الفصل الخامس

إنتاج شراب الفركتوز والمحليات الصناعية

* أولاً : الفركتوز
  - شراب الذرة عالى الفركتوز
  - انتاج شراب الفركتوز إنزيميا
  - تحويل الدكسترينات إلى سكر جلوكوز
  - تحويل الجلوكوز إلى فركتوز
  - أنواع شراب الفركتوز
  - المواصفات القياسية
  - تخزين وتداول شراب الفركتوز
  - إستخدامات شراب الفركتوز

* ثانياً : المُحلِّيات الصناعية
  - السكارين
  - الأسبارتام
  - السيكلامات
  - الزيليتول
  - السوربيتول
  - المانيتول

الفصل الخامس

إنتاج شراب الفركتوز والمُحليّات الصناعية

اولاً : الفركتوز Fructose :

يعتبر الفركتوز أحد السكريات الأخرى البديلة التى تستخدم فى التحلية لسد الفجوة الكبيرة بين الإستهلاك والإنتاج العالمى من السكروز . ويعتبر النشا أهم المصادر الطبيعية التى لجأت كثير من الدول فى السنوات الأخيرة لاستخدامه فى إنتاج سكر الجلوكوز الذى يُنتج تجاريا على صورة شراب Glucose Syrup حيث يستخدم بكثرة فى عمليات التحلية ومعظم ما ينتج من شراب الجلوكوز يستخدم فى إنتاج شراب الفركتوز الأكثر حلاوة .

ويعتبر النشا هو المادة الخام فى إنتاج شراب الجلوكوز والأشربة السكرية الأخرى المشتقة منه . ويختلف نوع النشا المستخدم فى هذه الصناعة من بلد إلى آخر على حسب المادة الخام المتوفرة ففى حين يستخدم نشا البطاطس فى الكثير من الدول الأوروبية يستخدم نشا القمح فى أستراليا ونشا التابيوكا فى جنوب أفريقيا إلا أن نشا الذرة يعتبر أهم المصادر الإقتصادية الذى يستخدم فى كثير من دول العالم مثل الولايات الأمريكية وجمهورية مصر العربية فى إنتاج شراب الذرة Corn Syrup الذى يُنتج فى صور عديدة تحتوى على تركيزات متباينة من سكريات الجلوكوز والمالتوز والفركتوز (جدول ٥-١) .

جدول (٥-١) الأشربة السكرية الناتجة من نشا الذرة

نوع الشراب	مكافئ السكروز DE	٪ سكريات		
		جلوكوز	مالتوز	فركتوز
شراب الذرة العالى الجلوكوز	٩٥ - ٩٧	٩٥ - ٩٨	١-٢	-
شراب الجلوكوز والمالتوز	٦٣ - ٦٧	٣٤ - ٤٠	٣٣-٣٧	-
شراب الذرة العالى المالتوز	٤٠ - ٥٠	٢ - ٧	٤٥-٦٠	
شراب الذرة العالى الفركتور (٤٢)	-	٥٢	-	٤٢
شراب الذرة العالى الفركتور (٥٥)	-	٤١	-	٥٥

ولهـــذه الأشـــربـة السكرية المختـلفة خواص طبـيعية وكيـميائية متـباينة تجعـلها ذات استخـدامات عديدة فى مـجال الصناعات الغذائية وذات أهمية تكنولوچـية فى تحضير العديد مـــن المنتجـات الغـــذائية التى يدخـــل فـــى تكوينها السكر ويـوضح الجدول التالى (٥-٢) درجـــة حـــلاوة الأشربة الســـكرية المختلفة بالمقـــارنة بالسكروز (درجة الحلاوة ١٠٠ ٪)

جدول (٥-٢) درجة الحلاوة النسبية للأشربة السكرية المختلفة*

نوع الشراب السكرى	درجة الحلاوة النسبية
شراب سكروز	١٠٠
شراب جلوكوز	٦٥
شراب مالتوز	٣٠
شراب فركتوز - ٤٢	١٠٠
شراب فركتوز - ٥٥	١٣٠
شراب فركتوز - ٩٨	١٨٠

* محلول سكرى تركيزه ١٥ ٪ (وزن / وزن)

حيث يلاحظ أن درجة حلاوة شراب الجلوكوز تعادل ٦٠ ٪ بالنسبة لدرجة حلاوة شراب السكروز فى حين أن درجة حلاوة شـراب المالتوز لا تتجاوز ٣٠ ٪ فقط بينما يعتبر الفركتوز الأكثر حلاوة بين جميـع السكريات الطبيعية حيث أن شراب الـذرة الذى يحتوى على ٤٢ ٪ فركتوز لـه درجة حلاوة تعادل حلاوة شراب الـسكروز وباستخـدام الطريق الحديثة لـلفصل الكروماتـوجرافى باستخدام راتـنجات التبادل الأيونـى أو مواد الإدمصاص الإختيارية الغير عضوية أمكن إنتاج أشـربة سكرية تحتوى على تركيزات عالية مـن الفركتوز تصل إلى ٩٨ ٪ وبدرجة حلاوة عالية جداً تعادل حوالى ١,٨ مرة قدر درجة حلاوة شراب السكروز ولكن من الناحية العملية فإن أشربه الذرة العالية الفركتوز التى تحضر تجاريا تحتوى على الفركتوز بنسبة تتراوح بين ٤٢ إلى ٥٥ ٪ .

شراب الذرة عالى الفركتوز High Fructose Corn Syrup (HFCS) :

شراب الذرة العالى الفركتوز يعتبر أهم الأشربة السكرية التى تنتج من نشا الذرة ففضلا عن درجة حلاوته العالية لـه بعض الخواص الطبيعية المميزة التى تؤدى إلـى استخدامه بكثرة

فى تحضير العديد من المشروبات والمنتجات الغذائية المختلفة . ويمكن إعتبار شراب الفركتوز بديلاً إقتصاديا للسكروز حيث تقل تكلفة إنتاجه بالمقارنة بتكلفة استيراد السكر فى الدول التى تلجأ إلى الإستيراد لسد الفجوة بين الإستهلاك والإنتاج . وقد بدأت محاولات إنتاج الفركتوز فى الماضى على مستوى تجارى بالتحليل المائى للأنيولين Inulin وهو سكر عديد يتكون من وحدات الفركتوز ويوجد فى العديد من النباتات خاصة الخرشوف الذى يوجد به بكميات كبيرة - أيضا أستخدم السكروز كمصدر لانتاج الفركتوز بالتحليل المائى بالحمض أو بانزيم الانفرتيز كما أجريت محاولات إنتاج الفركتوز من الجلوكوز بالمعاملة بالقلوى إلا أن كل هذه المحاولات لم تحقق نجاحًا على المستوى التجارى ولم تستمر لأسباب عديدة مثل عدم توفر المواد الخام وارتفاع تكلفة الإنتاج وعدم جودة صفات شراب الفركتوز الناتج لاحتوائه على كميات كبيرة من المواد الملونة والمواد الحامضية وغيرها من النواتج الثانوية الغير مرغوبة مما يتطلب عمليات تنقية معقدة ومكلفة للتخلص من هذه المواد الغير مرغوبة .

