

مشروع إنتاج حامض الليمون من المولاس والتمور العراقية
باستخدام الجنس *Asperigillus niger*

أ. د. حسن خالد حسن العكدي

Hassan.alogidi@yahoo.com

Hassan.alogidi@gmail.com

المقدمة :-

حامض الستريك عبارة عن حامض ثلاثي الكاربوكسيل وتم فصله لأول مرة من عصير الليمون وتمت بلورته عام 1784 من قبل (سكين) وقد أنتج تجاريا من هذا المصدر حتى العشرينات إلى أن تم تطوير طريقة ناجحة لإنتاجه بواسطة الأحياء المجهرية وبلغ الإنتاج العالمي من حامض الستريك 300 الف طن سنويا , ويستخدم بصورة رئيسيه كمادة معطيه للطعم الحامضي في كثير من المشروبات والأغذية حيث يستخدم حوالي 70% من الإنتاج العالمي في الصناعات الغذائية و 12% في الصناعات الصيدلانية و 18% في المجالات الصناعية الأخرى .

خواص الحامض :-

حامض الليمون يكون على شكل بلورات بيضاء اللون , شديدة الذوبان في الماء , له طعم حامضي مريح ومقبول , يستعمل في الصناعات الغذائية والصيدلانية ومواد التجميل , ويستعمل أيضا في تنقية المعادن نظرا لصفاته (الماسكه) . ويمكن استعمال حامض الستريك محل الفوسفات في صناعة المنظفات وذلك لقابليته السريعة في التحليل بايولوجيا . كما وتستعمل أسترات حامض الستريك في الصناعات البلاستيكية . أما في الصناعات الغذائية فدوره إضافة إلى الطعم الحامضي فهو دور في حفظ الأغذية , أزاله العكرة ويمنع تلف الطعم واللون كما له دور كبير في صناعة الحلويات . كمل يعتبر حامض الستريك كعامل مضاد للأكسدة في صناعة الألبان وكعامل استحلابي في صناعة الجبن والاييس كريم . ومن خواصه الأخرى باون وزنه الجزيئي (210,14) وكثافته (192,12) .

الأحياء المصنعة للحامض :-

هنالك الكثير من الأحياء المجهرية التي تصنع حامض الليمون ولكن من أهمها هو العفن اسبرجلس نايجر (*Aspergillus niger*) الذي أعطى أعلى إنتاجه من حامض الليمون من وسط التغذية الكربوهيدراتي (المولاس) وقد أمكن استعمال عصير التمر المعامل وأعطى إنتاجه عاليه من هذا الحامض تقدر ب 89% (نبييل ريكي) .

التربية الصناعية :-

يتم إنتاج حامض الليمون بالتربية السطحية أو المغمورة للعفن (*Aspergillus niger*) (اسبرجلس نايجر) لما تتميز هذه السلالة من إنتاجها العالمي للحامض . لذا فهناك ثلاثة عوامل مهمة تؤثر على الإنتاج

وهي :

- 1- نوع السلالة المصنعة للحامض .
- 2- مقومات الوسط الغذائي الذي يربى عليه العفن والذي تجرى من خلاله عملية التخمر . فالوسط الغذائي يجب أن يحتوي على المواد اللازمة لبناء جسم الكائن المجهرية الحي وعلى المواد اللازمة لتأليف الحامض .
- 3- ظروف التربية وسط غذائي ودرجة حرارة والأس الهيدروجيني والتهويه .

• مراحل إنتاج حامض الليمون صناعيا :-

- 1- تحضير المادة اللقاحية لإنتاج الحامض .
- 2- عملية التخمر .
- 3- التنقية الكيماوية .

