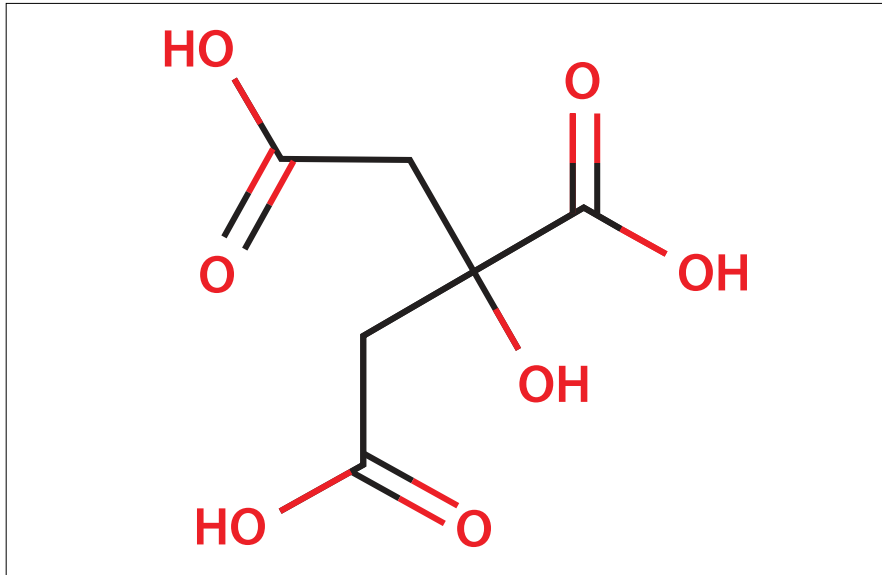


إنتاج حامض الستريك من التمور



التركيب البنائي لحامض الستريك

إلى التمور الفاسدة بسبب قدمها وسوء تخزينها وغيرها من العوامل، والتي ينبغي الاستفادة منها في بعض الصناعات الكيميائية المهمة.

وقد تمكن الباحثون من إنتاج بعض المركبات الكيميائية العضوية من تلك التمور، إذ أن تلك الثمار تعد وسطا جيدا لنمو بعض الميكروبات والفطريات، نظرا لاحتوائها على نسب متفاوتة من السكريات والبروتينات والمعادن والفيتامينات، مما أهلها لأن تكون المادة الأولية

شهدت منطقتنا العربية اهتماما واضحا بأشجار النخيل خلال مطلع هذا القرن، وقد أولت بعض الدول، كالإمارات العربية المتحدة، اهتماما بالغاً بتلك الأشجار المباركة التي رافقت أبناء المنطقة العربية منذ فجر التاريخ.

وتعد التمور هي المنتج الرئيس للنخيل، والتي يتم استهلاكها كغذاء من قبل الإنسان، إلا أن نسبة لا بأس بها من بعض أنواع التمور، تكون منخفضة الجودة وغير صالحة للاستهلاك الآدمي، إضافة

المهندس أمجد قاسم

متخصص في تكنولوجيا الصناعات الكيميائية

عضو الرابطة العربية للإعلاميين العلميين

عمان - الأردن

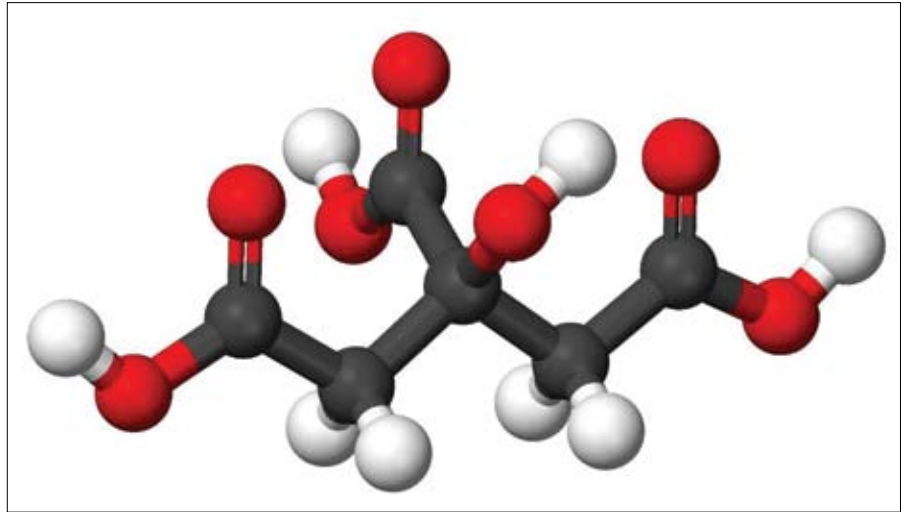
engamjad@gmail.com



الثانية اللامائية فتبلغ ١٥٢ درجة سلسيوس،
ويذوب هذا الحامض في الماء بسهولة.