وفى السنوات الأخيرة حققت صناعة شراب الفركتوز تقدمًا ونجاحًا كبيرًا على المستوى التجارى بعد إستخدام إنزيم جلوكوز أيزوميريز Glucose isomerase فى هذه الصناعة . ويرجع بداية اكتشاف هذا الانزيم إلى منتصف الخمسينات والاسم الأصلى لهذا الإنزيم Xylose Isomerase حيث أن نشاطه الأساسى تحويل السكر الخماسى زيلوز Xylose إلى مشابهه الكيتونى Xylulose وأجريت أبحاث عديدة فى اليابان لإستخدام هذا الإنزيم فى تحويل الجلوكوز إلى فركتوز كطريقة لانتاج الفركتوز تجاريا للتغلب على مشكلة استيراد السكر ومع نهاية عام ١٩٧٣ بدأت العديد من الدول الأوربية والولايات المتحدة الأمريكية فى إنتاج شراب الفركتوز من نشا الذرة إنزيميا باستخدام انزيم الجلوكوز أيزوميريز ويصل إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية من شراب الذرة العالى الفركتوز إلى ما يزيد عن ٨ بليون رطل سنويا . أيضا تأسس فى مصر فى مدينة العاشر من رمضان الشركة الوطنية لمنتجات الذرة التى تقوم بانتاج شراب الذرة العالى الفركتوز لسد جزء من احتياجات البلاد من الفركتوز ، وبطاقة إنتاجية تصل إلى ١٠٠ ألف طن فركتوز توازى حوالى ٧٤ ألف طن سكر فى السنة .

إنتاج شراب الفركتوز إنزيميا Enzymatic Production of Fructose :

تقوم صناعة شراب الذرة العالى الفركتوز على أساس ثلاث عمليات رئيسية هى :

(١) تحليل النشا إلـــى دكسترينات Dextrinisation .

(٢) تحليل الدكسترينات إلى جلوكوز Saccharification .

(٣) تحويل الجلوكوز إلـــى فركتوز Isomerisation .

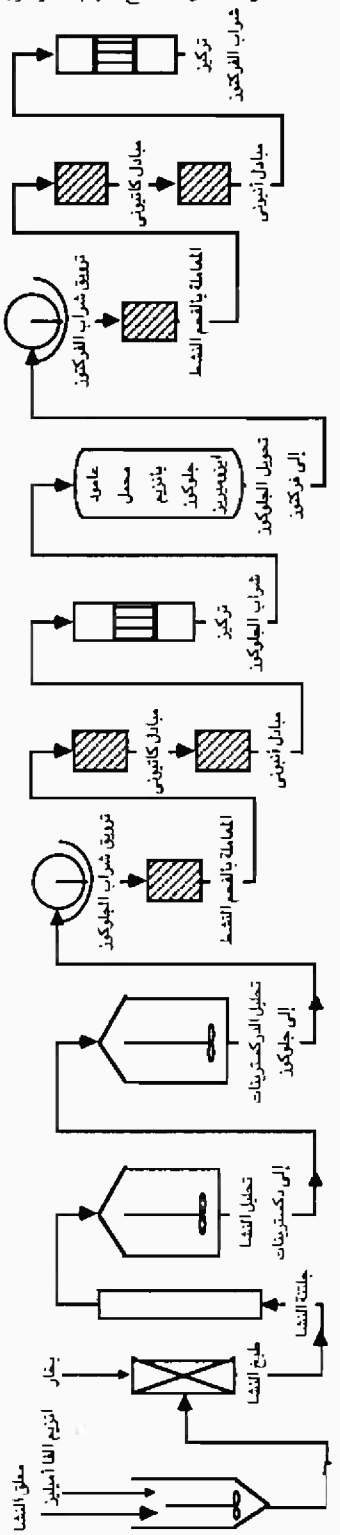
ويتخلل هذه العمليات الأساسية بعض العـمليات الأخرى ذات التأثير المباشر على كفاءة الإنتاج وجـودة شراب الفركتوز ونـتناول فى هذا الجزء خـطوات الصناعـة بالتفصيـل والتى توضح فى الشكل (٥ - ١) .

اولا : تحليل النشا إلى دكسترينات Dextrinisation :

يوجد النشا فى مصادره الطبيعية (Native Starch) على هيئة حبيبات سليمة متماسكة ذات بناء داخلى مـعقد وغير قابل للذوبـان فى الماء على درجات الحرارة العاديـة وبالتالى لا تستطيع الإنزيمات مهاجمة النشا وتحليله تحت هذه الظروف مما يتطلب إحداث بعض التغيرات فى صفاته الطبيعية والكيميائية حتى يمـكن تحليله مائيا بفعل الإنزيمات إلى وحدات الجلوكوز ويتم ذلك بتسخين معلق النشا إلى درجات حرارة أعلى من درجة حرارة الجلتنة (> ٦٠°م) فتـتفـتح الحبـيبـات النـشوية وتـتمـزق مما يؤدى إلـى ارتفـاع اللـزوجة وحدوث الجـلتـنة Gelatinization وبالتالى سهـولة تحليل النشا جزئيا إلـى دكسترينات وتتم عمليـتى الجلتنة وتكوين الـدكسترينات فى عمـلية واحدة يطلق عـليها Liquefaction وتجرى هذه العـملية باستخدام حمض معدنى أو انزيم الأميليز أو الاثنين معاً :

(أ) المعاملة بالحمض Acid liquefaction :

تتم هذه الـعملية فى أوعيـة تحت ضغط (Converters) حيث يـخلط النشـا مع الماء لتحضير معـلق يحتوى على ٣٠ - ٤٠٪ نشا (وزن جاف) ثم تضاف الكـمية المناسبة من حمض هيدروكلوريك مخفف (تركيزه ١٢ , ٪) لخفض درجة الـ pH إلى ١,٨ - ٢,٠ ثم يسخن المعلق بالبـخار لرفع درجة حرارته إلى ٩٠°م ويسـتمر التسخين لمدة ٣٠ دقيقة ثم ترفع درجـة الحرارة إلى ١٤٠ - ١٦٠°م ويستمر التسخين لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة لاستكمـال تحليل النشا وإنتاج الدكسترينات المناسبة لعمـل الانزيم فى المرحلة التالية ، ويعبر عن درجة تحليل



شكل (٥-١) دياجرام يوضح مراحل إنتاج شراب الذرة العالى الفركتوز High Fructose Corn Syrup

النشا بمكافئ الدكستروز Dextrose Equivalent (DE) حيث يستمر التحليل بالحمض حتى يتم الحصول على ناتج تحليل بمكافئ دكستروز مقداره (٣٠) فيوقف التسخين وتضاف كربونات صوديوم لرفع درجة الـ pH إلى ٤,٥ - ٥,٠ وتتوقف مدة المعادلة بالحمض على النظام المتبع .