** تحضير المادة اللقاحية :-

يتم تحضير المادة اللقاحية للسلالة اسبرجلس نايجر على الأوساط التالية :

	وسط (1)
140 غم	سكروز
20 غم	اكر اكر
1 غم	KH ₂ PO ₄
0,25 غم	Mgso ₄ . 7H ₂ o
2,5 غم	NH ₄ NO ₃

العناصر المعدنية :

0,48 ملغم	Cu+2
0,8 ملغم	Zn+2
1 ملغم	Mn
2,2 ملغم	Fe+3

الوسط اللقاحي الثاني (ب)

140 غم/لتر	سكروز
2,5 غم/لتر	KH ₂ PO ₄
0,25 غم/لتر	Mgso ₄ .7 H ₂ o
2,5 غم/لتر	NH ₄ NO ₃
0,06 ملغم	Cu +2
0,25 ملغم	Zn +2
1,3 ملغم	Fe +2
1 ملغم	Mn

وتجري عملية الحضان في حاضنة هزازة عند درجة حرارة 25 م ودرجة حامضية تتراوح ما بين (2,2 - 4,5) حيث وجد أن هناك طوران للعملية :

الطور الأول : هو طور النمو حيث يستعمل السكر بصورة رئيسية لتكوين المايسليوم .

الطور الثاني : بعد تكوين المايسليوم يبدأ بإنتاج الحامض بتحويل السكر إلى حامض .

ويعتبر تحضير المادة اللقاحية من الأمور المهمة في إنتاج الحامض والتي يتم تحضيرها في مختبر الأحياء المجهرية وبصورة مستمرة ومعقمة بحيث تعطينا مزرعة نقية ذات أسبورات سريعة النمو ومايسليه ذا قابليه حيويه عالية لإنتاج الحامض وذات سطح أملس وتكون الكوتيديا موزعة بشكل متماسك ومتراص ورؤوسها سوداء وقهوائية غامقة ذات حوامل قصيرة . أن هذا العمل يقودنا إلى :

1- الاهتمام بمسك وتثبيت السلالة المنتجة والجيدة الإنتاج .

2- تكاثر هذه السلالة والحفاظ عليها وصيانتها للحفاظ على مورفولوجيتها وخواصها الكيمو حيوية وذلك بزراعة خطوط صناعية من السلالة وتجري إعادة الزراعة كل ثلاثة شهور مع مراعاة التحقق من المادة اللقاحية عن طريق نظام سيطرة نوعية مايكروبيولوجيه متخصص لهذا الغرض ويجري الفحص بعد 2-4-6 يوم بعد عملية التلقيح لإنتاج المادة اللقاحية .

عملية التخمر :-

عند البدء بإنتاج المادة اللقاحية يتم تحضير الأجهزة والوحدات اللازمة لدورة إنتاجه حيث تعقم الوحدات كما ويتم تحضير الوسط الغذائي ويتم تعقيمه أيضا حيث أن المخمر مصمم بان تكون أعمدة التعقيم والتبريد مرتبطة بالفرننور ويجري التعقيم بالبخر تحت ضغط 1,5- 1,8 جو ولمدة 2 ساعة كما ويجري تعقيم للمرشحات بالبخر تحت ضغط 1,2 - 1,5 جو كما ويؤخذ نماذج من كل مقطع من خطوط الإنتاج لأجل الفحص المجهرى للتأكد من سلالة الخط الإنتاجي . بعد عملية التعقيم تجرى عملية التهوية بالهواء المعقم للمخمر ودرجة حرارة الهواء تكون (20-30 م) .

تحضير المحاليل اللازمة للتخمر :-

في نفس الوقت يتم تحضير الأوساط الغذائية الأساسية لتربية السلالة المنتجة لحمض الليمون والتي هي المولاس أو عصير التمور المخفف 3-4 % سكر والمحتوى أيضا على أملاح غذائية والمحسوبة بالتجارب الكيمو حيوية .

تحضير المحلول الغذائي الأساسي للمخمرات :-

يجب ملاحظة الكثير من الأمور عند تحضير المحلول الغذائي الأساسي للمخمرات . حيث لأجل تجهيز مخمر أساسي حجم (50 م 3) بالمولاس المخفف 3-4 % سكر أو عصير التمور 3-4 % سكر فعند التسخين والغلي بالبخر (تعقيم) أن حجمه سيزداد نتيجة عملية التكتيف لذا يجب التأكد دائما من تركيز الوسط بحيث يبقى بحدود 4% سكر. وتجرى عملية التخفيف أو التعديل (تعديل الحامضية) باستعمال $(Ca(OH)_2)$ أو (H_2SO_4) بحيث يبقى ال PH البدائي 7,2-7 وبعد تعديل ال PH بخمس دقائق يضاف ملح $K_4Fe(CN)_6$. من إحدى الخزانات الملحقة بالمخمر وبعملية الخلط والغليان (التسخين) لمدة (10) دقائق . سيصل الوسط الغذائي الحار وبمساعدة مضخة إلى عمود التعقيم وبسرعة 150 لتر / دقيقة ثم يمرر من خلال عمود التبادل الايوني وينقل مباشرة إلى المخمر المعقم المعد لهذا الغرض أن

