الفصل الثامن

تكرير السكر

* مقدمة
* خَطوات التكرير
  - نقل السكر
  - إستلام السكر
  - الإذابة
  - الطرد المركزى
  - الصهر
  - المعالجة بالجير
  - التبخير للتركيز
  - الترشيح تحت ضغط
  - التركيز تحت ضغط
  - التنقية
  - التركيز تحت تفريغ
  - الخلط
  - الطرد المركزى
  - التجفيف
  - التدريج
  - التعبئة
* خواص السكروز
* المواصفات التجارية للسكروز
* المولاس
* إستخدامات المولاس التجارية
* عسل المائدة
* مولاس المائدة
* مصطلحات مصانع السكر الخام والسكر المكرر

الفصل الثامن

تكرير السكر

مقدمة :

تعتبر مصانع تكرير السكر وحدات إنتاجية مستقلة عن مصانع إنتاج السكر الخام وتجهز بكثير من الأجهزة والتجهيزات التى تمكنها من إجراء التسخين والتكرير للسكر الخام حيث يتم عن طريقها إزالة أو إزاحة معظم ما يعلق مع بللورات السكروز الخام من شوائب أو مواد سكرية أخرى بخلاف السكروز ، وسوف يلاحظ بعض التشابه فى الأجهزة والتجهيزات مع تلك المستخدمة فى خطوة إنتاج السكر الخام .

خطوات تكرير السكر Sugar Refining Steps :

من يتابع خطوات تكرير السكر والأجهزة المستخدمة فى هذه الصناعة يجد الآتى :

١- نقل السكر Raw Sugar Transportation :

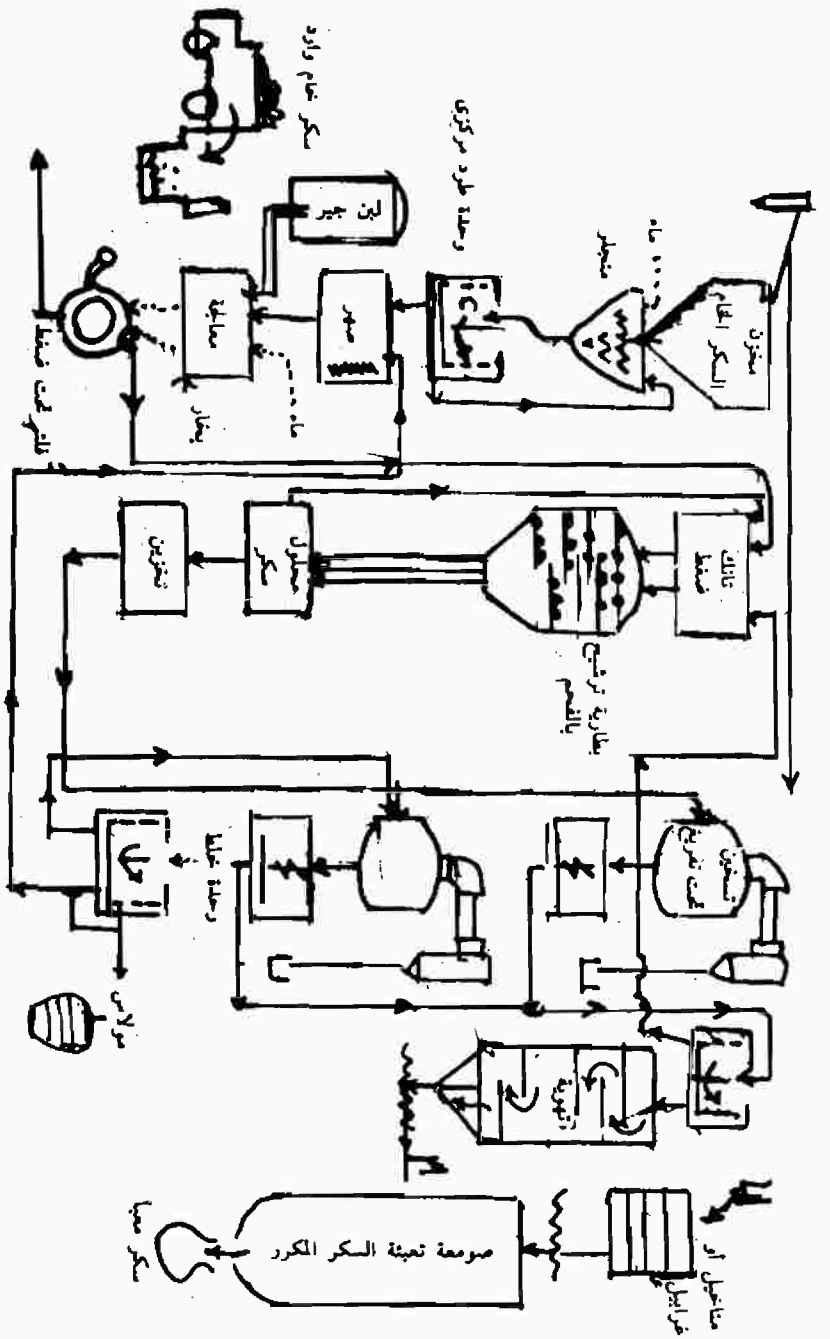
يتم نقل السكر إلى المصانع معبأ فى الأجولة عن طريق وسائل النقل المتعارف عليها وهى السكك الحديدية والسيارات الكبيرة - وحيث يرد هذا السكر الخام إما من المصانع المحلية أو يأتى من الموانئ عن طريق الإستيراد .