وترجع أهمية هذا الحامض إلى خصائصه
المتميزة، واستخداماته في عدد كبير من
الصناعات الغذائية والدوائية المهمة للغاية،
مما حدا بالعديد من دول العالم إلى الاهتمام
بإنتاجه على نطاق صناعي، حيث بلغ الإنتاج
العالمي منه في عام ٢٠٠٧ أكثر من ١٧٠٠٠٠٠
طن، نصفها تم إنتاجه في الصين، علما بان
بلادنا العربية تفتقر إلى إنتاج هذا الحامض
بشكل كاف وان معظم احتياجاتها يتم
استيراده من الخارج بالرغم من توفر إمكانية
تصنيعه محليا.

ويمكن الحصول على حامض الستريك بعدة
طرق، من أهمها استخلاصه من الحمضيات،
وتعد المكسيك ودول جنوب أمريكا من أهم
الدول التي تنتج بتلك الطريقة، نظرا لتوفر
الليمون والحمضيات فيها، إلا أن إنتاجها يبلغ
فقط ١٪ من الإنتاج العالمي، أما النسبة الأكبر
فيتم إنتاجها بالطريقة التخمرية وباستخدام
الفطريات، ومن أشهر تلك الطرق:



البناء الثلاثي الأبعاد لحامض الستريك

الليمون وثمار البرتقال والكمثرى، وفي عام
١٨٦٠ تم إنتاج حامض الستريك في إيطاليا من
الليمون، ثم في عام ١٨٩٢ تمكن العالم C. We-
mer من ابتكار طريقة لإنتاج هذا الحامض من
فطر البنسيليوم Penicilium الموجود في وسط
سكري.

في عام ١٩١٧ تمكن الكيميائي الأمريكي جيمس
كيور James Currie من تصنيع حامض الليمون
أو حامض الستريك بواسطة فطر الاسبرجلس
Niger Aspergillus على وسط مكون من
السكروروز والجلوكوز وعصير الذرة والمولاس
والنشا المتحلل، وقد طورت هذه الطريقة في عام
١٩٢٩ على نطاق تجاري.

والرمز الكيميائي لحامض الستريك هو $C_6H_8O_7$
أما الصيغة البنائية فهي $CH_2COOH.COOH$
 $COOH.CH_2COOH$ ، وهو يوجد في الحمضيات
وفي عدد كبير من الفواكه، وتبلغ نسبته في
عصير الليمون من ٦ - ٧ ٪، كما قد يتحد مع
عدد كبير من الحوامض العضوية.

وحامض الستريك قد يوجد على هيئة هدرات،
أي مع جزيء واحد من الماء وأيضا قد يوجد على
صورة لا مائية، وتبلغ درجة انصهار الأول حوالي
١٠٠ درجة سلسيوس، أما درجة انصهار الصورة

في بعض التفاعلات الحيوية لإنتاج بعض المركبات
العضوية، كحامض الخليك، والكحولات،
وحامض الستريك ومادة الفورفورال وغيرها.

وقد أدى التطور في علم الكيمياء إلى ابتكار طرق
حديثة للحصول على بعض المركبات الكيميائية
المهمة من مخلفات النباتات وثمارها، وقد
انعكس ذلك وبشكل مباشر على إنتاج عدد
لا بأس به من المواد المهمة في الصناعة، وفي
حياتنا اليومية من التمور، وخصوصا تمور
الدرجة الثانية والتمور الفاسدة، ومن أهم تلك
المركبات الكيميائية، حامض الستريك الذي
يمكن إنتاجه وبكفاءة عالية من التمور، نظرا
لمحتواها المرتفع من السكريات، مما يؤهلها لأن
تكون إحدى الصناعات الاستراتيجية الواعدة
في بلادنا العربية نظرا لتوفر المادة الأولية والتي
هي التمور وبكميات كبيرة.