ويؤخذ على طريق التحليل الحامضى لانتاج الدكسترينات بعض العيوب والتى أهمها :

(١) من الصعب إنتاج شراب دكسترينات له مكافئ دكستروز معتدل بدون حدوث تغيرات غير مرغوبة حيث أن الشراب المنخفض فى قيمة DE يكون غير ثابتا وتميل مكوناته من الدكسترينات إلى التجمع والاتحاد معاً وتكوين بوليمرات وهو ما يسمى Retrograda-tion ويؤدى وجود هذه التجمعات إلى ظهور عتامة وعكارة كثيفة تجعل مظهر الشراب غير مقبولاً وتجعل من الصعب إجراء عمليات التنقية والترشيح التى تجرى بعد ذلك ومن ناحية أخرى ارتفاع قيمة DE فى الشراب الناتج يؤدى إلى انخفاض نسبة الجلوكوز فى الشراب النهائى لعدم كفاءة عمل الانزيمات فى المرحلة القادمة فضلا عن أن ظروف المعاملة بالحامض تكون شديدة لدرجة تجعل جزيئات الجلوكوز الناتجة يحدث لها إعادة تنظيم وتكوين نواتج ملونة مثل الهيدروكسى ميثايل فورفورال وحمض اللينولينك التى تكسب الشراب لونا أصفراً غير مرغوب فيه .

(٢) يعمل الحمض بطريقة عشوائية وبالتالى يحتوى ناتج التحليل المائى للنشا على نسبة بسيطة من الجلوكوز ومواد أخرى مصاحبة مما يتطلب إجراء عمليات تنقية شديدة لرفع تركيز الجلوكوز .

(٣) التحليل المائى بالحمض يتطلب ظروف حامضية شديدة والتسخين لمدد طويلة نسبيا وهذه الظروف تتطلب إستخدام أوعية من معدن مقاوم للتآكل لفعل الحموضة الشديدة وهى عادة ما تكون مرتفعة الثمن .

(ب) التحليل بالحمض والإنزيم Acid Enzyme Liquefaction :

أمكن التغلب على مشاكل إستخدام الحمض فى التحليل المائى وتحسين صفات شراب الدكسترينات الناتج بالتحليل بالحمض بإدخال الإنزيم مع الحمض حيث تتم عملية التحليل على مرحلتين فى المرحلة الأولى يتم معاملة معلق النشا المحمض بالطريقة السابقة حتى

الـوصول إلى درجة تحليل بسيطة تعادل ٥-٧ مكافئ دكستروز فيجرى رفع درجة الـ pH إلى ٦ - ٦,٥ ويضخ الشراب إلى تانك تُجرى فيها المرحلة الثانية حيث ترفع درجة الحرارة إلى ٨٥م وتضاف الجرعة المناسبة من إنزيم الفا أميليز بكتيرى (مصدره *B. Subtilis*) ويستمر التحليل لمدة ٣٠ دقيـقة حيث يتم الحصول على شراب دكسترينات بمـكافئ دكستروز حوالى ١٢ ويتميز هذا الشراب بصفات ترشيح جيدة .

(جـ) التحليل بالإنزيم Enzyme / Enzyme Liquefaction :

فى هذه الطريقة يجـرى التحليل المائى للنشا باستخدام نـوعين من الإنزيمات ويتم ذلك على مرحـلتين : فى المرحلـة الأولى يحضر معـلق النشا وتضـبط درجة الـ pH عند ٦,٥ ويسخن المعلق لرفع درجة حرارته إلى ٨٥م وتضاف الجرعة المـناسبة مـن إنزيـم الفا أميليز بكتيـرى (مقاوم للحرارة) ويـسـتمر التفاعل لمدة ٢٠ دقيـقة ثم يجرى تسخين المـعلق تحت ضغط مرتفـع لرفع درجة حرارته إلى ١٤٠م حيث يستمر التسخين لمـدة ٥ دقائق ثم تخفض حرارته بعد ذلك وتجرى المرحلة الثانية Dextrinisation عـلى درجة حرارة ٨٥م (ودرجـة الـ pH ٦,٥) حيث يـضاف انزيم الفـا أميليـز فطرى ويتـرك حتى الوصـول إلى الـ DE المطلوبة فى شراب الدكسـترينات . وتعتبر هذه الطريقة ذات أهمية اقـتصادية كبيرة فى زيادة الإنتاج عندمـا يكون الغرض الأساسى إنتاج شـراب الفركتوز لأن هذه الطريقـة تحقق إنتاج أعلى من الجلوكوز بالمقارنة بطريقة إستخدام الحمض . ويوضح ذلك الجدول (٥-٣) .

جدول (٥-٣) نسبة الجلوكوز فى شراب الذرة الناتج بالطرق المختلفة للتحليل المائى (على أساس الوزن الجاف)

طريقة التحليل المائى	مكافئ الدكستروز فى الناتج النهائى	الجلوكوز (٪)	المالتوز (٪)	سكريات الأوليجو (٪)
التحليل بالحمض	٩٥	٩١	٣	٦
التحليل بالحمض والانزيم	٩٧	٩٥	٢	٣
التحليل بالانزيم	٩٨	٩٧	١,٦	١,٣

ومن أهم الـتطورات التى حدثـت فى السنوات الأخـيرة فى هذا المجال عزل انـزيم الفا أميليز مـن بكتريا *B. licheniformis* يتميـز بمقاومته الحرارية الـعالية وقدرته عـلى تحمل

درجات الحرارة المرتفعة التى تستخدم مع النشا فى المراحل الأولى ويتم ذلك باستخدام معلق نشا تركيزه مرتفع يصل إلى ٣٥ - ٤٠ ٪ مادة صلبة جافة ويضبط الـ pH عند ٦,٥ - ٧ ثم يدفع إلى مجرى سريان معلق النشا مباشرة قبل دخوله إلى المحول الذى يتم فيه طبخ النشا (Jet cooker) حيث يدفع البخار لرفع درجة الحرارة إلى ١٠٥ - ١١٠م ويحفظ المعلق على هذه الدرجة لمدة ٥ - ٧ دقائق ثم تخفض درجة حرارة المعلق إلى ٩٥م ويترك لمدة ٦٠ - ٩٠ دقيقة لزيادة درجة تحلل النشا وإنتاج الدكسترينات المطلوبة بمكافئ دكستروز يتراوح بين ٨ إلى ١٥ . واستخدام هذا الانزيم يحقق عدة مزايا حيث يؤدى إلى إمكانية البدأ بمعلق نشا مرتفع التركيز (> ٤٠ ٪) واستخدام درجات حرارة مرتفعة دون التأثير على كفاءة عمل الإنزيم والتى تؤدى إلى حدوث تغيير فى طبيعة النشا برفع درجة حرارته إلى درجات أعلى من نقطة الجلتنة وبالتالى إرتفاع نشاط الإنزيم الذى يعمل بصورة أفضل مع النشا المتجلتن كما أن درجات الحرارة المرتفعة تعمل على خفض اللزوجة وتسهيل عملية الترشيح وكل هذه المزايا تؤدى فى النهاية إلى إرتفاع تركيز الجلوكوز فى الشراب النهائى .