٢- إستلام السكر Raw Sugar Recieving :

يتم إستلام السكر وتفريغه إلى نقرة خاصة حيث يرفع عن طريق السيور - والسواقى إلى أعلى المخازن التى يتناسب سعتها مع قدرة الإستقبال والتشغيل اليومية ويفضل أن تكون منطقة النقرة فى المصانع مغطاة وذلك حتى لا يحدث تأثر لأجولة السكر إذا ما نزلت أمطار فى الموقع .

٣- الإذابة Affination :

تتم فى هذه الخطوة إضافة نسبة من الماء أو الرحيق Sweet water (الوارد من



شكل (٨-١) دياجرام خطوات تكرير السكر

النافضات) فى حدود ٥ ٪ مع إجراء عملية تقليب للكمية داخل وحدات منجلر Mingler وعن طريق أذرع قوية وبحيث يحدث احتكاك بين بللورات السكر لمدة يتم ضبطها ليتم إجراء الإحتكاك بين جميع الرسالة أو الدفعة Batch ويهيئ ذلك إلى إتمام التخلص من جزء من المولاس والسكريات المختزلة فى المرحلة التالية .

٤- الطرد المركزى فى النافضات (Purging) Centrifugal :

يوجه السكر من الخطوة السابقة إلى وحدات الطرد المركزى - بأعداد تتناسب مع قدرتها على العمل حيث تقوم بعملها الذى يساعد على التخلص من أكبر قدر من السكريات المغلفة لبللورات السكر مع الحصول على رحيق من جوانب الأجهزة يعاد إستخدامه مرة ثانية فى خطوة الإذابة .

٥- الصهر Melting :

