

دراسة تأثير شروط تخمير عصير العنب ودرجة حرارة تبريد المتكاثف في نوعية الكحول الناتج

**A Study of the Effect of Grape Juice Fermentation Conditions and  
the Cooling Temperature of Condensate on the Quality of Alcohol  
Produced.**

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الغذائية

اختصاص تقانة حيوية

المهندس

علي دردر

إجازة في الهندسة الغذائية

الإشراف العلمي

المشرف المشارك:

أ. د. أنطون يوسف

الأستاذ في قسم الهندسة الغذائية

المشرف العلمي:

د. م. أحمد سمور الإبراهيم

الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الغذائية



## المخلص

تمّ في هذا العمل دراسة تأثير درجة حرارة تخمير العنب بشكل طبيعيّ بواسطة الخمائر الموجودة في الثمار ومنها *Saccharomyces cerevisiae* وتأثير درجة حرارة تقطير العصير وتبريد المتكاثف في نوعيّة الكحول الناتج.

تمّت دراسة تأثير درجات حرارة التخمير التالية ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ )، ( $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ )، ( $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). ودرجات حرارة التقطير ( $80^{\circ}\text{C}$ )، ( $90^{\circ}\text{C}$ ). وكذلك درجات حرارة تبريد المتكاثف التالية ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ )، ( $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) و ( $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) في نوعيّة الكحول الناتج، من حيث الدرجة الكحوليّة وكميّة الإستيرات والحموضة المعايرة الكلّيّة.

بيّنت الدراسة أن تخمير العصير عند درجة حرارة ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) أعطت أفضل نتيجة من حيث الدرجة الكحوليّة للعصير المتخمّر حيث بلغت 11.09%vol. كما بيّنت الدراسة أنّ أفضل درجة حرارة للتقطير كانت عند  $80^{\circ}\text{C}$  وأنّ أفضل درجة حرارة لتبريد المتكاثف هي ( $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ )، وعند هذه القيم كانت نوعيّة الكحول الإيثيلي الناتج عن التقطير أفضل ما يمكن حيث كانت كميّة الإستيرات الكلّيّة 245mg/L والحموضة المعايرة 4.12g/L.

**الكلمات المفتاحيّة:** تقطير، تخمير، تبريد المتكاثف، *Saccharomyces cerevisiae*



# **A Study of the Effect of Grape Juice Fermentation Conditions and the Cooling Temperature of Condensate During distillation on the Quality of Alcohol Produced**

## **Summary**

In this work, the effect of naturally fermenting grape temperature by yeasts on fruits, including *Saccharomyces cerevisiae*, the effect of juice distillation temperature and condensate cooling on the quality of the resulting alcohol was studied.

The effect of the following fermentation temperatures ( $20 \pm 2$ ) °C, ( $30 \pm 2$ ) °C, ( $36 \pm 2$ ) °C was studied. And distillation temperatures (80) °C, (90) °C. Likewise, the following cooling condensate temperatures ( $5 \pm 1$ ) °C, ( $15 \pm 1$ ) °C, ( $25 \pm 1$ ) °C on the quality of the alcohol produced in terms of alcoholic degree, the amount of stearate, and the total calibration acidity.

The study showed that the fermentation of juice at temperature ( $20 \pm 2$ ) °C gave the best result in terms of alcoholic juice for the juice, which reached 11.09 %vol. The study also showed that the best distillation temperature was at 80°C and that the best temperature for condensate cooling is ( $15 \pm 1$ ) °C and at these values The quality of ethyl alcohol from distillation was best possible as the total amount of esters was 245mg/L and titrated acidity was 4.12g/L.