العملية هذه تتم عند درجة حرارة 126 م لأجل المحافظة على عدم التلوث ولمدة 2 دقيقة ثم يمرر من خلال مبادل حراري لحفظ الحرارة إلى درجة 32 م في المخمر المستقبل ثم تضاف محاليل الأملاح الأخرى المعقمة والتي جهزت لهذا الغرض والتي هي $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, NH_4CL , KH_2PO_4 , حيث توضع بالنسب التالية :

NH ₄ CL	2,27 غم/لتر
KH ₂ PO ₄	0,16 غم/لتر
ZnSO ₄	0,005 غم/لتر

بعد كل هذه العملية يتم تلقيح المخمر باللقاح الذي تم تجهيزه مختبريا والنامية على الوسط (أ) أو الوسط (ب) .

نظام التهوية :-

بعد التلقيح باللقاح يعطى للمخمر هواء معقم بشكل ثابت وبكمية ثابتة من ضاغطة هواء معقمة معدة لهذا الغرض حيث تدفع 0,05 لتر هواء / لتر وسط/ دقيقة خلال الساعات التي الأولى ثم ترفع إلى 0,1 لتر هواء / لتر وسط/ دقيقة والتي تستمر لمدة 12 ساعة ثم ترفع إلى حدود 0,2 لتر هواء/لتر وسط/دقيقة .

وعندما يبدأ المايسليوم تفرعاته ولمنع تكون الرغوة تضاف 15-20 مل من مادة مانعة للرغوة وتكون هذه المادة أيضا معقمة ولا يفضل زيادة كمية هذه المادة لان لها تأثير سلبي على التهوية وبعد أن يكون سائل التخمر ذو لزوجة عالية ولون فاتح يدفع هواء بحيث يضخ 0,4-0,5 لتر/لتر مخمر/دقيقة .

نظام الحرارة :-

تكون درجة حرارة المخمر بعد التلقيح بالسبورات 34 م ويتحكم بهذه الدرجة من خلال منظم ومن خلال ماء حار أو بارد بغلاف المخمر .

نظام عمل المحور الدوار للمخمر :-

سرعة حركة المحور الدوار مع الريش 180 دورة/دقيقة وتستمر هذه الحركة إلى نهاية عملية التخمر .

السيطرة النوعية على العملية الإنتاجية :-

- 1- تؤخذ نماذج بعد ست ساعات من بدء عملية التخمر لأجل الفحص الميكروسكوبي .
- 2- بعد 12 ساعة/فحص مايكروسكوبي /هايفات نحيفة طويلة .
- 3- بعد 18 ساعة من بدء العملية سائل التخمر ذا لون اخضر مائل إلى الزرقة .
- 4- بعد 24 ساعة المايسليوم طافي على السطح ذا لون ابيض ويلاحظ النمو تحت المجهر وان لا تكون الهايفات فارغة .
- 5- المايسليوم بعد 36 ساعة من بدء العملية يبدأ بالتفرع .
- 6- تطور الحموضة بعد 36 ساعة .

بعد 24 ساعة	% حامض الليمون 0,7-0,5
بعد 30 ساعة	% حامض الليمون 1,1-0,9
بعد 36 ساعة	% حامض الليمون 1,5 - 1,1

تعود العملية إلى 1- 1,5 % حامض الليمون

وتستغرق عملية إنتاج الحامض 9-12 يوم . ثم تبدأ عملية الترشيح لأجل إزالة المسليوم . ثم تبدأ عملية تنقية محلول حامض الستريك .

التنقية الكيماوية :-

1- المعاملة باللايم .