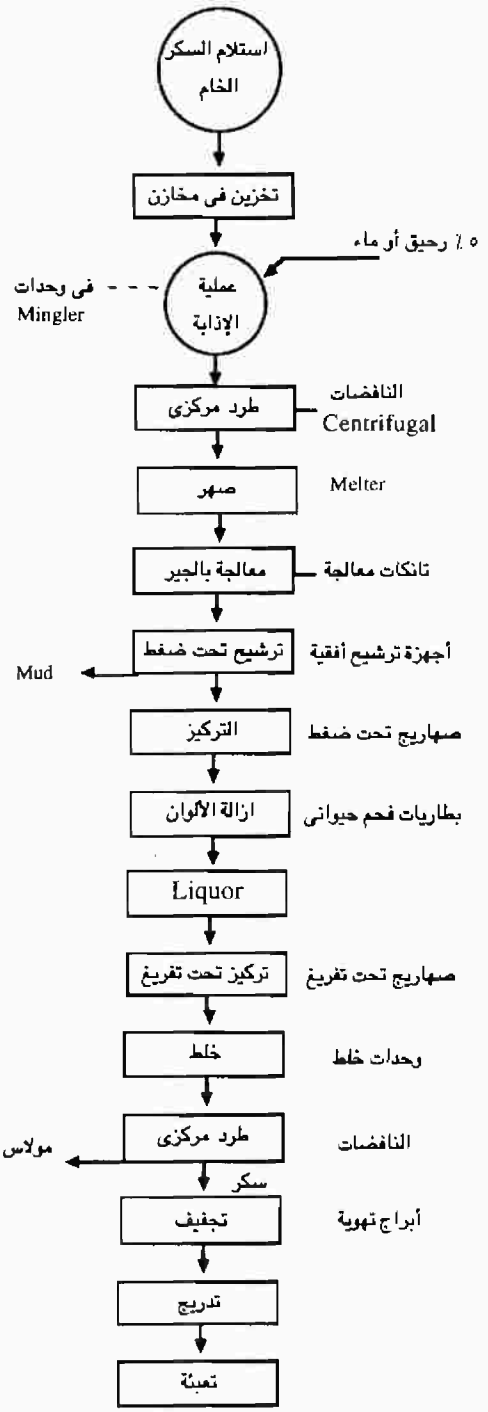
تجرى هذه الخطوة فى وحدات Melter حيث يعرض السكر إلى درجات حرارة مرتفعة بإستخدام البخار ليساعد ذلك فى صهره قبل أن يتم دفعه إلى وحدات المعالجة بالجير .

٦- المعالجة (المعاملة) بالجير Lime Treatment :

يتم ذلك فى صهاريج خاصة وحيث يتم تعديل تركيز العسل عن طريق إضافة الرحيق الوارد من أجهزة الطرد المركزى أو إضافة نسبة من الماء ليكون تركيز السكر فى حدود ٦٥ ٪ مع إضافة لبن الجير الذى يكفى لرفع درجة الـ pH إلى حدود من ٧,٢ - ٨ وعند هذه الحدود يمكن إضافة ثانى أكسيد الكربون لتكوين كربونات الكالسيوم غير الذائبة والتى يمكن التخلص منها عن طريق وحدات الترشيح فى المرحلة التالية .

٧- الترشيح تحت ضغط Filtering under Pressure :

تستخدم هذه الوحدات الأفقية التى تحتوى على نسيج من القماش له مسام تسمح بمرور العسل وتمنع مرور المواد الراسبة غير الذاتية فى العسل ويتم ترتيب إطارات الترشيح Filter Frames فى الوضع الأفقى ومع الضغط يتم التخلص من أى مواد عالقة مع العسل المار ، وتساعد هذه الخطوة فى تحسين اللون .



شكل ٨-٢ خطوات تكرير السكر الخام

٨- التركيز تحت ضغط Concentration Under Pressure :

يتم رفع تركيز العسل Liquor عن طريق دخوله فى تانكات يستخدم فيها البخار وتحت ضغط بنفس الأسلوب الذى يتبع فى مصانع السكر الخام .

٩- التنقية Purification :

تستخدم لعملية التنقية بطاريات رأسية من الكربون (الفحم الحيوانى أو النباتى) وبحيث يجبر العسل على المرور داخل أعمدة تحوى مادة تساعد فى إدمصاص الألوان والروائح .

ويراعى على فترات تنشيط هذه البطاريات من خلال الغسيل - والتسخين الحرارى ثم التبريد حتى يمكن أن يعمل الفحم بكفاءة فى إتمام عملية الفصل .

١٠ التركيز تحت تفريغ Concentration Under Vaccume :

يسحب المحلول السكرى (العسل) Liquor إلى بطاريات أو تانكات تركيز تحت تفريغ بطريقة متدرجة تسمح باستخدام درجات حرارة منخفضة مع إتمام التركيز إلى مرحلة ما فوق التشبع ويكون التركيز بين ٥٥ - ٧٤ بركس .

١١- الخلط Mixing :

يتم ذلك فى وحدات تقليب ذات أذرع رأسية تساهم فى تهيئة العسل المركز لخطوة البلورة وقد يضاف فى هذه الخطوة نواة التبلور Seed وعن طريق مدة الخلط وكمية السكر المستخدمة كنواة للتبلور وإرتباطا بدرجة الحرارة فإن يمكن الوصول إلى حجم معين لبللورات السكر .