**Keywords:** distillation, fermentation, condensate cooling, *Saccharomyces cerevisiae*



## الفهرس

العنوان	رقم الصفحة
الفهرس	١
هدف البحث	٩
الفصل الأول: الدراسة المرجعية	١١
المقدمة	١٣
١-١- الخواص الكيميائية والفيزيوكيميائية للكحول الإيثيلي	١٤
٢-١- ميكروبيولوجية وبيوكيمياء التخمر الكحولي	١٥
٣-١- كيميائية عمليات التخمر	١٦
٤-١- طرق إنتاج الكحول الإيثيلي	٢٢
١-٤-١- الطريقة الدورية	٢٢
٢-٤-١- الطريقة نصف المستمرة	٢٣
٣-٤-١- الطريقة المستمرة	٢٣
٥-١- مصادر إنتاج الكحول الإيثيلي	٢٣
٦-١- إنتاج الكحول الإيثيلي من العنب	٢٥
١-٦-١- العنب	٢٥
٢-٦-١- بنية عنقود وثمار العنب	٢٥
٣-٦-١- نمو العنقود ونضج الثمار	٢٧
٤-٦-١- مؤشرات النضج التقني للعنب	٢٨
٥-٦-١- مراقبة نضج العنب	٣١
٦-٦-١- الوصف الثمري للعنب	٣١
١-٦-٦-١- التركيب الميكانيكي للعنقود	٣٢
٢-٦-٦-١- الخواص الميكانيكية للعنقود والثمرة	٣٣
٣-٦-٦-١- التركيب الكيميائي للعنقود	٣٣
٤-٦-٦-١- التحليل الحسي للعنب ومنتجات تصنيعه	٣٣
٥-٦-٦-١- التركيب الكيميائي للعنب	٣٣
٧-١- الخمائر <i>Saccharomyces cerevisiae</i> والتخمّر الكحولي	٣٧
٨-١- العوامل المؤثرة في التخمر ونوعية عصير العنب	٣٧

٣٧	١-٨-١ - تأثير درجة الحرارة في التخمر
٣٨	٢-٨-١ - تأثير (pH) في التخمر
٣٨	٣-٨-١ - تأثير محتوى السكر في التخمر
٣٨	٤-٨-١ - تأثير الأحياء الدقيقة في التخمر
٤٠	٩-١ - التقطير
٤٠	١-٩-١ - نظرية التقطير
٤٠	٢-٩-١ - تخمير عصير العنب المتخمّر الناتج
٤٢	٣-٩-١ - العمليات التي تحدث في الغلاية خلال تقطير العصير المتخمّر
٤٥	الفصل الثاني: مواد وطرائق البحث
٤٧	٢- مواد البحث وطرائقه
٤٧	١-٢ - المادة المدروسة
٤٧	٢-٢ - الأجهزة المستخدمة
٥١	٣-٢ - منهجية الدراسة العملية
٥٢	٤-٢ - التحاليل الكيميائية
٥٣	٥-٢ - النتائج والمناقشة
٥٣	١-٥-٢ - نتائج دراسة مواصفات عصير العنب المستخدم في الدراسة وذلك كقيم متوسطة لثلاثة مكررات.
٥٣	٢-٥-٢ - نتائج دراسة محتوى الكحول في العصير المتخمّر خلال عملية التخمر عند درجات الحرارة المختلفة
٥٩	٣-٥-٢ - مواصفات العصير المتخمّر عند درجات الحرارة $(20 \pm 2, 30 \pm 2, 36 \pm 2) ^\circ C$
٦١	٤-٥-٢ - مواصفات العصير المتخمّر الذي تم احضاره من ثلاثة مناطق مختلفة
٦٦	٥-٥-٢ - نتائج دراسة عملية التقطير
٦٦	١-٥-٥-٢ - الدلائل الكيميائية للمكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة $80^\circ C$ .
٦٨	٢-٥-٥-٢ - الدلائل الكيميائية للمكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة $90^\circ C$ .



٦٩	٣-٥-٥-٢- الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطّر المحضر من ثلاث مناطق مختلفة
٧٢	٣-٥-٥-٤- كمية الإيثانول و الميثانول في المستقطرات المقطرة مخبرياً
٧٧	الفصل الثالث: الاستنتاجات والتوصيات
٧٩	٣-١- الاستنتاجات
٨١	٣-٢- التوصيات
٨٣	الفصل الرابع: المراجع
٨٥	٤-١- المراجع العربية
٨٦	٤-٢- المراجع الأجنبية
٨٨	٤-٣- المراجع الروسية



فهرس الأشكال:

