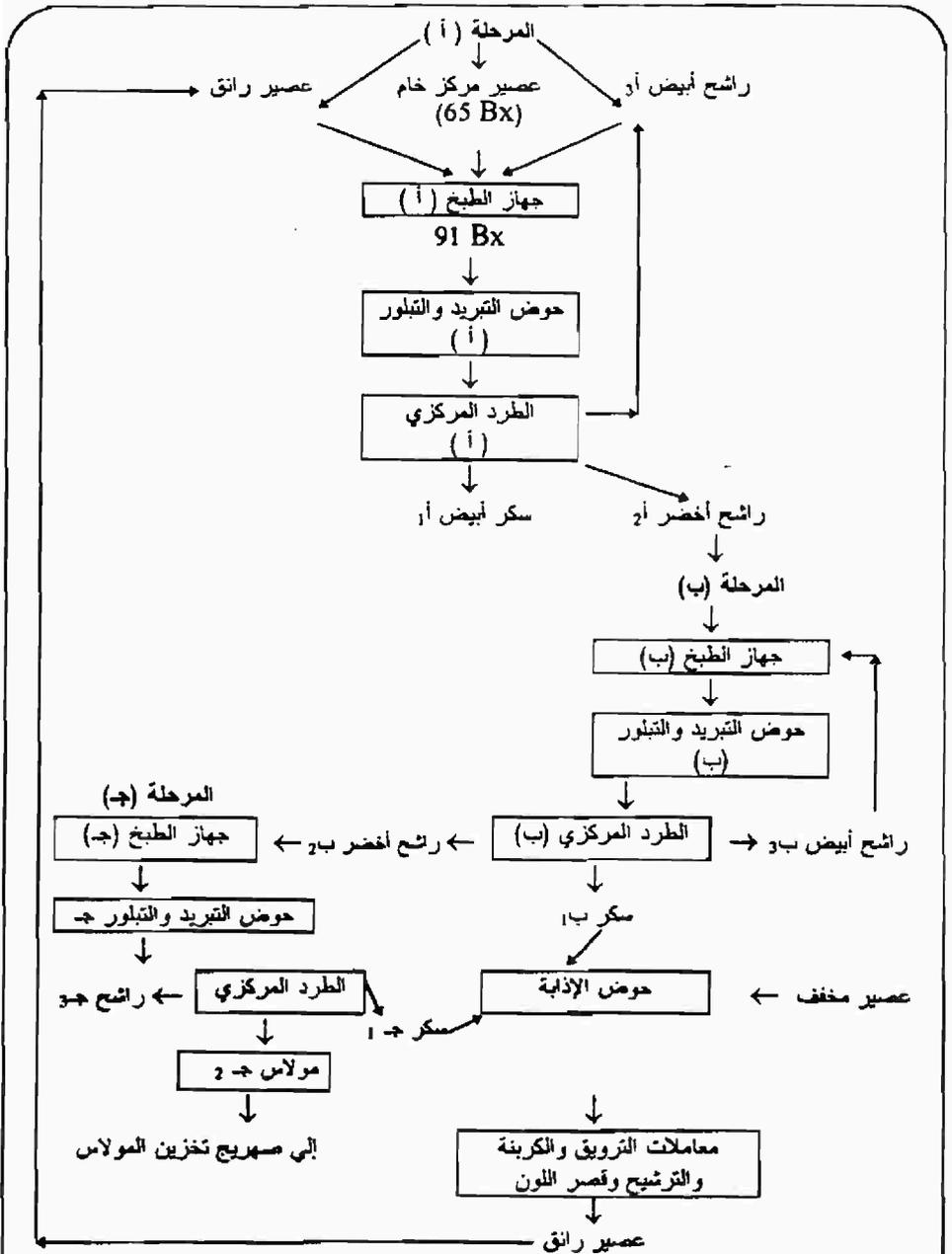
ويمكن بنفس الطريقة حساب عدد أجهزة الطرد المركزي اللازمة للعصير المركز (ب) وللعصير الأخضر (ج) ، وتجدر الإشارة إلى صعوبة فصل بللورات السكر من العصير الأخضر (ج) فوق المشبع وذلك تكون عدد مرات تشغيل جهاز الطرد المركزي في الساعة 4 مرات فقط بدلا من 12 مرة في حالة العصير فوق المشبع (أ) .