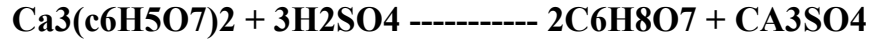
أن الهدف من المعاملة باللايم $Ca(OH)_2$ أو CaO هي لأجل تحويل حامض الستريك إلى ملح كالسيومي غير ذائب يمكن تمريره بهذه الطريقة ولعزلة م الأحماض الأخرى المتكونة , أن هذه العملية تجرى عند حموضة 11% وحرارة 75-80 م اللايم وبكمية 2,5 - 3% من الحموضة الكلية ولذلك سيكون ملح غير ذائب لحامض الليمون وان التسخين يستمر إلى 90-95 م حيث تتكون أملاح كالسيوم لحامض الليمون مترسبه .

الترشيح والغسل :-

تتم عملية الترشيح للسترات الكالسيوميه من خلال مرشح بغسل الراسب على المرشح بالماء الحار وبدرجة حرارة لا تقل عن 90% وان عملية الغسل ستزيل البقايا من السكريات ويتم التأكد من عدم وجود السكريات بالتحليل الكيماوي (المختبر) .

معاملة سترات الكالسيوم بحامض الكبريتيك :-

تتفاعل سترات الكالسيوم المغسولة في خلاط مكشوف والمسخن والحاوي على حامض الكبريتيك ذا وزن نوعي 84 % وان الهدف من هذا التفاعل لأجل معاملة سترات كما ويضاف كمية من الفحم 1-2% محسوب على كمية الحامض لأجل تنقية المحلول وان درجة الحرارة 60م مع التحريك المستمر والتفاعل سيكون كالاتي :



راسب حامض الليمون حر

وبذلك سيمر محلول حامض الليمون من خلال المرشح إما الجبس فيترسب .

التكثيف :-

يتم تكثيف الحامض من خلال مبخر معد لهذا الغرض وبمرحلتين ومن خلال مبخر مفرغ من الهواء وعند درجة حرارة 60-70 م وبتفريغ قدرة 600 ملم تتم عملية الترشيح بعد عملية التبخر الأولى وتتبع بعملية تبخير ثانية وبمساعدة مادة مرشحة يرشح وينتج بذلك حامض الليمون ذو نقاوة عالية وذو وزن نوعي 1,39 .

عملية البلورة :-

تتم عملية البلورة من خلال جهاز البلورة ذو الأغلفة المبردة والمحور ذو المراوح . يملئ جهاز البلورة بالمركز ويضخ ماء بارد في غلاف الجهاز ويحرك المحور ذو المراوح باستمرار 5-6 ساعات إلى أن تصل درجة الحرارة المركز 40 م يضخ ماء بارد لأجل التبريد السريع إلى 20م وتكون عملية البلورة لمدة 24 ساعة .

عملية الطرد المركزي :-

تتقل الكتلة المبلورة من جهاز الطرد المركزي 300 دورة/دقيقة تطرد البلورات مركزيا ومن ثم تغسل البلورات ويعاد طردها مركزيا وتنتقل من خلال حزام ناقل إلى المجفف تكون رطوبة بلورات الحامض قبل التجفيف 2-3%

التجفيف والتعبئة :-

تحدد نهاية عملية التجفيف بعد وضع بلورات حامض الليمون في جهاز التجفيف وتجفيفها بهواء درجة حرارته هي 30-35 م وتمرر البلورات على مناخل لأجل عزل المواد الغريبة .

ملاحظات عامة ومهمة

- 1- تعطي السلالة اسبرجلس نايجر متوسط إنتاج بحدود 115 غم حامض ليمون /لتر وسط غذائي لدورة إنتاج واحدة ولمدة 6 أيام .
- 2- يعمل المخمر الواحد (عند 336 يوم عمل في السنة) 56 دورة إنتاج .
- 3- الحجم الواقعي للمخمر هو 35 م 3 وستحصل عملية التخمر على 28000 لتر حامض ليمون تركيزه 115 غم/لتر الواحد .
- 4- كمية الإنتاج السنوي على هذا النحو سيكون $115 \times 28 \times 56 = 180$ م حامض ليمون ويكون الفقد بنسبة 7% فيكون الإنتاج السنوي يعادل 126 طن / سنه حامض الليمون .
- 5- المحلول الغذائي لتغذية المخمر :

لوحظ في إحدى معامل إنتاج حامض الليمون ذات الإنتاج 60-

72% محسوب على كمية السكر . فحساب الكمية اللازمة من المولاس لإنتاج طن واحد من حامض الليمون .