الخصائص الكيميائية لحامض الستريك

حامض الستريك Citric Acid أو ما يعرف
بحامض الليمون، هو احد الأحماض العضوية
الضعيفة، وقد اكتشفه العالم العربي جابر بن
حيان في الحمضيات وذلك في القرن الثامن،
وفي عام ١٧٨٤ تمكن العالم السويدي كارل ولهم
Carl Wilhelm من الحصول عليه من عصير

، ويكون عديم اللون والرائحة، وبعد المعالجة الكيميائية يكون محتواه قليلا من الأملاح المعدنية.

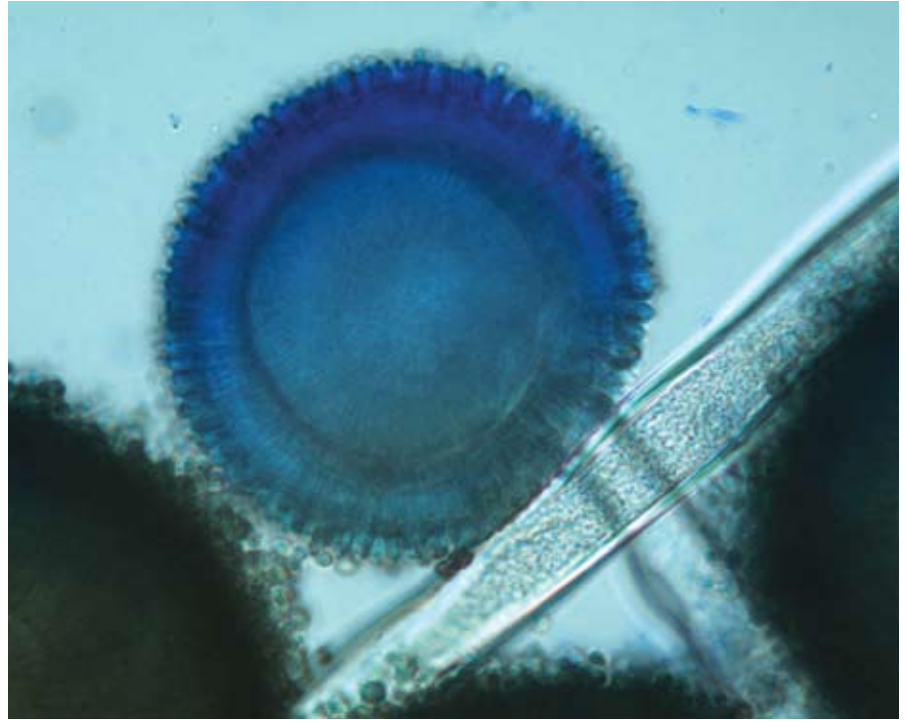
وتعد سكريات التمور، من السكريات غير المتبلورة، وتتميز بقابليتها على التميع، إذ أنها تمتص الرطوبة الجوية بسهولة إذا تركت معرضة للهواء.

ويتم إنتاج عصير السكر من التمور، بطرق ميكانيكية وكيميائية معاقبة، تبدأ بفصل الشوائب، ثم غسل الثمار بالماء النقي مع التحريك المستمر، وثقل بعدها التمور إلى اسطوانة الاستخلاص بنظام التيار المعاكس، حيث يمرر الماء الساخن وبخاره في تلك الاسطوانة من الأعلى، وذلك لضمان الحصول على معظم السكر.

يتم سحب العصير السكري من الأسفل، والذي يبلغ تركيزه من ١٥ - ٢٥٪ بركس، بعد مروره على مناخل لفصل الألياف والنوى، وينقل بعدها إلى خزانات العصير، وتتم معالجة بقايا التمور من جديد للحصول على بقايا السكر التي قد تكون موجودة.

يعالج العصير الناتج بعد تبريده إلى درجة ٤٥ درجة سلسيوس، ويضاف إليه حامض الفوسفوريك المخفف وإنزيم البكتول Pectinase - Enzyme لتعطيم البكتين مع التحريك المستمر، ثم ينقل إلى المبادل الحراري ويعامل بأكسيد الكالسيوم مع التسخين إلى درجة ٦٥ درجة سلسيوس مع المحافظة على درجة الحموضة PH اقل من ٨,٥، لينقل لاحقا إلى أحواض الترسيب والترشيح.

