

## الفصل الخامس

### إنتاج شراب الفركتوز والمحليات الصناعية

#### \* أولاً : الفركتوز

- شراب الذرة عالى الفركتوز
- إنتاج شراب الفركتوز إنزيميا
- تحويل الدكستريونات إلى سكر جلوكوز
- تحويل الجلوكوز إلى فركتوز
- أنواع شراب الفركتوز
- المواصفات القياسية
- تخزين وتداول شراب الفركتوز
- إستخدامات شراب الفركتوز

#### \* ثانياً : المُحليّات الصناعيّة

- السكرين
- الأسبارتام
- السيكلامات
- الزيليتول
- السوربيتول
- المانيتول

obeikandi.com

## الفصل الخامس

# إنتاج شراب الفركتوز والمحليات الصناعية

### أولاً: الفركتوز Fructose :

يعتبر الفركتوز أحد السكريات الأخرى البديلة التي تستخدم في التحلية لسد الفجوة الكبيرة بين الإستهلاك والإنتاج العالمي من السكر . ويعتبر النشا أهم المصادر الطبيعية التي لجأت كثير من الدول في السنوات الأخيرة لاستخدامه في إنتاج سكر الجلوكوز الذي يُنتج تجارياً على صورة شراب Glucose Syrup حيث يستخدم بكثرة في عمليات التحلية ومعظم ما ينتج من شراب الجلوكوز يستخدم في إنتاج شراب الفركتوز الأكثر حلاوة .

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

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

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

ولهذه الأشربة السكرية المختلفة خواص طبيعية وكيميائية متباينة تجعلها ذات استخدامات عديدة في مجال الصناعات الغذائية وذات أهمية تكنولوجية في تحضير العديد من المنتجات الغذائية التي يدخل في تكوينها السكر ويوضح الجدول التالي (٥-٢) درجة حلاوة الأشربة السكرية المختلفة بالمقارنة بالسكر (درجة الحلاوة ١٠٠٪).

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

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

\* محلول سكرى تركيزه ١٥٪ (وزن / وزن)

حيث يلاحظ أن درجة حلاوة شراب الجلوكوز تعادل ٦٠٪ بالنسبة لدرجة حلاوة شراب السكروز في حين أن درجة حلاوة شراب المالتوز لا تتجاوز ٣٠٪ فقط بينما يعتبر الفركتوز الأكثر حلاوة بين جميع السكريات الطبيعية حيث أن شراب الذرة الذى يحتوى على ٤٢٪ فركتوز له درجة حلاوة تعادل حلاوة شراب السكروز وباستخدام الطريق الحديثة لفصل الكروماتوجرافى باستخدام راتنجات التبادل الأيونى أو مواد الإدمصاص الاختيارية الغير عضوية أمكن إنتاج أشربة سكرية تحتوى على تركيزات عالية من 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 تجارياً تحتوى على الفركتوز بنسبة تتراوح بين ٤٢ إلى ٥٥٪.

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

شراب الذرة العالى الفركتوز يعتبر أهم الأشربة السكرية التى تنتج من نشا الذرة فضلاً عن درجة حلاوته العالية له بعض الخواص الطبيعية المميزة التى تؤدى إلى استخدامه بكثرة

فى تخضير العديد من المشروبات والمنتجات الغذائية المختلفة . ويمكن إعتبار شراب الفركتوز بديلاً إقتصادياً للسكر 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 - أيضاً أستخدم السكر كمصدر لإنتاج الفركتوز بالتحليل المائى بالحمض أو بانزيم الانفرتيز كما أجريت محاولات إنتاج الفركتوز من الجلوكوز بالمعاملة بالقلوى إلا أن كل هذه المحاولات لم تحقق نجاحاً 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 تقدماً ونجاحاً كبيراً على المستوى التجارى بعد إستخدام إنزيم جلوكوز أيزوميريز Glucose isomerase فى هذه الصناعة . ويرجع بداية اكتشاف هذا الإنزيم إلى منتصف الخمسينات والاسم الأسمى لهذا الإنزيم Xylose Isomerase حيث أن نشاطه الأساسى تحويل السكر الخماسى زيلوز Xylose إلى مشابه الكيتونى Xylulose وأجريت أبحاث عديدة فى اليابان لإستخدام هذا الإنزيم فى تحويل الجلوكوز إلى فركتوز كطريقة لإنتاج الفركتوز تجارياً 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 إنزيم الجلوكوز أيزوميريز ويصل إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية من شراب الذرة العالى الفركتوز إلى ما يزيد عن ٨ بليون رطل سنوياً . أيضاً تأسس فى مصر فى مدينة العاشر من رمضان الشركة الوطنية لمنتجات الذرة التى تقوم بإنتاج 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 هي :

- (١) تحليل النشا إلى دكستريانات Dextrinisation .
- (٢) تحليل الدكستريانات إلى جلوكوز Saccharification .
- (٣) تحويل الجلوكوز إلى فركتوز Isomerisation .