15- إنتاج السكر الأبيض :

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

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

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



شكل (15.1) : رسم تخطيطي لإنتاج السكر الأبيض بثلاثة مراحل

2.15- ويطبخ في المرحلة 'ب' كل من المسكويث (الراشح) الأخضر (2 أ) والراشح الأبيض (ب3) 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 المطفا حتى 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 CO₂ لإزالة الجير الزائد غير المتفاعل وحتى تصل للقاعدية إلى 0.02% كأكسيد كالسيوم . ويسمى هذا العصير بالعصير الرائق ويرسل إلى مراحل الطبخ (أ) .

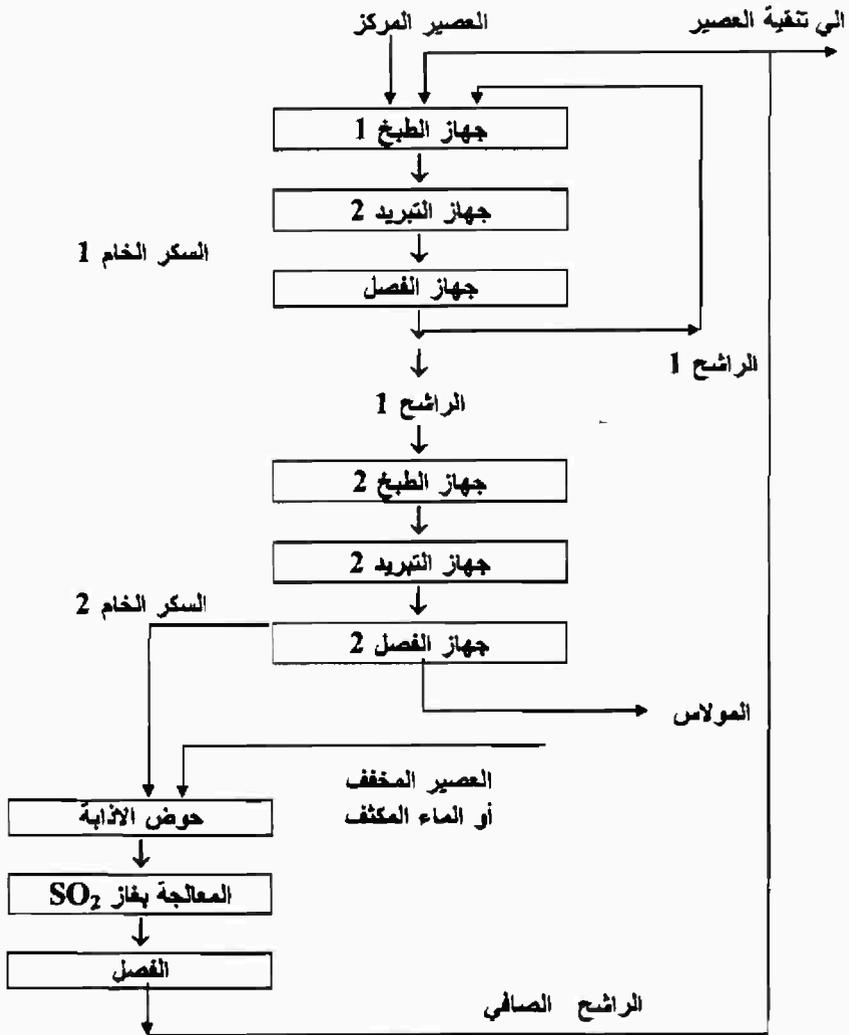
3.15- أما في المرحلة الثالثة (جـ) فيطبخ العصير الأخضر (جـ) وتصل بلوراته ويرسل المولاس (الراشح) إلى وحدة تخزين المولاس (شكل 17.1 خط سير العمليات الصناعية في مصنع السكر) . وبللورات السكر الناتجة في هذه المرحلة تكون بنية اللون وترسل إلى حوض الإذابة حيث تذاب في الراشح الأخضر الناتج من (ب) ، ويرسل المحلول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

16- إنتاج السكر الخام :

عادة لا تتجاوز فترة إنتاج البنجر واستهلاكه في تشغيل مصانع السكر في كثير من الدول المنتجة له عن 90 يوما لذلك يتم تشغيل بعض المصانع بالطاقة الإنتاجية القصوى 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 على مدار العام.

وبللورات السكر الخام هي بللورات السكر المستخلصة من عصير البنجر الداكن ويحزي لونها الأصفر إلى التصاق طبقة رقيقة من عصير السكر على بللوراته .