وتعتمد المعالجة النهائية لعصير السكر المستخلص من التمور على كيفية استخدام هذا المنتج مستقبلا، فمن أجل الحصول عليه للصناعات الغذائية، يتم استخدام طرق متعددة للتكرير والتقية، أما في حال استخدامه للصناعة، كما في صناعة حامض الستريك، فيتم نقله إلى المرحلة التالية من عملية التصنيع



فطر الاسبرجلس نيجر

لاحتواء التمور على المادة الأولية لإنتاج حامض الستريك، وهي السكريات، وبتكرير مناسب، لذلك يمكن إنتاج هذا الحمض وبشكل تجاري.

استخلاص السكر من التمور

ينتج السكر السائل في العادة من التحلل الجزئي للسكرورز بتأثير بعض الحوامض والحرارة، والذي يبلغ تركيزه حوالي ٧٧ بركس Brix، أما السكر السائل المنتج من التمور، فيختلف عن السكر المنتج من السكرورز، إذ أن التمور تحتوي على السكر المقلوب وبصورة طبيعية، ونسبة متساوية تقريبا من كل من الجلوكوز والفركتوز، أما السكرورز الذي قد يوجد فيه بنسبة قليلة، فيتحول أثناء عملية الإنتاج إلى السكريات الأحادية بفعل الحرارة والمعالجة الكيميائية.

من هنا نجد أن السكر السائل المنتج من التمور يكون من نوع السكر المنقلب Invert Liquid Sugar، وتبلغ نسبة الدكستروز Dextrose إلى نسبة اللفلوز Levulose حوالي ٥,٥ إلى ٤,٧

١. الطريقة اليابانية كوجي Koji والتي تم ابتكارها في عام ١٩٦٦ وتعتمد على بعض المواد الأولية كالنشويات ونخالة الرز والقمح والألياف.

٢. الطريقة السطحية.

٣. الطريقة العميقة، والمعتمدة على نطاق واسع، نظرا لسيطرتها وكفاءتها العالية وقلة تكلفتها الاقتصادية.

ومن أهم الأحياء الدقيقة المستخدمة لإنتاج حامض الستريك من خلال ما يعرف بالتقنية الحيوية، بعض الفطريات والبكتيريا والخمائر، مثل B، A.Niger، A.Awamori، A.Foetidus، A.Arthobacter، cillus SP، وأيضا خمائر Can-dida Lipolytica، C.Citrica، S.Cervisaie.

ويعد الفطر الاسبرجلس نيجر -Aspergillus N-ger من أهم تلك الأحياء الدقيقة الذي يمكن أن ينمو في الوسط السكري ويخمرها سواء بالطريقة السطحية أو بالطريقة العميقة، ونظرا

وعملية التخمير السابقة تستمر لمدة قد تصل إلى ٩ أيام، وخلال تلك الفترة تتم متابعة المفاعل باستمرار، وبعد انتهاء هذه العملية يتم إيقاف مرور التيار الهوائي وينقل المحلول إلى أحواض سطحية حيث يرشح ويفصل الفطر عن السائل المخمر الذي يحتوي على حامض الستريك.

ويمكن تلخيص التفاعلات السابقة بالمعادلتين التاليتين:

الحصول على حامض الستريك وبلورته

تتم عملية ترسيب حامض الستريك الناتج من عملية التخمير السابقة، بواسطة هيدروكسيد الكالسيوم أو كلوريد الكالسيوم، حيث يترسب على شكل سترات الكالسيوم Calcium Citrate $Ca_3(C_6H_5O_7)_2$ ، بعد عملية تسخين وعاء التفاعل إلى ٨٥ درجة سلسيوس بواسطة البخار مع التحريك والتقليب المستمر، ثم يفصل الراسب

يتم إنتاج حامض الستريك، باستخدام التقنية الحيوية من خلال تفاعل تخمر سكر التمر بواسطة بعض الفطريات، كفطر A.Niger، وينبغي أن يكون تركيز السكر في العصارة من ١٤ - ٢٠٪، حيث يعقم أولاً لقتل البكتيريا بشكل كامل ويكون ذلك تحت الضغط، لمدة ٢٠ دقيقة، ثم ينقل المزيج إلى المفاعل الرئيس، ويبرد حيث يضاف إليه الايثانول ٢,٥٪ مع تمرير تيار هوائي بشكل مستمر، ثم تضاف الخميرة التي تم تحضيرها مسبقاً في المختبر، والتي هي فطر الاسبرجلس نيجر الذي تمت تدميته على وسط غذائي لمدة ٧ أيام.