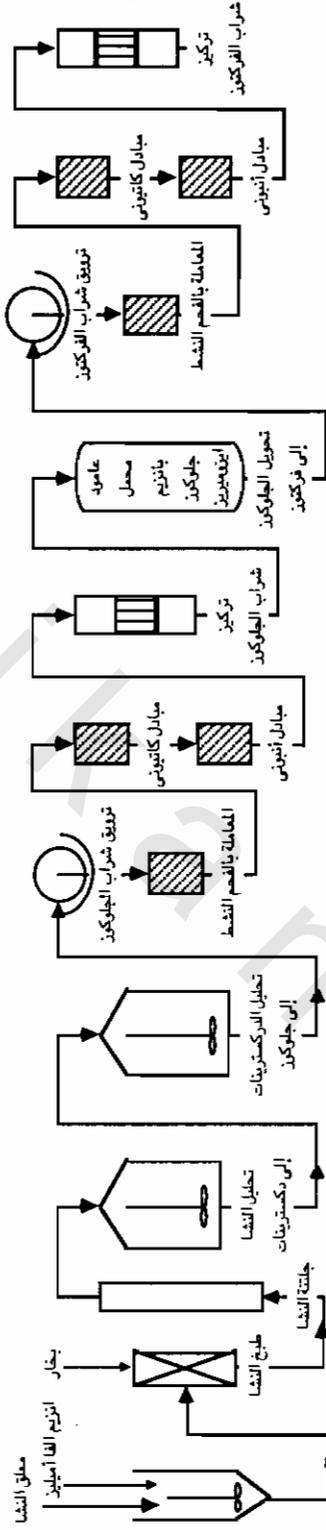
ويتخلل هذه العمليات الأساسية بعض العمليات الأخرى ذات التأثير المباشر على كفاءة الإنتاج وجودة شراب الفركتوز ونتناول في هذا الجزء خطوات الصناعة بالتفصيل والتي توضح في الشكل ( ٥ - ١ ) .

### أولاً : تحليل النشا إلى دكستريانات Dextrinisation :

يوجد النشا في مصادره الطبيعية (Native Starch) على هيئة حبيبات سليمة متماسكة ذات بناء داخلي معقد وغير قابل للذوبان في الماء على درجات الحرارة العادية وبالتالي لا تستطيع الإنزيمات مهاجمة النشا وتحليله تحت هذه الظروف مما يتطلب إحداث بعض التغيرات في صفاته الطبيعية والكيميائية حتى يمكن تحليله مائياً بفعل الإنزيمات إلى وحدات الجلوكوز ويتم ذلك بتسخين معلق النشا إلى درجات حرارة أعلى من درجة حرارة الجلتنة ( $60^{\circ}\text{C}$ ) فتفتتح الحبيبات النشوية وتتمزق مما يؤدي إلى ارتفاع اللزوجة وحدوث الجلتنة Gelatinization وبالتالي سهولة تحليل النشا جزئياً إلى دكستريانات وتتم عمليتي الجلتنة وتكوين الدكستريانات في عملية واحدة يطلق عليها Liquefaction وتجري هذه العملية باستخدام حمض معدني أو انزيم الأميليز أو الاثنين معاً :

### (١) المعاملة بالحمض Acid liquefaction :

تتم هذه العملية في أوعية تحت ضغط (Converters) حيث يخلط النشا مع الماء لتحضير معلق يحتوى على ٣٠ - ٤٠٪ نشا ( وزن جاف ) ثم تضاف الكمية المناسبة من حمض هيدروكلوريك مخفف ( تركيزه ١٢٪ ) لخفض درجة الـ pH إلى ١,٨ - ٢,٠ ثم يسخن المعلق بالبخار لرفع درجة حرارته إلى ٩٠م° ويستمر التسخين لمدة ٣٠ دقيقة ثم ترفع درجة الحرارة إلى ١٤٠ - ١٦٠م° ويستمر التسخين لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة لاستكمال تحليل النشا وإنتاج الدكستريانات المناسبة لعمل الانزيم في المرحلة التالية ، ويعبر عن درجة تحليل