١٢- الطرد المركزى (Purging) Centrifigal :

يوجه السكر المتبلور إلى النافضات الأوتوماتيكية التى تعمل على إستبعاد ما يعلق بالبللورات من الرحيق وحجز البللورات فى ممرات مستقلة - ويمكن الحصول على المولاس من المراحل الأخيرة من خطوات الطرد المركزى .

١٢- التجفيف Drying :

يوجه السكر إلى أبراج التهوية والتجفيف ليتم التجفيف وخفض الرطوبة فى بللورات السكر إلى أدنى مستوى .

١٤- التدريج Grading :

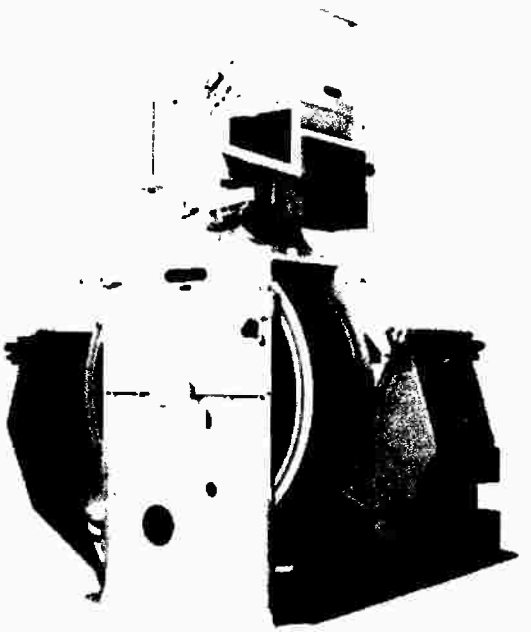
تتم عملية التدريج لبللورات السكر تبعا للحجم من خلال إستخدام غرابيل أو مناخل خاصة من أجل الحصول على درجات حجمية من السكر المكرر طبقا لرغبة المستهلك .

١٥- التعبئة Packaging :

يتم تعبئة السكر فى عبوات مناسبة من الأجولة أو ينقل عن طريق سيور إلى وحدات التعبئة إلى عبوات المستهلك الأصغر حجما فى حدود واحد كيلو جرام .

وعادة ما يباع السكر فى صورته البللورية أو يتم تشكيله فى صورة قوالب أو أقماع ويمكن أن يتم التشكيل لذلك فى أجهزة بالاستعانة بمحلول سكرى مركز من أجل تكوين الشكل المطلوب قبل أن يتم التغليف أو التعبئة تمهيداً لإتمام النقل إلى مناطق الإستهلاك .

كما قد يتم إنتاج السكر الناعم جداً Icing Sugar وهو ما يتراوح قطر حبيباته ٠,٠٠١ بوصة - ويتم إنتاجه بواسطة إستخدام طواحين شواكيش شكل (٨ - ٢٣) تضم بداخلها مجموعة من الأذرع تقوم بعملية الطحن إعتمادا على الإحتكاك مع جدران الطاحونة وتدور بسرعة (٣٠٠ - ٤٠٠ لفة / دقيقة) ويوجد بأسفلها (مصافى أو مناخل) ذات ثقوب دقيقة تسمح فقط بمرور السكر الذى يتم تنعيمه إلى الدرجة المطلوبة .



شكل (٨-٣)

نموذج طاحونة شواكيش لإنتاج السكر الناعم (Icing Sugar)

خواص سكر القصب (السكروز) Sucrose Specifications :

عادة ما يطلق كلمة السكر على السكروز (أو سكر القصب) وذلك في إستخدامات المصانع أو فى الإستخدام المنزلى .

- أما عن تركيب السكروز الكيمائى فهو $C_{12}H_{22}O_{11}$ - والوزن الجزيئى هو ٣٤٢,٣ .
- ويتواجد السكروز فى صورة بللورية لها كثافة Density تقدر بـ ١,٥٨٨ .
- ومحلول يحتوى على ٢٦٪ سكر له كثافة مقدارها ١,١٠٨١٧٥ عند درجة حرارة ٢٠°م .
- والسكروز له درجة دوران للضوء مقدارها + ٦٦,٥٣ $(\alpha)_D^{20}$ وذلك عند إستخدام محلول عيارى منه .
- ودرجة إنصهار السكروز هى ١٨٨°م (٣٧٠°ف) ويحدث له إنحلال عند الإنصهار .