نحصل على 35 كغم من حامض الليمون من 100 كغم مولاس .

35 كغم من الحامض 100 كغم مولاس

1000 كغم من الحامض س

س = 2860 كغم مولاس ذو محتوى سكري 50% يلزم لإنتاج طن واحد من حامض الليمون

أما بالنسبة إلى التمور العراقية التي تركيزها 65 % سكر فأجل إنتاج 35 كغم من حامض الليمون نحتاج إلى :

$$2860 \text{ كغم مولاس} \times 50 \% \text{ تركيز} = \text{س} \times 65 \% \text{ سكر}$$

$$\text{س} = 2200 \text{ كغم تمور تحتاج لإنتاج } 35 \% \text{ كغم حامض الليمون} .$$

المعدات اللازمة لخط إنتاج حامض الليمون :-

- 1- بويلر 8-10 بار .
- 2- خزان المولاس أو عصير التمر 3 طن .
- 3- مرشح تحت التفريغ .
- 4- مبادل ايوني عدد 2 .
- 5- خزان المواد المضافة 1 طن .
- 6- مخمر 35 م 3 .
- 7- مرشح للمايسليوم .
- 8- خزان المعاملة بالجير الحي cao .
- 9- مرشح للسترات .
- 10- خزان لحامض الكبريتيك .
- 11- خلاط .
- 12- مرشح للسلفيت .
- 13- خلاط للمعاملة بالكربون النشط .
- 14- مرشح .
- 15- مبخر تحت التفريغ .
- 16- جهاز بلورة .
- 17- جهاز طرد المركزي .
- 18- جهاز التجفيف .
- 19- ماكينة التعبئة والتغليف .
- 20- قمع تحويل بين الخزانات .
- 21- مضخة تحويل ستنلس ستيل 8م 3 / ساعة عدد 1.
- 22- مضخة ستنلس ستيل سعه 3 م / ساعة عدد 2 .
- 23- مضخة ماء سعه 10م 3 / ساعة عدد 1 .
- 24- حمام بخار كهرباء حجم 1 (غ) عدد 4 .

- 25- حمام بخار حجم 12 (نج) ستتلس ستيل عدد 100 .
 26- أنابيب ستتلس ستيل حجم 2 نج (80م) .
 27- أنابيب ستتلس حجم 6 نج (10م) .
 28- أنابيب مغلونه حجم 2 نج طول 8 م .
 29- مسامير ربط . هيكل مع سلم .

أما إذا كان الإنتاج من التمور فيحتاج إلى :

- 1- جهاز استخلاص عصير التمر .
 2- جهاز فصل النوى .
 3- جهاز الترشيح تحت التفريغ .
 4- خزان جمع العصير الناتج .

* المعدات الأخرى :

- مختبر كيميائي متكامل .
 مختبر بكتريولوجي متكامل من كافة الوجود.

حساب وانتخاب الأجهزة :-

- 1- حساب عدد المخمرات : يجب التعرف على عدد المخمرات التي نحتاجها لمعمل إنتاجي لسعه 500 طن من حامض الليمون / سنه :
 1- أيام العمل 336 .
 2- فترة الخميرة الواحدة سلالاة منتجه 144 ساعة .
 3- الفقدان أن عند الإنتاج 7% .

500

_____ = 1,5 طن / 24 ساعة

366

لأجل الفقدان 1,5

_____ = 1,62 طن / 24 ساعة

0,93

الكمية المطلوبة من سائل المزرعة للمحلول على المنتج جاهز وعند حموضة 11 % .

11 كغم 100 كغم

س 1,61

س = 15 م 3 حجم المخمر

من هذا يحسب الحجم اللازم للمخمرات مع بقاء 10 % من السائل فراغ .