شكل ( ١-٥ ) دياجرام يوضح مراحل إنتاج شراب الذرة العالي 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 الحامض لانتاج الدكستريانات بعض العيوب والتي أهمها :

(١) من الصعب إنتاج شراب دكستريانات له مكافئ دكستروز معتدل بدون حدوث تغيرات غير مرغوبة حيث أن الشراب المنخفض في قيمة DE يكون غير ثابتا وتميل مكوناته من الدكستريانات إلى التجمع والاتحاد معاً وتكوين بوليمرات وهو ما يسمى Retrograda-tion ويؤدي وجود هذه التجمعات إلى ظهور عتامة وعتارة كثيفة تجعل مظهر الشراب غير مقبولاً وتجعل من الصعب إجراء عمليات التنقية والترشيح التي تجرى بعد ذلك ومن ناحية أخرى ارتفاع قيمة DE في الشراب الناتج يؤدي إلى انخفاض نسبة الجلوكوز في الشراب النهائي لعدم كفاءة عمل الانزيمات في المرحلة القادمة فضلاً عن أن ظروف المعاملة بالحمض تكون شديدة لدرجة تجعل جزيئات الجلوكوز الناتجة يحدث لها إعادة تنظيم وتكوين نواتج ملونة مثل الهيدروكسي ميثايل فورفورال وحمض اللينولينك التي تكسب الشراب لونا أصفر غير مرغوب فيه .

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

(٣) التحليل المائي بالحمض يتطلب ظروف حامضية شديدة والتسخين لمدد طويلة نسبياً وهذه الظروف تتطلب استخدام أوعية من معدن مقاوم للتآكل لفعل الحموضة الشديدة وهي عادة ما تكون مرتفعة الثمن .

### (ب) التحليل بالحمض والإنزيم Acid Enzyme Liquefaction :

أمكن التغلب على مشاكل استخدام الحمض في التحليل المائي وتحسين صفات شراب الدكستريانات الناتج بالتحليل بالحمض بإدخال الإنزيم مع الحمض حيث تتم عملية التحليل على مرحلتين في المرحلة الأولى يتم معاملة معلق النشا المحمض بالطريقة السابقة حتى

الوصول إلى درجة تحليل بسيطة تعادل ٥-٧ مكافئ دكستروز فيجربى 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 دقيقة حيث يتم الحصول على شراب دكستريونات بمكافئ دكستروز حوالى ١٢ ويتميز هذا الشراب بصفات ترشيح جيدة .

### (ج) التحليل بالإنزيم Enzyme / Enzyme Liquefaction :

فى هذه الطريقة يجرى التحليل المائى للنشا باستخدام نوعين من الإنزيمات ويتم ذلك على مرحلتين : فى المرحلة الأولى يحضر معلق النشا وتضبط درجة الـ pH عند ٦,٥ ويسخن المعلق لرفع درجة حرارته إلى ٨٥م وتضاف الجرعة المناسبة من إنزيم الفا أميليز بكتيرى ( مقاوم للحرارة ) ويستمر التفاعل لمدة ٢٠ دقيقة ثم يجرى تسخين المعلق تحت ضغط مرتفع لرفع درجة حرارته إلى ١٤٠م حيث يستمر التسخين لمدة ٥ دقائق ثم تخفض حرارته بعد ذلك وتجرى المرحلة الثانية Dextrinisation على درجة حرارة ٨٥م ( ودرجة الـ pH ٦,٥ ) حيث يضاف انزيم الفا أميليز فطرى ويترك حتى الوصول إلى الـ DE المطلوبة فى شراب الدكستريونات . وتعتبر هذه الطريقة ذات أهمية اقتصادية كبيرة فى زيادة الإنتاج عندما يكون الغرض الأساسى إنتاج شراب الفركتوز لأن هذه الطريقة 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 التطورات التى حدثت فى السنوات الأخيرة فى هذا المجال عزل انزيم الفا أميليز من بكتريا *B. licheniformis* يتميز بمقاومته الحرارية العالية وقدرته على تحمل