ويتم إنتاج السكر الخام عادة على مرحلتين (انظر 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 أحياناً 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 إلى أحواض التبريد والتبلور وتستغرق هذه العملية حوالي 48 ساعة أما إذا كانت هذه الأحواض مزودة بنظام تبريد تستغرق تلك العملية حوالي 24 ساعة فقط .

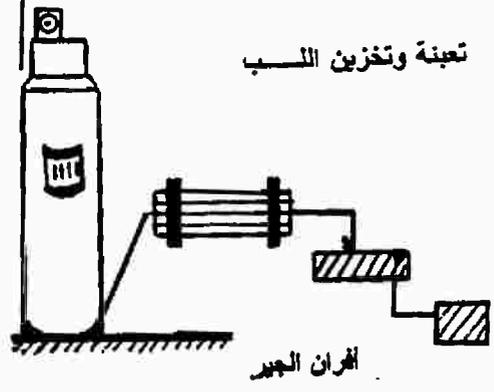
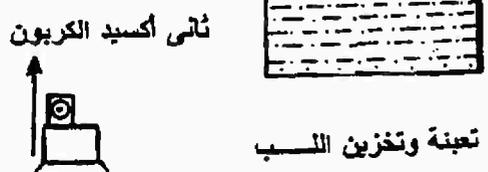
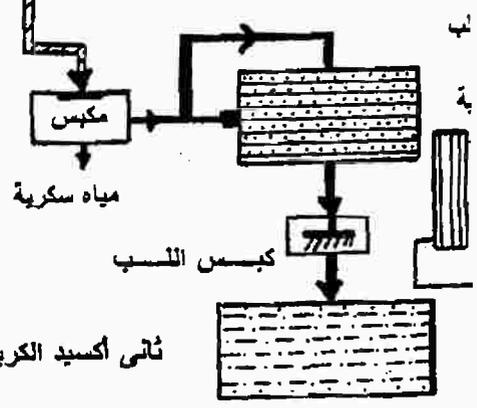
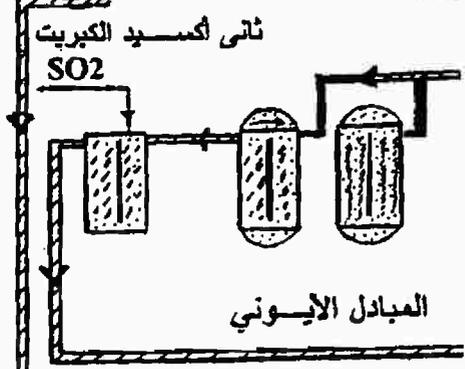
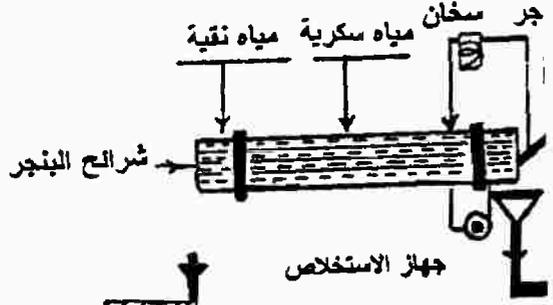
* تفصل بللورات السكر الخام الثاني بالطرد المركزي .

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

جدول (4.1) : نسب مكونات السكر الخام الأول والثاني

نوع السكر	% للمكروز	% 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 .



17- تجفيف السكر وتعبأته :

1.17- يجب تجفيف السكر الأبيض بحيث لا تتجاوز نسبة الرطوبة به 0.02% ويتم 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 مبطننة من الداخل بالبولي إيثيلين لمنع تسرب الرطوبة .

3.17- قد يتم تنظيف السكر قبل تعبئته من النقاىق الناعمة التي تسمى غبار السكر كما قد يتم تصنيف السكر طبقا لحجم بللوراته بإمراره من خلال مناخل ذات نقوب مختلفة الأقطار ، تصنف بللورات السكر إلى بللورات خشنة ومتوسطة وناعمة .

وقد يخزن السكر في صوامع جافة وعند الطلب والتسويق يعبا 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 أنقى 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 والشكولاته ويقل سعره العالمي عن النوعين السابقين .

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

5.1.18- سكر Nibs : وهي عبارة عن سكر متبلور بأشكال مختلفة حيث يربط السكر ويحول إلى كتل ثم تجفف وتكسر إلى 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 أعلى 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 التخمرية وإنتاج الكحول وحامض الستريك .. ويعتبر العسل الأسود Treacle مولاس نقي مخلوط بشراب سكر نقي .