- والسكروز قابل للذوبان في الماء والإيثانول ويذوب قليلا فى الميثانول ولا يذوب فى الإيثير Ether والكلورفورم .
- المحلول المشبع من السكروز فى الماء يحتوى على ٦٧,٠٩ ٪ وزناً بينما نجد أن محلول الجلوكوز يصل إلى مرحلة التشبع عندما يحتوى على ٥٧,٦ ٪ فقط .

جدول (٨-١) التحليل النمطى للسكرور المكرر والخام

التقدير	السكر المكرر	السكر الخام
درجة النقاوة (السكروز) ٪	٩٩,٨٠٠	٩٢,٠٠
سكر مختزل (سكر محلول) ٪	٠,٠٥٠	٤,٠٠
الشوائب ٪	٠,٠٠٥	٠,١٠
الرماد ٪	٠,٠٢٠	٠,٥٠
الرطوبة ٪	٠,١٠٠	٣,٥٠

المواصفات التجارية للسكروز Sucrose Commercial Specifications :

عند التعاقد على شراء السكر أو استيراده من الخارج فإنه يجب النظر فى عدة أمور يكون لكل منها أهميتها فى تقدير قيمة الصفقة أو المقارنة بين أكثر من عرض .

١- اللون الأصلى .
٢- نسبة السكريات المختزلة .
٣- التعكر فى الكحول .
٤- نسبة المواد البروتينية .
٥- نسبة الرماد .
٦- نسبة الرطوبة .
٧- اللون للمحلول السكرى .
٨- تأثير التسخين لمحلول ٥٠ ٪ .
٩- درجة النقاوة البكتريولوجية .

تعريف المولاس Molasses Definition :

يعتبر منتج ثانوى ينتج أثناء المرحلة الأخيرة من صناعة السكر الخام وأثناء تكرير السكر ، ويتميز بكونه ثقيل ، وله درجة لزوجة عالية . . . وعادة ما يتم فصله فى أخر مرحلة أثناء عملية بلورة السكر حيث لا يمكن بلورة ما يحتويه من سكر بواسطة الطرق

الشائعة ، ويطلق عليه فى بعض الأحيان "inedible" لكونه لا يستخدم فى تغذية الإنسان مباشرة .

ولما كان المولاس يتميز بدرجة عالية من اللزوجة خاصة فى الجو البارد الأمر الذى يصعب معه مروره فى المواسير داخل المصانع فإنه عادة ما يتم تخفيفه إلى درجة مناسبة تسمح بتداوله داخل المصنع أو حيث يستخدم بعد ذلك فى مختلف الأغراض الصناعية .

ويعتبر المولاس ذو درجة ممتازة Superior عندما يحتوى على ٢٣,٤ ٪ رطوبة أو أقل ، ٥٣,٥ ٪ أو أكثر من السكريات المختلفة . . . وتقل الدرجة بالطبع مع إنخفاض نسبة السكر إلى حدود ٤٢,٥ - ٤٨,٤ ٪ للدرجة العادية .

ويحتوى المولاس فى جزء من تركيبه على السكروز بنسبة متفاوتة قد تصل إلى ما يقرب من النصف وقد أجريت كثير من المحاولات لإسترجاع السكروز منه وهى مع ارتفاع سعر السكر تكون ذات جدوى اقتصادية . . . وتدخل فى إطار النواحى البحثية ، ويمكن تنفيذها إذا ثبت جدواها وهو ما تسعى إليه شركات السكر الآن .

ومن الطبيعى أيضا أن يختلف التركيب الكيميائى للمولاس تبعا لمصدر القصب الوارد بالاضافة إلى عدة إعتبارات منها تأثير فعل لبن الجير lime أو القلويات الأخرى تحت ظروف درجة الحرارة العالية على السكريات المختزلة Reducing Sugar خاصة الليفيلوز الذى يعتبر المصدر الرئيسى لأى مكونات قد تظهر فى تركيب المولاس .