درجات الحرارة المرتفعة التي تستخدم مع النشا في 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 الذي يتم فيه طبخ النشا (Jet cooker) حيث يدفع البخار لرفع درجة الحرارة إلى ١٠٥ - ١١٠ م ويحفظ المعلق على هذه الدرجة لمدة ٥ - ٧ دقائق ثم تخفض درجة حرارة المعلق إلى ٩٥ م ويترك لمدة ٦٠ - ٩٠ دقيقة لزيادة درجة تحلل النشا وإنتاج الدكستريانات المطلوبة بمكافئ دكستروز يتراوح بين ٨ إلى ١٥ . واستخدام هذا الانزيم يحقق عدة مزايا حيث يؤدي إلى إمكانية البدء بمعلق نشا مرتفع التركيز ( < ٤٠ ٪ ) واستخدام درجات حرارة مرتفعة دون التأثير على كفاءة عمل الإنزيم والتي تؤدي إلى حدوث تغيير في طبيعة النشا برفع درجة حرارته إلى درجات أعلى من نقطة الجلتنة وبالتالي إرتفاع نشاط الإنزيم الذي يعمل بصورة أفضل مع النشا المتجلت كما أن درجات الحرارة المرتفعة تعمل على خفض اللزوجة وتسهيل عملية الترشيح وكل هذه المزايا تؤدي في النهاية إلى إرتفاع تركيز الجلوكوز في الشراب النهائي .

### ثانياً: تحويل الدكستريانات إلى سكر جلوكوز

#### Dextrins Conversion to Glucose

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

بعد إتمام عملية الـ Liquefaction ينقل شراب الدكستريانات إلى تانك كبير الحجم مزود بمقلب ميكانيكى ويبرد الشراب لخفض درجة حرارته إلى أقل من ٦٠ م 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 الإحتياجات الواجب مراعاتها فى هذه المرحلة عند التعامل مع إنزيم الجلوكو أميليز حيث يفضل أن يكون المستحضر الإنزيمى 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 نقيه تحتوى على بعض الشوائب الإنزيمية الأخرى مثل الإنزيمات المحلله للبروتينات والدهون . وبالتالي فإن هذه الإنزيمات الجانبيه تعمل على تحليل البروتينات أو الدهون التى قد توجد فى شراب الدكستريانات كشوائب من نشا الذرة وتكوين أحماض أمينية وبيتيدات قصيرة يمكن أن تتفاعل مع الجلوكوز وتنتج معقدات ملونه تكسب الشراب الناتج لونا غير مرغوب ، كما أن إنزيم الجلوكو أميليز غير متخصص بدرجة عالية ففى وجود تركيزات عالية من المواد الصلبه والإنزيم فإنه يشجع إرتداد جزئيات الجلوكوز للاتحاد معا ( يسمى هذا التفاعل Reversion ) وتكوين سكريات ثنائيه من المالتوز والإيزومالتوز على حساب الجلوكوز المستهلك فى هذه التفاعلات وبالتالي 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 وبالتالي وجود هذا الإنزيم يعمل على تكبير نقط التفرع فى الدكستريانات الناتجه من الأميلوبكتين مما يقلل من إستهلاك إنزيم الجلوكو أميليز فى هذا التفاعل الجانبي وبالتالي يمكن التوفير فى كمية الجلوكوأميليز اللازم لاتمام التحليل بتوفير مادة التفاعل المناسبه لنشاط الإنزيم مما يؤدى إلى زيادة معدل نشاطه وخفض المدة اللازمه لاتمام التحليل وتقليل استهلاك الجلوكوز فى التفاعلات الجانبيه وتؤدى هذه الظروف مجتمعة إلى زيادة تصافى إنتاجية سكر الجلوكوز وتحسين إقتصاديات التصنيع .

### ثالثاً : تحويل الجلوكوز إلى فركتوز Glucose Conversion to Fructose :

ويطلق على هذه العمليه Isomerisation ، وفى هذه المرحلة يتم معامله 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 الفركتور . وتعتمد كفاءة التحويل واقتصاديات التصنيع على عدة عوامل أهمها :

- (أ) درجة نقاوة شراب الدكستروز ومدى خلوه من المواد التى تؤثر فى نشاط الإنزيم .  
 (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 .  
 (ج) طريقة معاملة الشراب بالإنزيم .

ونتناول فى هذا الجزء العمليات التى يتضمنها تحويل الجلوكوز إلى فركتور بغرض إنتاج شراب الذرة العالى الفركتور والعوامل التى تؤثر فى إنتاجية الشراب واقتصاديات 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 فركتور 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 تؤدي 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 .