وفي هذه المرحلة يجب السيطرة على عملية التخمير، بتنظيم درجة الحرارة بحيث لا تتجاوز ٣٠ درجة سلسيوس والمحافظة على درجة الحموضة PH في حدود ٢ تقاديا لتكون حامض الأوكزاليك (Oxalic Acid (COOH.COOH).

الخاصة بذلك المنتج.

التخلص من الأملاح المعدنية في عصير التمر

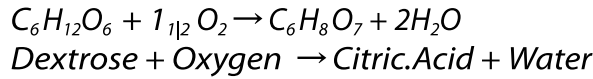
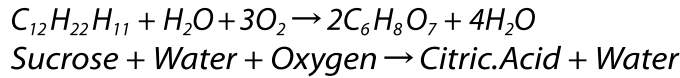
يحتوي العصير السكري المستخرج من التمر على عدد كبير من أملاح المواد المعدنية المختلفة، ومن أهمها النحاس والحديد و المغنيسيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم وكذلك الكبريتات والكلوريدات والفوسفات، وينبغي التخلص من تلك المواد قبل نقل العصير إلى مرحلة التخمير.

ويتم ذلك بأكثر من طريقة، منها طريقة المعالجة ببعض المواد الكيميائية مع التسخين وتعديل الحموضة، والتي تؤدي إلى ترسيب تلك المواد، أيضا طريقة المبادلات الأيونية - Ion Exchanger، والتي تتميز بسهولة وسرعتها، وهذه الطريقة تعتمد على تمرير العصير في مبادلات أيونية موجبة Cation Exchangers ومبادلات أيونية سالبة Anion Exchanger، وهذه المبادلات تحتوي على مركبات عضوية غير قابلة للذوبان في الماء، وتحتوي على مجاميع حامضية، كالكاربوكسيل أو مجاميع قاعدية، كالهيدروكسيل.

يسخن العصير إلى درجة ٦٥ درجة سلسيوس، ويمرر في المبادل الأيوني الموجب، فتحل الأيونات الموجبة كالكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وغيرها من الفلزات الموجودة في العصير محل الهيدروجين في المجموعة الحامضية للمبادل الأيوني مما يؤدي إلى زيادة حموضة العصير.

ثم ينقل العصير إلى المبادل الأيوني السالب لتحل الأيونات السالبة الموجودة في العصير كالكبريتات والكلورونات والكلور محل مجموعة الهيدروكسيل في مادة المبادل الأيوني، وسيتعادل ايون الهيدروجين مع ايون الهيدروكسيل ليكون الماء ويصبح المحلول متعادلا تقريبا $PH \approx 6.5$.

إنتاج حامض الستريك من عصير سكر التمر



حامض الستريك المتبلور



يجب مراقبة مفاعلات تخمير التمور باستمرار



يتم تخمير التمور بواسطة فطر الاسبرجلس نيجري في مفاعلات لإنتاج حامض الستريك

درجة الحموضة PH لتلك المنتجات إلى نقطة التساوي الكهربائي وبالتالي يؤدي إلى التشكيل الجيد للجلي إضافة إلى إكسابه المذاق المتميز للحمضيات.

ونظرا لقدرة هذا الحامض على تخفيض نشاط الإنزيمات غير المرغوبة، فقد استخدم على نطاق واسع في حفظ الخضروات والفاكهة، إذ يعمل كمضاد للأكسدة، ويقلل أيضا الحاجة إلى المعالجة الحرارية لتلك المنتجات، وهذا ما حدا بصانعي المواد الغذائية إلى استخدامه في صناعة ومعالجة اللحوم، وخصوصا صناعة السجق المطبوخ، كما تستخدم أملاح حامض الستريك لتسريع المعالجة وإلحلال أملاح الأيريثوريك، وقد تبين أن إضافة محلول حامض الستريك بتركيز ٢ - ٥ ٪ يساعد على إزالة الأغلفة عن السجق واللحوم المحفوظة بالإضافة إلى كونه مانع للأكسدة.