ثانيا: تحويل الدكسترينات إلى سكر جلوكوز

Dextrins Conversion to Glucose

ويطلق على هذه العملية Saccharification وفيها يتم تحليل الدكسترينات وسكرات الأوليجو الناتجة من المرحلة السابقة إلى سكر الجلوكوز ويتم ذلك باستخدام انزيم جلوكوز أميليز Glucoamylase (يسمى ايضا أميلو جلوكوسيديز Amyloglucosidase) على صورة مستحضر تجارى مستخلص من فطر Aspergillus niger الذى يقوم بتكسير الروابط الجليكوسيدية (الفا ١ - ٤) الطرفية وانفراد وحدات الجلوكوز ويمكنه أيضا مهاجمة الروابط الجليكوسيدية (الفا ١ - ٦) فى أماكن التفرع ولكن بمعدل أبطئ ودرجة الـ pH المثلى لنشاط الانزيم ٤,٠ - ٤,٥ والانزيم حساس بدرجة الحرارة المرتفعة حيث يحدث له تثبيط بارتفاع درجة الحرارة أعلى من ٦٠م .

بعد إتمام عملية الـ Liquefaction ينقل شراب الدكسترينات إلى تانك كبير الحجم مزود بمقلب ميكانيكى ويبرد الشراب لخفض درجة حرارته إلى أقل من ٦٠م وتضبط درجة الـ pH عند ٤,٢ - ٤,٥ ثم تضاف الجرعة المطلوبة من انزيم جلوكو أميليز حيث يستمر

التحلل لمدة تتراوح بين ٤٨ - ٩٦ ساعة حتى يتم حدوث أكبر درجة تحليل ممكنة ويتم الحصول على أعلى مستوى من الجلوكوز فى الشراب الناتج .

وتوجد بعض الإحتياطيات الواجب مراعاتها فى هذه المرحلة عند التعامل مع إنزيم الجلوكو أميليز حيث يفضل أن يكون المستحضر الانزيمى على درجة مناسبة من النقاوه بما لا يؤثر على إقتصاديات الإنتاج كذلك يجب إستخدام الإنزيم بأقل كمية ممكنة لتحقيق أعلى عائد من الجلوكوز ويرجع ذلك إلى أن مستحضرات الجلوكوز أميليز التجارية الغير نقية تحتوى على بعض الشوائب الانزيمية الأخرى مثل الإنزيمات المحلله للبروتينات والدهون . وبالتالى فإن هذه الانزيمات الجانبية تعمل على تحليل البروتينات أو الدهون التى قد توجد فى شراب الدكسترينات كشوائب من نشا الذرة وتكوين أحماض أمنية وببتيدات قصيرة يمكن أن تتفاعل مع الجلوكوز وتنتج معقدات ملونة تكسب الشراب الناتج لونا غير مرغوب ، كما أن إنزيم الجلوكو أميليز غير متخصص بدرجة عالية ففى وجود تركيزات عالية من المواد الصلبة والإنزيم فإنه يشجع إرتداد جزيئات الجلوكوز للاتحاد معا (يسمى هذا التفاعل Reversion) وتكوين سكريات ثنائية من المالتوز والإيزومالتوز على حساب الجلوكوز المستهلك فى هذه التفاعلات وبالتالى يقلل من إنتاجية الجلوكوز وللتغلب على هذه المشاكل فإنه يضاف مع الجلوكو أميليز أنزيم آخر وهو بولولانيز Pullulanase وهو إنزيم متخصص فى تحليل الروابط الجليكوسيدية الفا (١ - ٦) التى توجد فى مناطق التفرع وبالتالى وجود هذا الإنزيم يعمل على تكسير نقط التفرع فى الدكسترينات الناتجة من الأميلوبكتين مما يقلل من إستهلاك إنزيم الجلوكو أميليز فى هذا التفاعل الجانبى وبالتالى يمكن التوفير فى كمية الجلوكوأميليز اللازم لاتمام التحليل بتوفير مادة التفاعل المناسبة لنشاط الإنزيم مما يؤدى إلى زيادة معدل نشاطه وخفض المدة اللازمة لاتمام التحليل وتقليل استهلاك الجلوكوز فى التفاعلات الجانبية وتؤدى هذه الظروف مجتمعة إلى زيادة تصافى إنتاجية سكر الجلوكوز وتحسين إقتصاديات التصنيع .

ثالثا : تحويل الجلوكوز إلى فركتوز Glucose Conversion to Fructose :

ويطلق على هذه العملية Isomerisation ، وفى هذه المرحلة يتم معاملة شراب الجلوكوز (يسمى أيضا شراب الدكستروز) بإنزيم جلوكوز أيزوميريز Glucose Isomerase الذى يقوم بتحويل جزء من سكر الجلوكوز بالشراب إلى فركتوز وإنتاج شراب الذرة

العالى الفركتوز . وتعتمد كفاءه التحويل واقتصاديات التصنيع على عدة عوامل أهمها :

(أ) درجة نقاوة شراب الدكستروز ومدى خلوه من المواد التى تؤثر فى نشاط الانزيم .

(ب) مدى توفر الظروف المثلى لنشاط الإنزيم من حيث درجة الـ pH ، درجة الحرارة ، مدة التفاعل بين الإنزيم ومادة التفاعل (الجلوكوز) ، نشاط الإنزيم ودرجة ثباته ، تركيز المواد الصلبة وسكر الجلوكوز فى الشراب .

(جـ) طريقة معاملة الشراب بالإنزيم .

ونتناول فى هذا الجزء العمليات التى يتضمنها تحويل الجلوكوز إلى فركتوز بغرض إنتاج شراب الذرة العالى الفركتوز والعوامل التى تؤثر فى إنتاجية الشراب وإقتصاديات التصنيع .

(١) تنقية شراب الدكستروز (الجلوكوز) Glucose purification :

يحتوى شراب الجلوكوز الناتج من العمليات السابقة على بعض الشوائب والمواد الذائبة التى تقلل من درجة جودة الشراب بالنسبة لتحويله إلى فركتوز وتعمل على تثبيط الإنزيم المستخدم فى التحويل مما يتطلب ضرورة إجراء عمليات التنقية اللازمة للتخلص من هذه المواد الغير مرغوبة وتتضمن الخطوات التالية :

(أ) **الترشيح** : يمرر الشراب خلال مرشحات مناسبة لإزالة الشوائب العالقة ذات الجزيئات الكبيرة الحجم التى تؤدى إلى انسداد أعمدة الفاعل الإنزيمى وخفض كفاءة عملها مما يتطلب وقف عمليات التصنيع وتنظيف مجرى سريان الشراب من الرواسب الموجودة وهى عملية صعبة ومكلفة .