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

## (٢) ضبط الظروف المثلى للتحويل : Adjustment of optimum conditions :

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

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

( ج ) 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 لأيونات الكالسيوم إن وجدت وبالتالي زيادة درجة ثبات الإنزيم .

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

## (٣) المعاملة بالإنزيم ( Isomerisation ) Enzyme treatment :

يعامل شراب الدكستروز النقي 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 أولاً بالفحم المنشط ثم راتنجات التبادل الأيوني الكاتيوني ثم الأنيوني للتخلص من آثار العناصر المعدنية والمواد الأخرى الذائبة الغير مرغوبة ثم يركز الشراب بالتبخير تحت تفريغ باستخدام اجهزة التبخير Fallig Film Evaporator لرفع تركيز المواد الصلبة الذائبة إلى حوالي ٧٠ - ٧٥ ٪ حيث يصبح الشراب مناسباً لمعلبات التخزين أو الشحن والتداول .

ويوجد طريقتين لمعاملة شراب الدكستروز بالإنزيم :

### ( أ ) المعاملة بالإنزيم على وجبات Batch isomerisation :

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

ذلك مرة أخرى مع كل دفعة جديدة من شراب الدكستروز ويؤخذ على هذه الطريقة إستهلاك كميات كبيرة من الإنزيم حيث يصعب إسترجاع الإنزيم واستخدامه مرة أخرى ونظراً لإرتفاع تكلفة إنتاج المستحضر الإنزيمى فإن إستهلاك كميات كبيرة منه تؤدي إلى إرتفاع تكلفة إنتاج شراب الفركتوز بهذه الطريقة فضلاً 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 أيزوميريز 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 ويمر الشراب بداخله بصورة مستمرة .

ويوجد من المفاعلات الإنزيمية أنواع عديدة وأكثر هذه الأنواع شيوعاً وإستخداماً فى مصانع الفركتوز عبارة عن عامود أسطوانى الشكل ضخم ارتفاعه حوالى ٦ متر وقطره ١,٥ متر تصل سعته إلى ٣,٥ طن متري 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 ماراً 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 الإنزيم 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 الأصيل نظراً لأن إستمرار إستخدامه بعد ذلك يعتبر غير إقتصادياً لانخفاض إنتاجية الفركتوز وتتراوح إنتاجيته 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 الإنزيم من أهم المعايير التى يجب ضبطها بدقة لتحقيق أعلى إنتاجية ممكنة فقد وجد أن ارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى للإنزيم بمقدار ٢م فقط أدى إلى خفض فترة عمر الإنزيم بحوالى ٥٠٪ ويترتب على ذلك إنخفاض إنتاجية الفركتوز بحوالى ٣٥٪ وأيضا ارتفاع درجة الحرارة بحوالى ٥م 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  $\pm ٠,٢$  درجة يؤدي إلى خفض درجة ثبات الإنزيم بحوالى ٢٠٪ .

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

فعند تغذية المفاعل الأنزيمى بشراب جلوكوز تجارى منخفض الجودة مثل الأشربة الناتجة بالتحليل المائى بالحمض أو بالحمض والإنزيم فإن ذلك يتطلب ضرورة إستخدام مفاعل إنزيمى أكبر حجما وبالتالي إستخدام كمية أكبر من الإنزيم المرتفع الثمن وبالتالي 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 الفنا 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 وبالتالي تقلل من إنتاجيته من شراب الفركتوز وهذه الكحولات تستخدم كمادة مائئة ومثبتة لمستحضر إنزيم الجلوكو أميليز الذى يستخدم فى إنتاج الجلوكوز

من الدكستريانات وبالتالي قد يحتوى شراب الدكستروز الناتج على كمية بسيطة من هذه الكحوليات 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 .

### انواع شراب الفركتوز : Types of High Fructose Syrups

يقتصر استخدام إنزيم جلوكوز أيزوميريز على إنتاج شراب ذرة نسبة الفركتوز به لارتفاع 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 استخدامات خاصة إلا أن تكلفة إنتاجها تكون عالية وبصفة عامة يوجد نوعان من أشربة الفركتوز التى تنتج تجارياً شراب الهاء فركتوز ٤٢ والهاء فركتوز ٥٥ ( جدول ٥ - ٤ ) . .

#### المواصفات القياسية لأشربة الفركتوز :

نين فيما يلى أهم المواصفات الخاصة بأشربة الفركتوز الصادرة عن هيئة المواصفات والمقاييس .