أما السكريات الأساسية التى يتكون منها المولاس فهى فى الأساس السكروز - والجلوكوز - الليفيلوز (الفركتوز) وبعض السكريات بكمية قليلة جداً مثال المالتوز .

وحقيقة ما يظهر من لون غامق (بنى محمر) على المولاس إنما يرجع إلى حدوث تفاعل بين بعض السكريات المختزلة والأحماض الأمينية الموجودة فى داخل تركيب المولاس (وهى تمثل من ٠,٣ - ٠,٥ ٪) من المكونات .

وكما يوجد فى تركيب المولاس بعض الفيتامينات التى تقاوم الحرارة والقلوية ، ومثال ذلك البيوتين - والنياسين - وحامض البانثوثينيك والريبوفلافين وهى تتواجد بنسبة متفاوتة بالإضافة إلى فيتامينات أخرى بكميات أقل . . . وذلك يوضح إلى أى مدى تظهر قيمة المولاس عند إستخدامه فى الإضافات إلى علائق الحيوانات - أو إلى استخدامه فى تغذية وتنمية الخميرة فى مصانع الإنتاج .

أما فيما يتعلق بتخزين أو نقل المولاس فقد لوحظ وجود تغير فى مكونات المولاس مع التخزين الطويل وكذلك أيضا عند تعرضه لدرجة حرارة أعلى من ٤٥°م عند نقله من مكان لآخر .. كما يزداد دكانة لون المولاس مع إستمرار التخزين .

وعادة ما يتم تخزين المولاس فى تانكات ، ويفضل أن يتم الكشف الدورى عليها للتأكد من عدم حدوث أصداء أو تأثير الحامض على هذه التانكات .. ويفضل أن لا تملأ هذه التانكات إلى آخرها حتى لا يحدث أى انفجار فى مثل هذه المناطق عند تعرض المولاس إلى تحلل مستمر ينتج عنه ثانى أكسيد الكربون وحرارة ينجم عنها فوران المولاس وعليه يفضل أن يكون التخزين إلى حدود $\frac{٢}{٣}$ التانك فقط .

إستخدامات المولاس التجارية Molasses Commercial Uses :

١- علائق الحيوان Animal Feeding :

تعتبر من منافذ الإستخدام الرئيسية للمولاس ويظهر ذلك بوضوح فى الولايات المتحدة التى تستهلك ما يقرب من ثلثى $\frac{٢}{٣}$ الكمية فى علائق الحيوان ، وكما يستخدم كذلك فى مكونات الأعلاف المصنعة لما يتميز به من قيمة غذائية مرتفعة كما أمكن أيضا إستخدامه فى علائق الدواجن حيث أعطى نتائج إيجابية .

٢- إنتاج الكحول Alcohol Production :

يتم عن طريق تخمير المولاس بواسطة الخميرة الحصول على كحول الإيثايل .. حيث يتم تحول السكروز بواسطة إنزيم الإنفرتيز إلى سكر محول وجلوكوز .. وتقوم الخميرة بتحويل السكر المحول إلى كحول وينطلق ثانى أكسيد الكربون .

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O + \text{Invertase} \rightarrow \text{Fructose} + \text{Glucose}$$

$$C_6H_{12}O_6 \quad C_6H_{12}O_6$$

$$2\,CO_2 + 2\,C_2H_5OH \leftarrow$$

Ethyl alcohol

٣- إنتاج الخميرة Yeast Production :

يتم تصنيع الخميرة مع الإستعانة بالمولاس ويتم ذلك مع إستخدام المولاس الناتج من

مصانع سكر القصب أو البنجر وذلك بعد أن يتم تخفيفه إلى أن يصل نسبة السكر فيه إلى ١٦ - ٢٠ ٪ .

٤- الكيماويات العضوية Organic Chemicals :

تستخدم كميات كبيرة لإنتاج بعض الأحماض العضوية مثل الستريك . . وكذلك الأسيتون والبيوتانول من مولاس مصانع السكر .