(ب) **المعاملة بالفحم المنشط** : يمرر الشراب على أعمدة تحتوى على فحم منشط يقوم بادمصاص المواد الملونة التى قد تتكون بالشراب خلال مراحل التصنيع السابقة بتأثير الحرارة والتفاعلات الأنزيمية المختلفة .

(جـ) **المعاملة بالمبادلات الأيونية** : يمرر الشراب على أعمدة تحتوى على راتنجات التبادل الأيونى الكاتيونى ثم مبادلات التبادل الأيونى الأنيونى للتخلص من المواد الذائبة مثل البروتينات ونواتج تحللها وأيضًا نزع ما قد يوجد بالشراب من عناصر معدنية يؤدى وجودها إلى تثبيط إنزيم الجلوكوز أيزوميريز .

(٢) ضبط الظروف المثلى للتحويل Adjustment of optimun conditions :

أ) تركيز الشراب : يمرر شراب الجلوكوز النقى إلى جهاز تبخير من نوع Falling Film Evaporator لخفض محتوى الشراب من الماء ورفع تركيز المواد الصلبة به إلى حوالى ٤٠ - ٤٥ ٪ (نسبة الجلوكوز ٩٣ - ٩٧٪) .

ب) ضبط درجة الـ pH : يضاف إلى الشراب كمية مناسبة من أيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم لرفع درجة الـ pH وضبطها عند ٧,٥ - ٧,٨ .

جـ) إضافة عوامل منشطة : تضاف أيونات مغنسيوم بنسبة ١٢ جزء فى المليون على صورة كبريتات مغنسيوم حيث تعمل هذه الأيونات على تنشيط الإنزيم وتقليل التأثير المثبط لايونات الكالسيوم إن وجدت وبالتالى زيادة درجة ثبات الإنزيم .

د) ضبط درجة الحرارة : يمرر الشراب إلى مبادل حرارى Heat Exchanger لرفع درجة حرارته إلى ٥٥ - ٦٠ م .

(٣) المعاملة بالإنزيم (Isomerisation) Enzyme treatment :

يعامل شراب الدكستروز النقى تحت الظروف المثلى بإنزيم جلوكوز أيزوميريز للحصول على شراب متوازن من الجلوكوز والفركتوز وبعد ذلك يجرى خفض درجة الـ pH إلى ٤,٠ - ٥,٠ ثم تجرى تنقية شراب الفركتوز حيث يعامل أولا بالفحم المنشط ثم راتنجات التبادل الأيونى الكاتيونى ثم الأنيونى للتخلص من آثار العناصر المعدنية والمواد الأخرى الذائبة الغير مرغوبة ثم يركز الشراب بالتبخير تحت تفريغ باستخدام اجهزة التبخير Fallig Film Evoparator لرفع تركيز المواد الصلبة الذائبة إلى حوالى ٧٠ - ٧٥٪ حيث يصبح الشراب مناسب لعمليات التخزين أو الشحن والتداول .

ويوجد طريقتين لمعاملة شراب الدكستروز بالإنزيم :

(أ) المعاملة بالإنزيم على وجبات Batch isomerisation :

فى هذه الطريقة تضاف جرعة مناسبة من انزيم جلوكوز أيزوميريز على صورته الخام الذائبة Soluble Crude enzyme إلى دفعة من شراب الدكستروز النقى حيث يستمر التفاعل تحت الظروف المثلى لنشاط الإنزيم للمدة اللازمة لتحويل الجلوكوز الى فركتوز ثم يكرر

ذلك مرة أخرى مع كل دفعه جديدة من شراب الدكستروز ويؤخذ على هذه الطريقة إستهلاك كميات كبيرة من الإنزيم حيث يصعب إسترجاع الانزيم واستخدامه مرة أخرى ونظراً لإرتفاع تكلفة إنتاج المستحضر الإنزيمى فإن إستهلاك كميات كبيرة منه تؤدى إلى إرتفاع تكلفة إنتاج شراب الفركتوز بهذه الطريقة فضلا عن طول المدة اللازمة للمعاملة بالإنزيم .

(ب) المعاملة المستمرة بالإنزيم Continuous isomerisation :

لتحسين إقتصاديات صناعة شراب الذرة العالى الفركتوز فقد أستبدلت فى السنوات الأخيرة طريقة معاملة الشراب بالإنزيم على وجبات بالمعاملة المستمرة وذلك بعد التطور الهام الذى حدث فى نهاية عام ١٩٧٤ على مستحضر إنزيم جلوكوز أيزوسيريز بتحويله من الصورة الذائبة التى لا تستخدم إلا على دفعات إلى صورة صلبة تجعل من السهل إسترجاع الإنزيم وإستخدامه عدة مرات وذلك بتثبيت الإنزيم وتحميله على دعامة مناسبة ويسمى بالإنزيم الثابت أو المحمول Immobilized Enzyme حيث يوضع فى عامود يسمى مفاعل Enzyme Reactor ويمرر الشراب بداخله بصورة مستمرة .

ويوجد من المفاعلات الانزيمية أنواع عديدة وأكثر هذه الأنواع شيوعًا وإستخداما فى مصانع الفركتوز عبارة عن عامود أسطوانى الشكل ضخم ارتفاعه حوالى ٦ متر وقطره ١,٥ متر تصل سعته إلى ٣,٥ طن مترى ويعرف بالـ Packed Fixed Bed Reactor.

فى هذه الطريقة يتم تغذية المفاعل الإنزيمى بشراب الدكستروز النقى تحت الظروف المثلى للنشاط الإنزيمى حيث ينساب الشراب من أعلى إلى أسفل مارًا بالإنزيم الذى يقوم بتحويل الجلوكوز إلى فركتوز ويخرج من فتحة بأسفل العامود شراب متوازن يحتوى على ٤٥ ٪ جلوكوز و ٤٥ ٪ فركتوز وتتراوح مدة بقاء الشراب داخل المفاعل الإنزيمى بين ٥, - ٣ ساعة ويتوقف ذلك على معدل إنسياب الشراب والذى يعتمد على درجة نشاط الإنزيم والتى ترتبط بعدد مرات إستخدامه حيث تنخفض درجة نشاطه بزيادة مرات استخدامه وتعرف الفترة الزمنية لإستخدام الإنزيم بطريقة مستمرة بعمر الانزيم Life time وتتراوح هذه المدة بين ٩ إلى ١٧ أسبوعاً وعادة ما يعاد إستخدام الإنزيم عدة مرات إلى أن تنخفض درجة نشاطه إلى حوالى ٢٥ ٪ من النشاط الأصلى نظراً لأن إستمرار إستخدامه بعد ذلك يعتبر غير إقتصاديا لانخفاض إنتاجية الفركتوز وتتراوح انتاجيته بين ٢٠٠٠ إلى ٢٧٠٠ كيلو جرام شراب فركتوز لكل ١ كيلو جرام إنزيم محمول وتتأثر إنتاجية الإنزيم من شراب الفركتوز بمدى