رقم الصفحة	العنوان
١٨	الشكل (١) المرحلة الأولى لمسار E.M.P
١٩	الشكل (٢) المرحلة الثانية لمسار E.M.P
٢٠	الشكل (٣) المرحلة الثالثة لمسار E.M.P
٢١	الشكل (٤) المرحلة الرابعة لمسار E.M.P
٢٦	الشكل (٥): عنقود العنب
٢٦	الشكل (٦): بنية ثمرة العنب
٤٤	الشكل (٧) المركبات الأساسية التي نحصل عليها خلال عملية التقطير بجهاز التقطير البسيط (كمية ١L).
٤٨	الشكل (٨): جهاز تقطير تصنيع محليّ
٤٩	الشكل (٩) جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC-MS).
٥٠	الشكل (١٠) Alcohol meter
٥٤	الشكل (١١) تغيير الدرجة الكحولية (%vol.) مع الزمن عند درجة حرارة تخمير $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .
٥٦	الشكل (١٢) تغيير الدرجة الكحولية (%vol.) مع الزمن عند درجة حرارة تخمير $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$ .
٥٧	الشكل (١٣) تغيير الدرجة الكحولية (%vol.) مع الزمن عند درجة حرارة تخمير $(36 \pm 2)^\circ\text{C}$ .
٥٨	الشكل (١٤) تغيير الدرجة الكحولية (%vol.) مع الزمن عند درجات الحرارة $(20 \pm 2, 30 \pm 2, 36 \pm 2)^\circ\text{C}$ .
٦٢	الشكل (١٥) تغيير الحموضة الكلية g/L لعينات العصير المتخمّر مخبريًا وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.
٦٣	الشكل (١٦) تغيير الحموضة الطيارة g/L لعينات العصير المتخمّر مخبريًا وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.
٦٣	الشكل (١٧) درجة pH لعينات العصير المتخمّر مخبريًا وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.
٦٤	الشكل (١٨) تغيير كمية الإستيرات mg/L لعينات العصير المتخمّر مخبريًا وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.

٦٤	الشكل (١٩) تغير كمية السكر المتبقي g/L لعينات العصير المتخمّر مخبريًا وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.
٧٠	الشكل (٢٠) درجة pH للمستقطرات المختلفة.
٧٠	الشكل (٢١) الحموضة الكلية للمستقطرات المختلفة.
٧١	الشكل (٢٢) الحموضة الطيارة للمستقطرات المختلفة.
٧١	الشكل (٢٣) كمية الإستيرات للمستقطرات المختلفة.
٧٢	الشكل (٢٤) الدرجة الكحولية للمستقطرات المختلفة.
٧٤	الشكل (٢٥): نسبة الإيثانول عند درجتَي حرارة تقطير $^{\circ}\text{C}$ (80, 90) وثلاث درجات حرارة تبريد للمكاثف $^{\circ}\text{C}$ (5±1)، $^{\circ}\text{C}$ (15±1)، $^{\circ}\text{C}$ (25±1).
٧٥	الشكل (26): نسبة الميثانول عند درجتَي حرارة تقطير $^{\circ}\text{C}$ (80, 90) وثلاث درجات حرارة تبريد للمكاثف $^{\circ}\text{C}$ (5±1)، $^{\circ}\text{C}$ (15±1)، $^{\circ}\text{C}$ (25±1).

فهرس الجداول:

رقم الصفحة	العنوان
٢٤	الجدول (1): الإنتاج العالمي من الكحول الإيثيلي (L)
٣٠	جدول (٢): المواصفة الأمثلّة للعنب التالي تبعاً لاتجاه استخدام العنب
٣٤	الجدول (٣): التركيب الكيميائي لعنقود العنب، %
٤٣	جدول (٤): نقاط الغليان عند الضغط الجويّ القياسيّ لبعض المواد الكيميائيةّ الموجودة في العصير المتخمّر
٥٣	الجدول (٥): التركيب الكيميائي للعنب المستخدم.
٥٤	الجدول (6): الدرجة الكحولية خلال عملية التخمير عند درجة حرارة ( $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) بفواصل زمني يوميّن. (% vol.)
٥٥	الجدول (7): الدرجة الكحولية خلال عملية التخمير عند درجة حرارة ( $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) بفواصل زمني يوميّن. (% vol.)
٥٧	الجدول (8): الدرجة الكحولية خلال عملية التخمير عند درجة حرارة ( $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) بفواصل زمني يوميّن. (% vol.)
٥٨	الجدول (9): تأثير درجة حرارة التخمير على الدرجة الكحولية.
٥٩	الجدول (١٠): مواصفات العصير المتخمّر الناتج عن التخمير عند درجة حرارة ( $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
٥٩	الجدول (١١): مواصفات العصير المتخمّر الناتج عن التخمير عند درجة حرارة ( $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
٦٠	الجدول (١٢): مواصفات العصير المتخمّر الناتج عن التخمير عند درجة حرارة ( $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
٦١	الجدول (١٣): دراسة إحصائية لتأثير درجة حرارة التخمير على مؤشرات العصير الناتج.
٦١	الجدول (١٤) مواصفات العصير المتخمّر المحضّر من ثلاث مناطق مختلفة.
٦٥	الجدول (١٥): التركيب الكيميائيّ للعنب المستخدم موسم ٢٠١٨.
٦٧	جدول (16): الدلائل الكيميائيةّ للمتكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة $80^{\circ}\text{C}$ ودرجات حرارة تبريد المتكاثف $5^{\circ}\text{C}$ ( $5 \pm 1$ )، $15^{\circ}\text{C}$ ( $15 \pm 1$ )، $25^{\circ}\text{C}$ ( $25 \pm 1$ ).
٦٨	جدول (17): الدلائل الكيميائيةّ للمتكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة $90^{\circ}\text{C}$ ودرجات حرارة تبريد المتكاثف $5^{\circ}\text{C}$ ( $5 \pm 1$ )، $15^{\circ}\text{C}$ ( $15 \pm 1$ )، $25^{\circ}\text{C}$ ( $25 \pm 1$ ).