#### جدول ( ٥ - ٤ ) المواصفات القياسية لأشربة الفركتوز

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 ثابتاً ميكروبيولوجياً 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 يؤدي إلى خفض تركيزه وأهم ما يراعى عند نقل وتخزين شراب الفركتوز المحافظة على درجة حرارته من الانخفاض الذى قد يؤدي إلى تغير فى خواصه الطبيعية وعادة ما يتم تخزين الشراب ونقله إلى المصانع التى تستخدمه فى صهاريج من الصلب الغير قابل للصدأ والمعزول حرارياً للمحافظة على درجة حرارته عند ٣٢م للهائى فركتوز (٤٢) و ٣٠م للهائى فركتوز (٥٥) ونظراً لارتفاع أسعار الصلب الغير قابل للصدأ فإنه يمكن إستخدام صهاريج من الحديد المبطن بمادة الإيبوكس المطابقة للمواصفات الغذائية التى تتحمل درجات الحرارة العالية وحرصاً على عدم إنخفاض درجة حرارة الشراب أثناء فصل الشتاء فإنه يجب تدفئة مخازن الشراب بوسيلة تدفئة مناسبة للمحافظة على درجة الحرارة من الانخفاض إلى أقل من ٣٠ - ٣٢م حيث أن إنخفاض درجة الحرارة إلى أقل من ٢٣م يؤدي إلى حدوث بلورة للشراب وظهور بللورات بيضاء اللون كما أن زيادة الانخفاض فى درجة الحرارة إلى أقل من ٢٠م يؤدي إلى تصلب الشراب ويصبح على هيئة عجيبة 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 ٣٥م 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 وحالياً يستخدم بكثرة فى كثير من الدول حيث يصل إستهلاك الفرد فى الولايات المتحدة الأمريكية حالياً إلى ٦٠٪ شراب فركتوز مقابل ٤٠٪ سكروز ويدخل شراب الفركتوز فى كثير من الصناعات الغذائية لما يتميز به من درجة حلاوة عالية فضلاً عن صفاته الطبيعية التى تجعله ملائماً لكثير من المنتجات الغذائية .

#### (١) استخدام الهائى فركتوز ٤٢ :

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

- ١- المشروبات الغازية التي تعتمد على عصائر الفاكهة .
- ٢- العصائر والمربات والجيلي .
- ٣- الشربات بأنواعه .
- ٤- الحلوى مثل التوفى - النوجا - الكاندى - والفوندان .
- ٥- الأيس كريم والجرائنا .
- ٦- الفواكه المحفوظة بأنواعها .
- ٧- محسنات الطعم والقوام للخبر .
- ٨- مشروبات الشيكولاتة واللبن والزبادى الحلو .
- ٩- البسكويت بأنواعه المختلفة .
- ١٠- الخلاوة الطحينية .
- ١١- الحلوى الشرقية مثل الملبن - البسبوسة - الهريسة - اللديدة . . . الخ .

#### (ب) استخدامات الهامى فركتوز ٥٥ :

يستخدم فى جميع الصناعات الغذائية المشار إليها بالإضافة إلى استخدامه 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 دوراً هاماً 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 سادة حفظ طبيعية لكثير من المنتجات الغذائية مثل المربى والجيلي والمرملاد ويكون التركيب البنائى للحلوى بأنواعها المختلفة ويعتبر مادة ترطيب لقسدرته على الارتباط بالماء كما أن نواتج هدمه حرارياً 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 والتي 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 بسيطاً من الطاقة لا تزيد عن ٤ سعرات / لكل ١ جرام ويعادل في درجة حلاوته الحلاوة الناتجة عن ١٨٠ جم سكروز وعلى ذلك فإن القيمة السُعرية للأسبارتام تعادل ٥, ٪ من السكروز ويوضح الجدول التالي درجة حلاوة بعض المحليات الطبيعية والصناعية بالمقارنة بحلاوة السكروز .

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

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

مواد التحلية المصرح باستخدامها .

## ١-٢ السكرين Saccharin :

يعتبر من أكثر المحليات الصناعية استعمالاً ويرجع تاريخ بداية إستعمالها كمادة محلية إلى ما يزيد عن ٩٠ عاماً ويقدر إنتاج العالم من السكرين بحوالى ٥٠٠٠ طن سنوياً 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 أرثونزوسلفونيك ويستخدم على صورة الملح الصوديومي 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 في تحضير الحلوى التي يرتبط قوامها أساساً بمحتواها من الجوامد الصلبة كما أنه قد تظهر بعض النواتج الميكروبية في الأغذية المحلاة بالسكارين بسبب انخفاض تركيز المواد الصلبة لهذه المنتجات .