توفر الظروف المثلى لنشاطه وأيضا بوجود أى مواد مثبطة قد تقلل من نشاطه وتعتبر درجة الحرارة ودرجة الـ pH التى يعمل عندها الانزيم من أهم المعايير التى يجب ضبطها بدقة لتحقيق أعلى إنتاجية ممكنة فقد وجد أن إرتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى للإنزيم بمقدار ٢°م فقط أدى إلى خفض فترة عمر الإنزيم بحوالى ٥٠ ٪ ويترتب على ذلك إنخفاض إنتاجية الفركتوز بحوالى ٣٥ ٪ وأيضا إرتفاع درجة الحرارة بحوالى ٥°م أدى إلى حدوث إنخفاض حاد فى عمر الإنزيم يصل إلى ٦٧ ٪ وإنخفاض الإنتاجية إلى النصف وبالمثل حدوث تغيير ولو طفيف فى درجة الـ pH وبمقدار ± ٢,٠ درجة يؤدى إلى خفض درجة ثبات الإنزيم بحوالى ٢٠ ٪ .

وتعتبر نقاوة شراب الدكستروز وإرتفاع محتواه من الجلوكوز من أهم العوامل المؤثرة فى عمل الإنزيم واقتصاديات التصنيع من حيث حجم المفاعل الانزيمى المناسب وكمية الإنزيم المستهلكة ويرتبط ذلك بنوع شراب الدكستروز المستخدم وكذلك طريقة التحليل المائى المتبعة فى تحضيره .

فعند تغذية المفاعل الانزيمى بشراب جلوكوز تجارى منخفض الجودة مثل الأشربة الناتجة بالتحليل المائى بالحمض أو بالحمض والإنزيم فإن ذلك يتطلب ضرورة إستخدام مفاعل إنزيمى اكبر حجما وبالتالى إستخدام كمية أكبر من الإنزيم المرتفع الثمن وبالتالى ارتفاع تكلفة الإنتاج بالمقارنة بشراب جلوكوز ناتج من التحليل المائى للنشا بالإنزيم فقط .

كذلك يوجد بعض العناصر المعدنية التى تؤدى إلى إنخفاض كفاءة عمل إنزيم الجلوكوز أيزوميريز مثل أيونات الكالسيوم التى تضاف فى المراحل الأولى للتصنيع بغرض زيادة درجة ثبات انزيم الفا أميليز أثناء المعاملة الحرارية الشديدة التى يعامل بها معلق النشا . ولذلك يفضل إستخدام إنزيم ألف أميليز بكتيرى (مستخلص من *B. lecheniformis*) لا يعتمد فى نشاطه أو ثباته على وجود أيونات الكالسيوم ، أما فى حالة وجود آثار من هذه الأيونات فإنه يجب إزالتها بامرار الشراب على مبادل أيونى قبل بداية المعاملة بالإنزيم وإضافة كمية بسيطة من أيونات المغنسيوم لإيقاف التأثير المثبط لأيونات الكالسيوم .

بالإضافة إلى ذلك بعض الكحولات السكرية مثل الزيليتول والسوربيتول تعتبر مثبطات لإنزيم جلوكوز أيزوميريز وبالتالى تقلل من إنتاجيته من شراب الفركتوز وهذه الكحولات تستخدم كمادة مالئة ومثبتة لمستحضر إنزيم الجلوكو أميليز الذى يستخدم فى إنتاج الجلوكوز

من الدكسترينات وبالتالى قد يحتوى شراب الدكستروز الناتج على كمية بسيطة من هذه الكحولات فتؤدى إلى خفض كفاءة تحويل الجلوكوز إلى فركتوز حيث أن وجود الزيلتول بتركيز بسيط لا يتجاوز ١,٠ ٪ فى شراب الدكستروز أدى إلى انخفاض يصل إلى ١٢ ٪ فى عمر الإنزيم وهذا يوضح مدى أهمية عمليات التنقية التى تجرى على شراب الدكستروز قبل معاملته بالإنزيم .

أنواع شراب الفركتوز Types of High Fructose Syrups :

يقتصر إستخدام إنزيم جلوكوز أيزوميريز على إنتاج شراب ذرة نسبة الفركتوز به لاتزيد عن ٤٢ ٪ من المواد الصلبة الكلية ولكن باستخدام الطرق الحديثة للفصل الكروماتوجرافى يمكن رفع تركيز الفركتوز فى هذا الشراب إلى أكثر من ٩٠ ٪ وإنتاج أشربة غنية بالفركتوز Ultra High Fructose Glucose Syrups لها إستخدامات خاصة إلا أن تكلفة إنتاجها تكون عالية وبصفة عامة يوجد نوعان من أشربة الفركتوز التى تنتج تجاريا شراب الهاى فركتوز ٤٢ والهاى فركتوز ٥٥ (جدول ٥ - ٤) . .

المواصفات القياسية لأشربة الفركتوز) :

نبين فيمايلى أهم المواصفات الخاصة بأشربة الفركتوز الصادرة عن هيئة المواصفات والمقاييس .

جدول (٥ -٤) المواصفات القياسية لأشربة الفركتور

المواصفات	هاى فركتوز (٤٢)	هاى فركتوز (٥٥)
المواد الصلبة الجافة	٧١,٥ - ٧٠,٥	٧٧,٥ - ٧٦,٥
نسبة الفركتوز للمواد الجافة (٪)	٤٣,٠ - ٤٢,٠	٥٧,٠ - ٥٥,٠
نسبة الجلوكوز للمواد الجافة (٪)	٥١ على الأقل	٣٨ على الأقل
درجة الـpH	٤,٥ - ٣,٥	٤,٥ - ٣,٥

تخزين وتداول شراب الفركتوز Storage and Handling of Fructose :

يعتبر شراب الذرة العالى الفركتوز ثابتا ميكروبيولوجيا لإرتفاع تركيز المواد الصلبة الذائبة إلى حوالى ٧١ - ٧٨ مما يجعل من الصعب مهاجمته بالبكتريا أو الفطريات ولكن قد