٦٩	جدول رقم (١٨) الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطر المحضر من ثلاث مناطق.
٧٣	الجدول (19): كمية الإيثانول والميثانول في المستقطرات الناتجة.

## الهدف من البحث :The objective of research

١. دراسة تأثير التداخل بين متغيرات عملية التخمير والتقطير وتبريد المتكاثف في نوعية وجودة الكحولات الناتجة، بهدف الوصول إلى أفضل تركيب للمستقطر.
٢. تحديد الشروط المثلى لإنتاج الكحول الإيثيلي من المستخلص السكري لثمار العنب.

## مخطط الدراسة:

١. دراسة تأثير درجة حرارة العصير المتخمّر في نسبة الكحول.
٢. دراسة تأثير درجة حرارة التقطير في نوعية الكحولات عند التكثيف على درجة حرارة ثابتة.
٣. دراسة تأثير درجة حرارة التبريد المتكاثف في نوعية الكحولات الناتجة.
٤. دراسة إحصائية لتأثير التداخلات بين درجة حرارة التقطير ودرجة حرارة التكثيف في نوعية الكحولات الناتجة.





# الفصل الأول

الدراسة المرجعية

Literature Reiview



## المقدمة:

التخمير هو تقنية قابلة للتطبيق في تطوير المنتجات الجديدة ذات الصفات الفيزيوكيميائية و الحسيّة المعدلة، خاصةً النكهة والمكونات التغذويّة. التخمّر الكحولي والتخمّر الخلّي واللّبني هي مهمة للجودة في الإنتاج. من هذه التخمّرات، التخمّر الكحوليّ يُستخدَم على نطاق واسع لإنتاج المشروبات التي فيها الكحول يُعدّ المكون الرئيس. عُرفت المشروبات المتخمّرة للبشرية من زمن سحيق. المشروبات الكحولية هي مشروبات تحتوي على الإيثانول. هذه مقسّمة إلى ثلاثة أصناف عامة من أجل الضرائب وتنظيم الإنتاج، وهي البيرة والنبيذ والمستقطرات الكحولية، مثل الويسكي والزّوم والجّن والفودكا. تُصنع البيرة عن طريق استخدام الخمائر لتخمير نشاء الحبوب المستتبّة، وخاصة الشعير، الجاودار، القمح، أو مزيج من هذه الحبوب وعادةً تُعطّر بعطر حشيشة الدينار. يتم إنتاج المستقطرات الكحولية عن طريق تقطير الإيثانول الناتج عن تخمير الحبوب أو الفواكه أو الخضروات. هي تُصنّع من عصير قصب السكر، المولاس، وهريس الحبوب والبطاطا المتخمّر، ومالت الشعير والجاودار المتخمّر. يتراوح المحتوى الكحوليّ في هذه المستقطرات الكحولية بين ٤٠% و ٦٠%. [Audu OJ., 2010]

ينتج عن التخمّر الكحوليّ مجموعة من المنتجات الثانويّة بالإضافة إلى الإيثانول. وتشمل مركبات الكربونيل، والكحولات، والإستيرات، والأحماض، والأسيتالات، وجميعها تُؤثّر في جودة المنتج النهائي. يمكن أن يختلف تركيب ومستويات تركيز المنتجات الثانوية على نطاق واسع. [Sivasakthivelan P., et al., 2014]