144 100 × 15

$$3,90 = \frac{\quad}{24} \times \frac{\quad}{10 - 100}$$

وتكون عدد المخمرات هو :

90

3 = _____

0,7 × 50

لذا يجب تهيئة 4 مخمرات والذي يكون أحدهما احتياطي .

إنتاج حامض الليمون من التمور العراقية

أن إنتاج العراق من التمور يتراوح ما بين 2,5 - 4,8 × 10 طن سنويا , يستهلك منها محليا

كغذاء مباشر وكمواد أولية لبعض الصناعات بحدود 0,8 × 10 طن . لذا فهناك فائض من

التمور العراقية وفي سبيل إيجاد صناعات تعتمد على التمور كمصدر أولي فكر بملائمة

سكريات التمور لإنتاج منتج حامض الليمون .

فلإنتاج حامض الليمون يجب الأخذ بنظر الاعتبار نسبة الإنتاج تحويل السكريات إلى حامض

الليمون إذ يجب أن لا تقل نسبة الإنتاج عن 60% بالإضافة إلى ذلك يجب أن يحتوي المنتج

على حوامض أخرى مثل حامض الاوكزاليك كذلك يجب أن تكون المواد الأولية والسكريه منها

على درجة الخصوص متوفرة ورخيصة . لذا فكر في استعمال سكريات التمور لإنتاج الحامض

الطرق الاساسيه لإنتاج حامض الليمون (باستخدام سكريات التمور)

هنالك طريقتان لإنتاج الحامض بواسطة :

التخمير :

1- طريقة التخمير الساكنة والتي تعتبر في الوقت الحاضر طريقة قديمه أخذت أهميتها
تضمحل .

2- طريقة التخمير المتحركة والتي تستعمل فيها مخمرات متخصصة لهذا الغرض ... إذ أن
درجة الحرارة والتهوية والحموضة تدار أوتوماتيكيا للسيطرة على العوامل المؤثرة على
إنتاج الحامض (حامض الليمون) .

متطلبات عصير التمر لإنتاج حامض الليمون :-

تظهر النتائج في جدول رقم (1) أن السكريات هي المكونات الأساسية لعصير التمر المركز
ولكن بنسبة تركيز النيتروجين الكلي قليلة . أما نسب الرماد الكبريتي والحديد والزنك والنحاس
فتعتبر عاليه نسبيا وهذه الأخيرة تعتبر مواد مثبطة لإنتاج حامض الليمون لذا يجب إزالتها
بواسطة المبادلات الايونيه .

لذا فتثبيت طريقة الإنتاج لحامض الليمون باستعمال الفطر اسبيرجلس نايجر (Asprgill niger)
(يجب إيجاد التراكيز المثلى للمواد الغذائية المضافة إلى الوسط الغذائي والذي يحتوي على
عصير التمر . ومن أهم المواد الإضافية المضافة هي نترات الامونيوم وفوسفات البوتاسيوم
وكبريتات المغنسيوم والحديد والخاصين والسيطرة على حجم اللقاح وتعديل الأس الهيدروجيني .

جدول رقم (1)

المادة	التركيز
السكريات الكليه	69 %
النيتروجين الكلي	0.1 %
الفسفور	0,416 %
رماد السلفات	2,73 %
الحديد	0,0043 %
النحاس	0,000516 %

% 0,00322

الخاصين

ان السلوكية التخمرية للوسط الغذائي الحاوي على عصير التمر المركز والتركيز المثلى للمواد الغذائية .

حيث نلاحظ :

أ- الرقم الهيدروجيني انخفض إلى 2,1 بعد يومين ثم إلى 1,9 عند انتهاء عملية التخمر .

ب- معدل نمو الفطر خلال المراحل الأولى من التخمر أعلى مما هو بعد خمسة أيام ثم يثبت تقريبا . حتى نهاية التخمر حيث يكون بحدود 3,47 غم/200 سم³ .

ج- إنتاج الحامض يبدأ بعد يومين ويتصاعد إلى نسبة 62,1 % محسوبا من أساس السكريات الكلية المضافة بعد 10 أيام من بدأ التخمر .