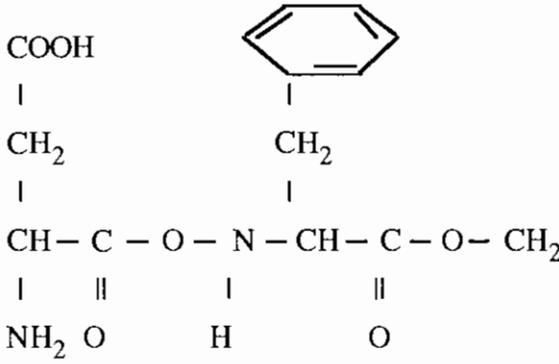
ويستخدم السكارين بصفة أساسية في تحلية الأغذية الخاصة بمرضى السكر أو الأشخاص الذين يعانون من السمنة نظراً لانخفاض السعرات الحرارية المصاحبة لتناوله فضلاً على أنه يقلل من تعرض الأسنان للتلف الناشئ عن التسوس إلا أنه من الناحية الصحية هناك جدل حول استخدام السكارين نظراً للأبحاث التي أثبتت أنه يسبب سرطان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

## ٢-٢ الأسبارتام Aspartame :

يعتبر الأسبارتام أفضل المحليات الصناعية الغير غذائية المعروفة من حيث المذاق حيث أنه على عكس السكارين فإن الأسبارتام لا يترك أي آثار مرة في الطعم إلا أنه مرتفع الثمن حيث يقدر سعره بحوالي 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 التي تتراوح بين ٣,٠ إلى ٦,٠ .

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



### Aspartame

#### ٣-٢ السيكلامات Cyclamate :

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

#### ٤-٢ الزيليتول Xylitol :

الزيليتول عبارة عن كحول عديد الأيدروكسيل  $[\text{C}_5 \text{H}_7 (\text{OH})_5]$  ويوجد ضمن العديد من المكونات التي توجد في الفاكهة والخضروات كما أنه يتكون كأحد النواتج الوسيطة في عمليات التمثيل الغذائي في الإنسان والحيوان ويمكن إنتاجه تجارياً بالتحليل المائي للزيلان xylan وهو السكر العديد في كثير من النباتات ثم هدرجة الزيلوز الناتج من التحليل المائي لإنتاج الزيليتول الذي 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 يؤدي إلى الإصابة بالسرطان ولذلك فإن استخدامه في الصناعات الغذائية تواجهه بعض الاعتراضات إلا أن تناول كميات قليلة منه في حدود ١٠ جرام بالنسبة للوزن يوميا لا يؤدي إلى حدوث أضرار .

#### ٥-٢ السوربيتول Sorbitol :

السوربيتول عبارة عن كحول عديد الأيدروكسيل  $[\text{C}_6 \text{H}_8 (\text{OH})_6]$  يوجد في

العديد من الفواكه مثل التفاح والخرخ والكشمري والكريز والتوت وأيضا يوجد في بعض الأعشاب البحرية ، وإلى جانب تأثيره المحلى كماده تحلية فإن له تأثير مرطب ويستخدم حاليا فى تحضير أدوية الكحة ومحاليل مضمضمة الفم ومعاجين الأسنان ويمتاز بأنه صعب التخمر بفعل الأحياء الدقيقة ويصرح بإستخدام السوربيتول لمرضى السكر حيث أنه يمكن أن يتحول إلى الفركتوز بفعل إنزيمات الكبد فى الجسم وينتج تجاربا بهدرجة الجلوكوز .

## ٦-٢ المانيتول Manitol :

عبارة عن كحول عديد الأيدروكسيل [ C<sub>6</sub> H<sub>8</sub> (OH)<sub>6</sub> ] يوجد طبيعيا فى العديد من النباتات والفطريات والطحالب وينتج تجاربا بهدرجة سكر المانوز ويعتبر المانيتول أقل ذوبانا من السوربيتول ويستخدم فى صناعة اللبن وبعض الأغذية .

ويظهر فيما يلى التركيب الكيميائى لكل من السوربيتول والمانيتول .