#### ١-١ - الخواص الكيميائية والفيزيوكيميائية للكحول الإيثيلي:

ينتسب الكحول الإيثيلي (الإيثانول، الكحول النبيذّي)  $C_2H_5OH$  إلى الكحولات العضوية وحيدة الذرة (monoatomic alcohols)، ومن أهم صفاته الفيزيائية [الإبراهيم، ٢٠١٦] :

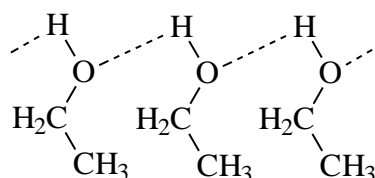
- الوزن الجزيئي 46.07 g/mol .
- سائل عديم اللون سهل الحركة ذو رائحة خاصة وطعم محرق.
- الكحول الإيثيلي النقيّ كيميائياً ذو تفاعل محايد، أمّا المستخدم في الصناعة فهو حمضيّ ضعيف وهذا ناتج عن وجود الأحماض العضوية المرافقة له.
- يمتزج مع الماء بكل النسب.
- درجة حرارة الغليان عند الضغط الجويّ  $78.3^{\circ}C$  ، ودرجة التجمّد  $-117^{\circ}C$  .
- طاقة التبخير الكامنة عند الدرجة  $20^{\circ}C$  هي 910 kJ/kg .
- الكثافة عند الدرجة  $15^{\circ}C = 0.7937 \text{ g/cm}^3$  .
- معامل التمدّد الحجميّ للكحول أكبر من معامل التمدّد الحجميّ للماء تقريباً بخمس مرات ويساوي وسطياً 0.0011 (في مجال حرارة  $0-30^{\circ}C$ ).
- أبخرة الكحول ضارة بجسم الإنسان، التركيز المسموح به كحدّ أقصى 1 mg/L، التركيز السامّ 16 mg/L. يُشعر برائحة الكحول الإيثيليّ في الهواء حتّى عند تركيز 0.25 mg/L.
- درجة حرارة وميض (flash point) الكحول المطلق  $13^{\circ}C$  ، ولكن ترتفع بانخفاض التركيز.

- الكحول ماصّ للرطوبة وسامّ للجسم الحيّ وعند ملامسته للأنسجة الحيوانية والنباتية فإنه يسبّب تخريبها. سائغ داخل الجسم، بكميّات قليلة يُؤدّي إلى حالة السكر، أمّا بكميّات كبيرة فإنه يسبب حالة قريبة إلى التخيدير. [الإبراهيم، ٢٠١٦]

تترافق عملية مزج الكحول مع الماء بانضغاط أدياباتي للمزيج (adiabatic compression) وطرح طاقة.

تبلغ الإنضغاطية قيمتها العظمى عند درجة كحولية للمزيج الكحوليّ المائيّ 53-56%vol، وتتناقص مع تزايد وانخفاض الدرجة الكحولية.

- يُمكن تفسير تقلّص المزائج الكحولية المائية وطرح الطاقة عند المزج بوجود الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الكحول والماء، وخلافاً للماء يُشكّل الكحول تجمّعات على شكل سلسلة:



- المحاليل الكحولية المائية هي عبارة عن تجمّعات مختلطة للكحول والماء.

- يُسمّى الكحول المنقى من الشوائب المرافقة له والمتشكّلة أثناء عملية إنتاجه (أثناء تهيئة المادّة الخام للتخمّر وأثناء التخمّر الكحوليّ) بالكحول المكرّر (rectified alcohol).

يستخدم الكحول الإيثيلي في مجالات كثيرة من أهمها [صادق، ٢٠٠٥] :

- كمذيب عضوي.
- في صناعة المشروبات الكحولية.
- كوقود للمحركات (ممزوجاً مع وقود المحركات المختلفة).
- في صناعة المتفجرات والعبوات الناسفة والألعاب النارية.
- في الصناعات الدوائية والطبية والجراحة العامة كمطهر.
- كمانع تجمد في الأجهزة.
- في صناعة المطاط والكاوتشوك والورق وصناعة حمض الخل.

### ٢-١- ميكروبيولوجيا وبيوكيمياء التخمّر الكحولي :

يتم صناعياً استخدام سلالات مختارة ومحددة من الأحياء الدقيقة للتوصل إلى أفضل النتائج لتحقيق التوافق ما بين خصائص عملية التخمّر والمواد الخام المستخدمة في التخمّر الكحولي .