يتعرض الشراب لمهاجمة الأحياء الدقيقة خاصة الخمائر إذا حدث تخفيف بالماء نتيجة لتكثف بعض الأبخرة على السطح مما يؤدى إلى خفض تركيزه وأهم ما يراعى عند نقل وتخزين شراب الفركتوز المحافظة على درجة حرارته من الإنخفاض الذى قد يؤدى إلى تغير فى خواصه الطبيعية وعادة ما يتم تخزين الشراب ونقله إلى المصانع التى تستخدمه فى صهاريج من الصلب الغير قابل للصدأ والمعزول حراريا للمحافظة على درجة حرارته عند ٣٢°م للهاى فركتوز (٤٢) و ٣٠°م للهاى فركتوز (٥٥) ونظرًا لإرتفاع أسعار الصلب الغير قابل للصدأ فإنه يمكن إستخدام صهاريج من الحديد المبطن بمادة الإبيوكس المطابقة للمواصفات الغذائية والتى تتحمل درجات الحرارة العالية وحرصا على عدم إنخفاض درجة حرارة الشراب أثناء فصل الشتاء فإنه يجب تدفئة مخازن الشراب بوسيلة تدفئة مناسبة للمحافظة على درجة الحرارة من الإنخفاض إلى أقل من ٣٠ - ٣٢°م حيث أن إنخفاض درجة الحرارة إلى أقل من ٢٣°م يؤدى إلى حدوث بلورة للشراب وظهور بللورات بيضاء اللون كما أن زيادة الانخفاض فى درجة الحرارة إلى أقل من ٢٠°م يؤدى إلى تصلب الشراب ويصبح على هيئة عجينة متماسكة وهذا التغير فى الشكل تغير فى الخواص الطبيعية ولا يؤثر فى جودة الشراب حيث يمكن إعادة الشراب إلى حالته الأصلية بمجرد التسخين الغير مباشر عند درجة حرارة ٣٥°م ولكن بلورة شراب الفركتوز أو تصلبه يعيق استخدامه لعدم صلاحيته للنقل باستخدام الطلمبات أو الضخ خلال المعدات المختلفة .

إستخدامات شراب الفركتوز Fructose Uses :

شراب الفركتوز يعتبر شراب طبيعى خالى من المواد الحافظة أو المضافة يعادل فى قيمته الغذائية قيمة سكر السكروز إذا ما حسبت على أساس نسبة المواد الصلبة الجافة وحاليا يستخدم بكثرة فى كثير من الدول حيث يصل إستهلاك الفرد فى الولايات المتحدة الأمريكية حاليا إلى ٦٠ ٪ شراب فركتوز مقابل ٤٠ ٪ سكروز ويدخل شراب الفركتوز فى كثير من الصناعات الغذائية لما يتميز به من درجة حلاوة عالية فضلا عن صفاته الطبيعية التى تجعله ملائمًا لكثير من المنتجات الغذائية .

(١) استخدام الهاى فركتوز ٤٢ :

يستخدم شراب الفركتوز ٤٢ كبديل جزئى أو كلى للسكر فى عديد من الصناعات الغذائية مثل :

١- المشروبات الغازية التى تعتمد على عصائر الفاكهة .

٢- العصائر والمربات والجيلى .

٣- الشربات بأنواعه .

٤- الحلوى مثل التوفى - النوجا - الكاندى - والفوندان .

٥- الآيس كريم والجرانيتا .

٦- الفواكه المحفوظة بأنواعها .

٧- محسنات الطعم والقوام للخبز .

٨- مشروبات الشيكولاتة واللبن والزبادى الحلو .

٩- البسكويت بأنواعه المختلفة .

١٠- الحلاوة الطحينية .

١١- الحلوى الشرقية مثل الملبن - البسبوسة - الهريسة - اللديدة . . . . الخ .

(ب) إستخدامات الهاى فركتوز ٥٥ :

يستخدم فى جميع الصناعات الغذائية المشار إليها بالإضافة إلى إستخدامه فى جميع أنواع المشروبات الغازية التى تحضر من الفواكه العالية الحموضة .

ثانياً : المحليات الصناعية Artificial Sweeteners :

يعتبر السكروز مادة التحلية الأساسية فى كل دول العالم كما أنه يتميز بمجموعة من الخواص الطبيعية والكيميائية التى تجعله يلعب دورًا هامًا فى تحضير العديد من المنتجات الغذائية حيث يمتاز بأنه يذوب فى الماء ويقاوم التأثيرات الضارة للضوء والحرارة ويسهل حفظه وتخزينه كما أنه يمكن أن يقوم بدور مضاد للأكسدة ويعتبر مادة حفظ طبيعية لكثير من المنتجات الغذائية مثل المربى والجيلى والمرملاد ويكون التركيب البنائى للحلوى بأنواعها المختلفة ويعتبر مادة ترطيب لقدرته على الإرتباط بالماء كما أن نواتج هدمه حراريا تعطى مادة الكرامل التى تتميز بلون داكن مرغوب ونكهة مميزة .

وإلى جانب السكروز والفركتوز والجلوكوز كمواد تحلية طبيعية فإنه يوجد العديد من مواد التحلية الغير تقليدية والتى تستخدم تحت ظروف خاصة حيث تتميز بانخفاض مقدار الطاقة الناتجة عند تناولها . وبصفة عامة تقسم مواد التحلية إلى محليات غذائية مثل السكروز وأخرى غير غذائية مثل المحليات الصناعية ويقوم هذا التصنيف على أساس القيمة الحرارية أو السُعرية لمادة التحلية فمثلا الأسبارتام Aspartame وهو مادة تحلية صناعية يعطى مقدراً بسيطا من الطاقة لا تزيد عن ٤ سعرات / لكل ١ جرام ويعادل فى درجة حلاوته الحلاوة الناتجة عن ١٨٠جم سكروز وعلى ذلك فإن القيمة السُعرية للاسبارتام تعادل ٥ , ٪ من السكروز ويوضح الجدول التالى درجة حلاوة بعض المحليات الطبيعية والصناعية بالمقارنة بحلاوة السكروز .

جدول (٥ -٥) درجة الحلاوة للمحليات الصناعية مقارنة بالسكروز

مادة التحلية	درجة الحلاوة
السكروز	١,٠٠
سوربوز	,٨٠
سوربيتول	,٥٠ - ,٦٣
مانيتول	,٤٠ - ,٦٠
ماليتيتول	,٦٨
زيلتول	,٩
سكارين	٣٠٠,٠
اسباراتيم	١٨٠,٠٠

مواد التحلية المصرح باستخدامها .

٢-١ السكارين Saccharin :

يعتبر من أكثر المحليات الصناعية إستعمالاً ويرجع تاريخ بداية إستعمالها كمادة محلية إلى ما يزيد عن ٩٠ عاماً ويقدر إنتاج العالم من السكارين بحوالى ٥٠٠٠ طن سنويا يستهلك منها فى الولايات المتحدة وحدها ما يقرب من ٣٠٠٠ طن حيث يستخدم منها ٦٠ ٪ فى صناعة المشروبات الغازية و ٢٠ ٪ فى إنتاج بعض الأغذية والمشروبات الأخرى بينما يتم تناول ٢٠ ٪ كمادة تحلية تستخدم فى أغراض أخرى يومية .

والسكارين هو أحد مشتقات حمض أرثوبنزوسلفونيك ويستخدم على صورة الملح الصوديومى أو ملح الكالسيوم وعلى الرغم من درجة حلاوته العالية إلا أن له بعض التأثيرات الجانبية على الطعم حيث يظهر طعم مر كما أنه يعتبر مادة تحلية غير مناسبة فى تحضير الحلوى التى يرتبط قوامها أساسا بمحتواها من الجوامد الصلبة كما أنه قد تظهر بعض النموات الميكروبية فى الأغذية المحلاة بالسكارين بسبب انخفاض تركيز المواد الصلبة لهذه المنتجات .