أما الأطعمة البحرية، فيتم نقعها بحامض الستريك المخفف، ويؤدي ذلك إلى المحافظة على لونها ونكهتها وإزالة الرائحة غير المرغوبة.

وبالإضافة إلى استخدام حامض الستريك

يعد حامض الستريك من أكثر الأحماض العضوية استخداما في التصنيع الغذائي، وتقدر الدراسات أن نحو ٦٠٪ من إنتاج هذا الحامض يتم استخدامها في العمليات الصناعية الخاصة بالمواد الغذائية، تحت الرقم E330، وخصوصا في تحضير المشروبات الغازية حيث يضافي عليها نكهة الفاكهة الطازجة، كما يمنحها درجة الحموضة المناسبة، كذلك يعتبر هذا الحامض من المواد الحافظة الطبيعية للمواد الغذائية، لذلك يستخدم على نطاق واسع في صناعة العصائر والحلويات بتركيز يتراوح ما بين ٠,٨ - ٢٪، وقد وجد أن استخدامه في تلك الصناعات يؤدي إلى تعزيز النكهة وزيادة قابلية الذوبان وثبات للمواد المحلية الصناعية.

كذلك تستخدم أملاح حامض الستريك في صناعة الألبان كامل استحلاب وبتريكز يبلغ ٢٪، وأيضا في صناعة الألبان لزيادة صفات اللدانة فيها وبالتالي يحسن من ملمس شرائح الجبن ويمنع فصل الدهن ويقلل من عملية التبلور لتلك المنتجات الغذائية.

أيضا فقد شاع استخدام حامض الستريك في صناعة المرببات والجلي، إذ يعمل على تخفيض

بواسطة الطرد المركزي أو الترشيح.

يعالج الراسب بعد ذلك بحامض الكبريتيك المركز ببطء شديد، مع التقليب المستمر والمحافظة على درجة حموضة تبلغ ١,١ والتسخين لغاية ٢٥ درجة سلسيوس، وفي هذه المرحلة تترسب كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ (الجبس) والتي تفصل بالترشيح، أما حامض الستريك الناتج، فيمرر في عمود من الكربون النشط لإزالة اللون، ثم ينقل إلى مبادل كاتيوني للتخلص من الكاتيونات، وبذلك نحصل على الحامض على شكل محلول.

وللحصول على حامض الستريك المتبلور، يبخر المحلول في أجهزة مخلخلة الضغط ويسخن بواسطة بخار الماء ثم ينقل إلى المبلور حيث تفصل بلورات حامض الستريك بالطرد المركزي وتجفف بالهواء الساخن على درجة ٤٠ درجة سلسيوس.

وتعد الطريقة المغمورة للحصول على حامض الستريك ذات مردود إنتاجي كبير كما أن المساحة التي تشغلها معدات التصنيع قليلة وبالتالي تكون أكثر اقتصادية في النفقات.