يعتمد تحقيق الخصائص الأفضل في صناعة الكحول الإيثيلي بشكل كبير على اختيار الأحياء المستخدمة في التخمّر التي يجب أن تحقق الشروط التالية:

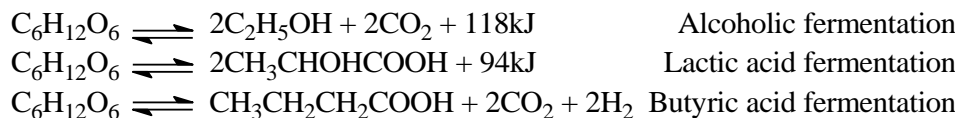
- إنتاجها مردود عال من الكحول الإيثيلي.
- تمتعها بفعالية تخمير عالية.
- مقاومتها التراكيز العالية من الكحول الإيثيلي.
- تحملها درجات حرارة المرتفعة.
- تمتعها بثباتية عند شروط التخمير المحددة.
- تحملها قيم pH المنخفضة [Roeher, 2001].

يجب أن يكون عمل الأحياء الدقيقة عند شروط العمل المثالية والمحددة مع مراعاة الخصائص العملية وتركيب المادة الأولية المستخدمة [Roeher, 2001].

إنّ زيادة تركيز الكحول الإيثيلي في الوسط يبدي تأثيراً مثبطاً وأحياناً مميتاً على الخمائر، لهذا فإنه كقاعدة توقف عملية التخمّر عندما يصبح محتوى الوسط من الكحول بين % (12-16) وهناك بعض السلالات التي تتحمل تركيزاً عالياً من الكحول في الوسط يصل الى % (17-20) [صادق، ٢٠٠٥].

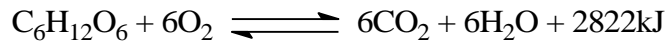
### ٣-١- كيميائية عمليات التخمير [الإبراهيم، ٢٠١٦] :

يُعدّ التخمّر الكحوليّ وتخمّر حمض اللّبن وحمض الزبدة من الأنواع المهمّة في الاستخدامات الصناعيّة، يُعبّر عن كلّ نوع من أنواع التخمّر بمعادلة التفاعلات الإجماليّة التالية:



يُمكن الحكم حسب هذه المعادلات على منتجات التخمر الابتدائية والنهائية، لكن من الصعب تبيان (إيضاح) تشكيل عدد من المنتجات الوسيطة أثناء التخمر، وكذلك التفاعلات المستقلة والعلاقة فيما بينها.

تُعدّ هذه الأنواع الثلاثة من التخمر أساسية، وهي مرتبطة فيما بينها وكذلك مع التفاعلات، التي تتم أثناء التنفس الهوائي الطبيعي، والتي يُمكن أن يُعبّر عنها بالمعادلة التالية:



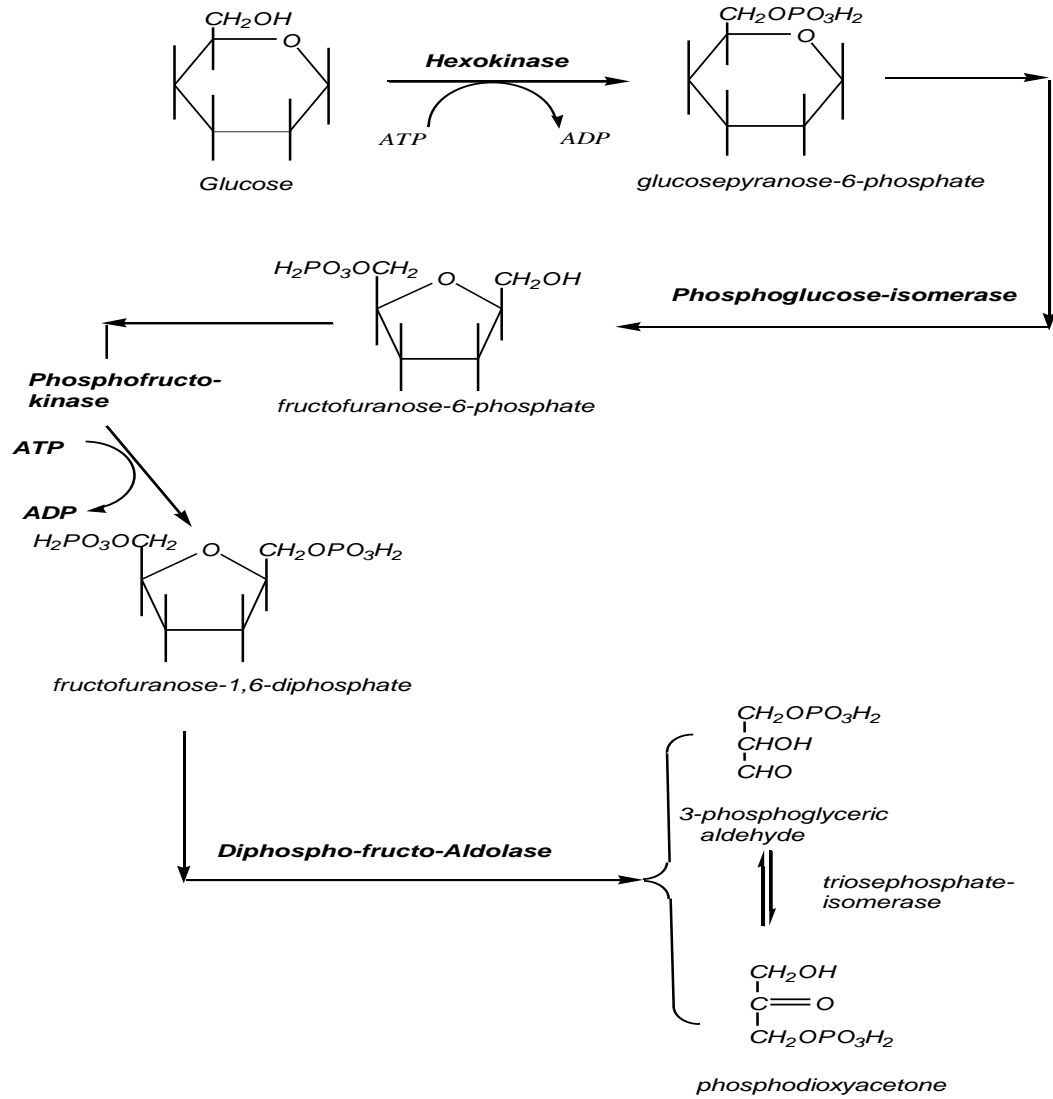
أُثبت أثناء دراسة عملية التخمر، أنّ حمض الفوسفور يُسهم اسهاماً مهماً في هذه العملية، حيث يوجد هذا الحمض في الخمائر وفي الكثير من الكائنات الحية على شكل أحماض (نيوكليوزيدات): AMP, ADP, ATP، وهذه الأحماض تُنتج حمض الفوسفور بسهولة.

يُمكن تقسيم كلّ عملية تخمر، من الأنواع المذكورة سابقاً، شرطياً إلى عدّة مراحل:

#### المرحلة الأولى: تشكيل السكريات الفوسفورية (المفسفرة):

في هذه المرحلة تضمّ جزيئة الجلوكوز تحت تأثير الأنزيم hexokinase شقاً من حمض فوسفور من جزيئة ATP، ويتشكّل ADP وغلوكوبيرانوز . 6 . فوسفات، الذي يتحوّل تحت تأثير الأنزيم phosphogluco-isomerase إلى فروكتوفورانوز . 6 . فوسفات، وهذا الأخير يضمّ شق حمض فوسفور آخر من جزيئة جديدة من ATP، تحت تأثير الأنزيم phosphofructokinase، ويتشكّل من جديد ADP وفروكتوفورانوز . 1,6 . ثنائي الفوسفات.

بعد ذلك يتفكك فروكتوفورانوز . 1,6 . ثنائي الفوسفات تفككاً عكسياً تحت تأثير الأنزيم diphosphofructo-aldolase إلى 3. فوسفوغلوسيرألدهيد وفوسفو ثنائي أوكسي أسيتون، التي يُمكن أن يتحوّل أحدها إلى الآخر تحت تأثير الأنزيم triose phosphate-isomerase.