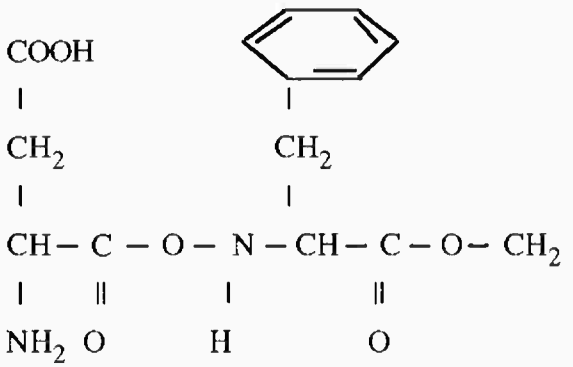
ويستخدم السكارين بصفة أساسية فى تحلية الأغذية الخاصة بمرضى السكر أو الأشخاص الذين يعانون من السمنة نظراً لإنخفاض السعرات الحرارية المصاحبة لتناوله فضلا على أنه يقلل من تعرض الأسنان للتلف الناشئ عن التسوس إلا أنه من الناحية الصحية هناك جدل حول إستخدام السكارين نظرا للأبحاث التى أثبت أنه يسبب سرطان المثانة لبعض حيوانات التجارب ولكن يجب الإشارة إلى أن الحيوانات التى ظهرت بها أورام تم تغذيتها على كميات عالية وغير عادية من مادة التحلية تصل إلى حوالى ٥ ٪ من الوجبة الكلية وبينما يتناول الإنسان كميات قليلة جداً من السكارين .

٢-٢ الأسبارتام Asparatame :

يعتبر الأسبارتام أفضل المحليات الصناعية الغير غذائية المعروفة من حيث المذاق حيث أنه على عكس السكارين فإن الأسبارتام لا يترك أى أثار مرة فى الطعم الا أنه مرتفع الثمن حيث يقدر سعره بحوالى ٢٠٠ مرة قدر السكروز ولكن بالنظر إلى أن درجة حلاوته تعادل ١٨٠ مرة قدر حلاوة السكروز فإن وحدة التحلية منه لا تعتبر مرتفعة الثمن إلى حد كبير .

والاسبارتام يكون عند أقصى درجات ذوبانه عند pH ٢,٢ وتصل درجة الذوبان إلى أقل حد ممكن عند pH ٢,٥ كما أنه يكون غير ثابت عند درجات الـ pH التى تتراوح بين ٣,٠ إلى ٦,٠ .

ومن الناحية الكيميائية الأسبارتام عبارة عن اسبارتيل فينايل الانين وهو ناتج من اتحاد اثنين من الأحماض الأمينية التى يشتق منها اسم المركب وقد انتج فى عام ١٩٦٩ وصرحت الهيئة الأمريكية للأغذية والعقاقير (FDA) باستعماله بعد ثبوت أنه مأمون صحيا بناء على الاختبارات التى أجريت على حيوانات التجارب .



Aspartame

٢-٣ السيكلامات Cyclamate :

درجة حلاوة السيكلامات منخفضة بالمقارنة بالسكارين حيث لا تزيد عن ٣٠ مرة قدر حلاوة السكروز ويستخدم السيكلامات على هيئة ملح الصوديوم أو الكالسيوم .

٢-٤ الزيليتيول Xylitol :

الزيليتيول عبارة عن كحول عديد الأيدروكسيل [$C_5 H_7 (OH)_5$] ويوجد ضمن العديد من المكونات التى توجد فى الفاكهة والخضروات كما أنه يتكون كأحد النواتج الوسطية فى عمليات التمثيل الغذائى فى الإنسان والحيوان ويمكن إنتاجه تجاريا بالتحليل المائى للزيلان xylan وهو السكر العديد فى كثير من النباتات ثم هدرجة الزيلوز الناتج من التحليل المائى لإنتاج الزيليتول الذى تجرى له عمليات التنقية والبلورة .

وإلى جانب استخدام الزيليتول كمادة تحلية فإن له تأثير ملطف Cooling effect ويتميز الزيليتول بأنه غير قابل للتحليل والتمثيل بفعل العديد من الأحياء الدقيقة إلا أنه يؤدى إلى الإصابة بالسرطان ولذلك فإن استخدامه فى الصناعات الغذائية تواجهه بعض الإعتراضات الا أن تناول كميات قليلة منه فى حدود ١٠ جرام بالنسبة للوزن يوميا لا يؤدى إلى حدوث أضرار .

٢-٥ السوربيتول Sorbitol :

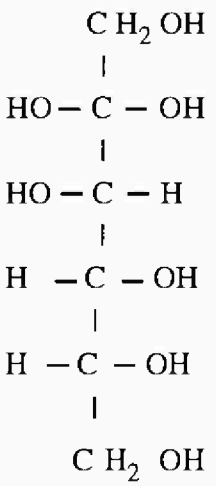
السوربيتول عبارة عن كحول عديد الأيدروكسيل [$C_6 H_8 (OH)_6$] يوجد فى

العديـــد مـــن الفواكه مثـل التفاح والخوخ والكمثـرى والكريـز والتوت وأيـضا يوجد فى بعض الأعـشاب البحـرية ، وإلى جانب تـأثيره المحلّى كـماده تحلية فـإن له تأثيـر مرطب ويستخدم حاليا فـى تحضير أدوية الكحة ومحـاليل مضمضة الفم ومعاجين الأسنان ويمتاز بأنه صعب التخـمـر بفعل الأحياء الدقيقة ويـصرح بإستخدام السـوربيتول لمـرضـى السكـر حيث أنه يمكـن أن يتحـول إلـى الفركتوز بفعل إنـزيمـات الكبد فـى الجسم وينتج تجاربـا بهدرجة الجلوكوز .

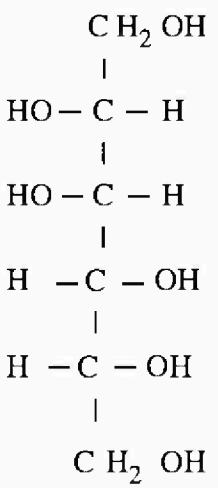
٢-٦ المانيتول Manitol :

عبارة عن كحول عديد الأيدروكسيل [$C_6 H_8 (OH)_6$] يوجد طبيعيـا فى العديد من النباتات والفطريات والطحالب وينتج تجاربا بـهدرجة سكر المانوز ويعتبر المانيتول أقل ذوبانا من السوربيتول ويستخدم فى صناعة اللبان وبعض الأغذية .

ويظهر فيما يلى التركيب الكيميائى لكل من السوربيتول والمانيتول .



Sorbitol



Manitol