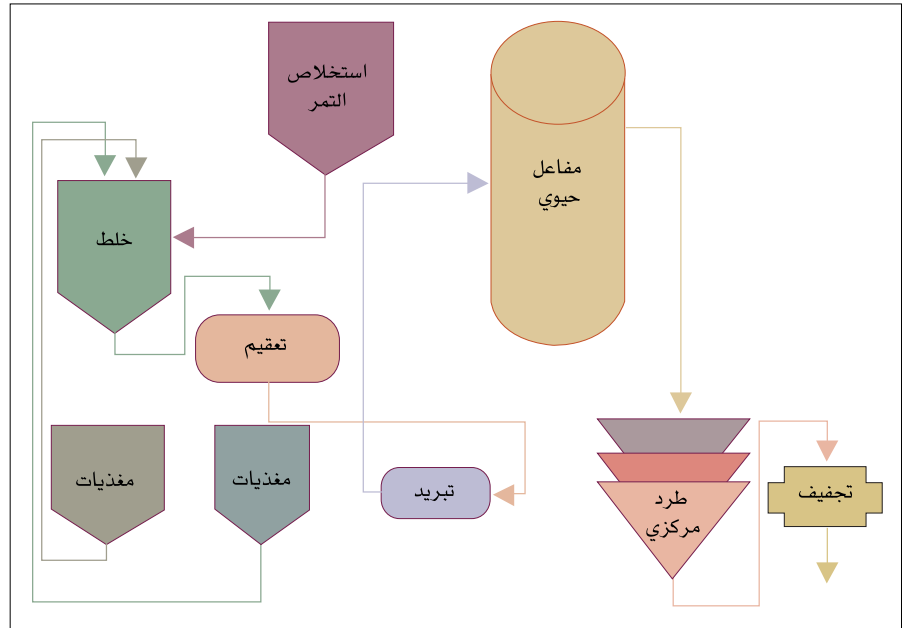
استعمالات حامض الستريك

References

- 1- George T . Austin, Shreve's Chemical Process Industries, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company.
- 2- Meers,J.L. and Milson,P.E. 1987 . Organic acids and amino acids. In Basic Biotechnology, Academic Press, Orlando.
- 3-http://www.experiencefestival.com/a/Citric_acid_-_History/id/1231957
- 4- http://en.wikipedia.org/wiki/Citric_acid
- 5- <http://www.bmrp.wisc.edu/metabolomics/standards/citrate/lit/3458.png>
- 6-http://img.alibabac.com/photo/11760352/Citric_Acid_And_Citrates.jpg
- 7-http://www.schimmel-schimmelpilze.de/images/aspergillus_niger_01_400x.jpg
- 8- <http://www.justasoap.co.uk/catalog/images/citric.jpg>
- 9-<http://www.omniplan.hu/5210M-Dates.jpg>
- 10-www.iraqi-datepalms.net/iraqi/uploadedfiles/lemonacidokaidy2.pdf
- 11- www.monofeya.gov.eg
- 12- www.marefa.org
- 13- www.arab-eng.org



تعد التمور مادة أولية لعدد كبير من الصناعات الكيميائية الهامة



عمليات المعالجة الكيميائية المختلفة للتمور للحصول على حامض الستريك

المراجع:

- 1- حسن خالد حسن العكيدي، نخلة التمر علم وتقنية الزراعة والتصنيع، دار زهران، ٢٠٠٠، عمان، الأردن.
- 2- علي بن إبراهيم بوكر حوياني، عبد الرحمن بن عبد العزيز الجنوبي، تطبيقات في تصنيع التمور، النشر العلمي والمطابع، ٢٠٠٨، المملكة العربية السعودية.
- 3- فتحي حسين أحمد علي، نخلة التمر ... شجرة الحياة بين الماضي والحاضر والمستقبل، الجزء الثاني، الدار العربية للنشر والتوزيع، ٢٠٠٥، القاهرة، مصر.
- 4- عاطف محمد إبراهيم، محمد نظيف حجاج خليف، نخلة التمر.. زراعتها، رعايتها وإنتاجها في الوطن العربي، منشأة للمعارف بالإسكندرية، مصر.
- 5- علي كامل الساعد، المواد المضافة للأغذية، عمان، الأردن.

في الصناعات الغذائية، فإن ١٠٪ من الإنتاج العالمي يتم استخدامه في الصناعات الدوائية وتحضير العقاقير الطبية، لتثبيت حامض السكوريك، كما يخلط مع الكربونات والباي كربونات لإنتاج مضادات الحموضة.

كذلك يتم استخدام ٢٠٪ من مجمل حامض الستريك المصنع في بعض الصناعات الكيميائية، كدباغة الجلود وصناعة الأصباغ والأحبار والصناعات النسيجية والترسيب الكهربائي وتحلية المياه وغيرها من الصناعات المهمة.

إن أهمية هذا الحامض، تكمن في أنه يعد مادة أولية مهمة في عدد كبير من الصناعات التي تلامس حياة الإنسان اليومية، كما أن أهميته بالنسبة لمنطقتنا العربية، تتجلى في أن المادة الأولية اللازمة لصناعته متوفرة لدينا، وهي التمور من الدرجة الثانية والتمور غير الصالحة للاستهلاك البشري، مما يؤسس لصناعة رائدة في منطقتنا العربية، تعزز اقتصاديات دولنا وتدر عوائد مالية نحن في أمس الحاجة إليها لرفد مسيرة التنمية والبناء في بلادنا.