٥- المولاس الجاف Dried Molasses :

حيث يمكن أن يصنع فى صورة جافة يسهل تداوله مع العلائق وأن كان ذلك يفقده القيمة الإقتصادية (رخص الثمن) .

عسل المائدة Treacle :

معظم أنواع العسل الموجود فى الأسواق توجد فى صورة مخاليط من أكثر من نوع مع إضافة بعض مكسبات الطعم لها ومنها ما يضاف إليها عسل الجلوكوز أو عسل السكر المحول .

كذلك توجد فى أمريكا وبعض الدول الأوروبية بعض أنواع من العسل مصنوعة من عصير القصب مع تركيزه دون إستخراج أى كمية سكر منه - ويتم إعداده من خلال تعريض عصير القصب المركز بواسطة الحرارة من خلال البخار فى حلل طبخ حيث يتم التركيز مع إزالة طبقة الريم المتكونة لأزاحة ما قد يكون موجوداً بها من شوائب عالقة وتؤدى هذه المعاملة إلى الحصول على منتج ذو لو داكن يتراوح تركيزه بين ٧٣ - ٧٥ بركس ، ويتم تصنيع العسل الأسود فى مصر بهذه الطريقة.

كما توجد أنواع من العسل يضاف إليها الكبريت فى صورة SO_2 خاصة فى المصانع الكبيرة . . وكذلك يضاف إليها لبن الجير Lime مع ضبط درجة الحموضة عند ٦ pH وإتمام الغليان فى حلل مفتوحة إلى أن يصل التركيز إلى ٥٠ بركس ثم يترك الناتج يرسب ثم يكمل التركيز إلى أن يصل إلى ٧٠ - ٧٢ بركس - ويباع هذا النوع مخلوطا بواسطة عسل الجلوكوز أو المولاس .

مولاس المائدة Edible Molasses :

أما مولاس المائدة Edible molasses يتم إنتاج نوع من المولاس ذو اللون البنى الفاتح Light brown من المصانع التى تقوم بإنتاج السكر حيث تخصص جزء من إنتاجها أو ما يرد اليها من القصب إلى إنتاج هذا النوع من المولاس حيث يتم الحصول عليه من أحد جانبى حلل (أو تانكات التركيز) أثناء خطوة بلورة السكر .

جدول (٨-٢)

نماذج من المصطلحات المستخدمة فى مصانع السكر الخام والمكرر

المصطلح		المفهوم
1- Affination	:	غسيل بللورات السكر بالماء .
2- Bagasse	:	مصاص القصب .
3- Cane mills	:	معاصر (أجهزة عصر القصب) .
4- Crusher	:	ماكينات هرس وتفتيت وعصر العيدان .
5- Imbibtion (Maceration)	:	ترطيب أو رش أو نقع بالماء
6- Liquid Sugar	:	يطلق ذلك على المنتجات التجارية التى تحتوى على السكروز وأى سكريات أخرى محولة .
7- Liquor	:	يستخدم فى مصانع التكرير مع محاليل السكر المركز والتى يتم إزاحة أى بللورات سكرية منه .
8- Maceration	:	نقع أو ترطيب بالماء (أرجع إلى Imbibtion) .
9- Magma	:	خليط من البللورات والعسل ويستخدم هذا المصطلح فى مصانع التكرير Refinery .
10- Masscuite	:	خليط من بللورات السكر والعسل ويستخدم فى مصانع السكر الخام .
11- Medium Invert	:	المحاليل السكرية التى يتم تحول ٥٠ ٪ من السكروز الموجود بها .
12- Melting	:	تعنى إذابة Dissolving .
13- Purging	:	فصل البللورات فى النافضات (أجهزة الطرد المركزى) .
14- Shredder	:	وحدات القطع لعيدان القصب .
15- Sweet Water	:	ماء غسيل وإزابة السكر الذى يحتوى على كمية من السكر تبرر إسترجاعها .
16- Syrup	:	المحاليل المركزة (عسل) والتى يحدث بها بدأ تبلور للسكريات . وفى مصانع التكرير يطلق نفس المصطلح على الجزء السكرى الذى لم يحدث له تبلور (مشابه للمولاس فى مصانع السكر الخام) .