الشكل (١) المرحلة الأولى لمسار E.M.P (Roher, *et al.* , 2001; Campdell, 2003)

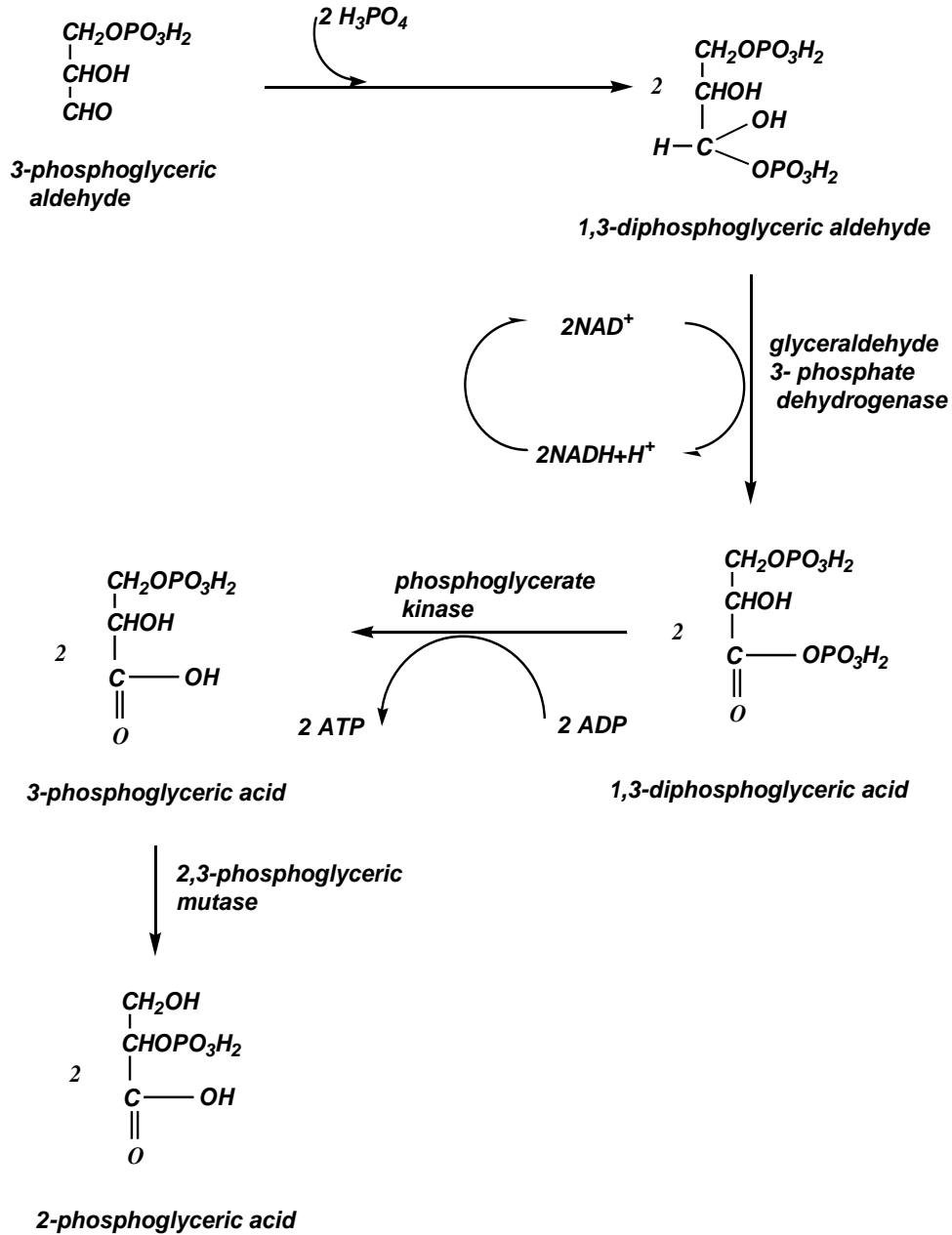
### المرحلة الثانية:

التحول اللاحق في عملية التخمر يتعرض له 3 . فوسفوغليسيرألدهيد، وحسب استهلاكه يتحول فوسفو ثنائي أوكسي أسيتون إلى كميات جديدة من 3 . فوسفوغليسيرألدهيد تحت تأثير الأنزيم Triose phosphate- isomerase.

في هذه المرحلة يضم 3 . فوسفوغليسيرألدهيد شقاً جديداً من حمض الفوسفور على حساب الفوسفور اللاعضوي ويتشكل 1,3 . ثنائي فوسفوغليسيرألدهيد، الذي يتحول تحت تأثير الأنزيم glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase إلى حمض 1,3- ثنائي



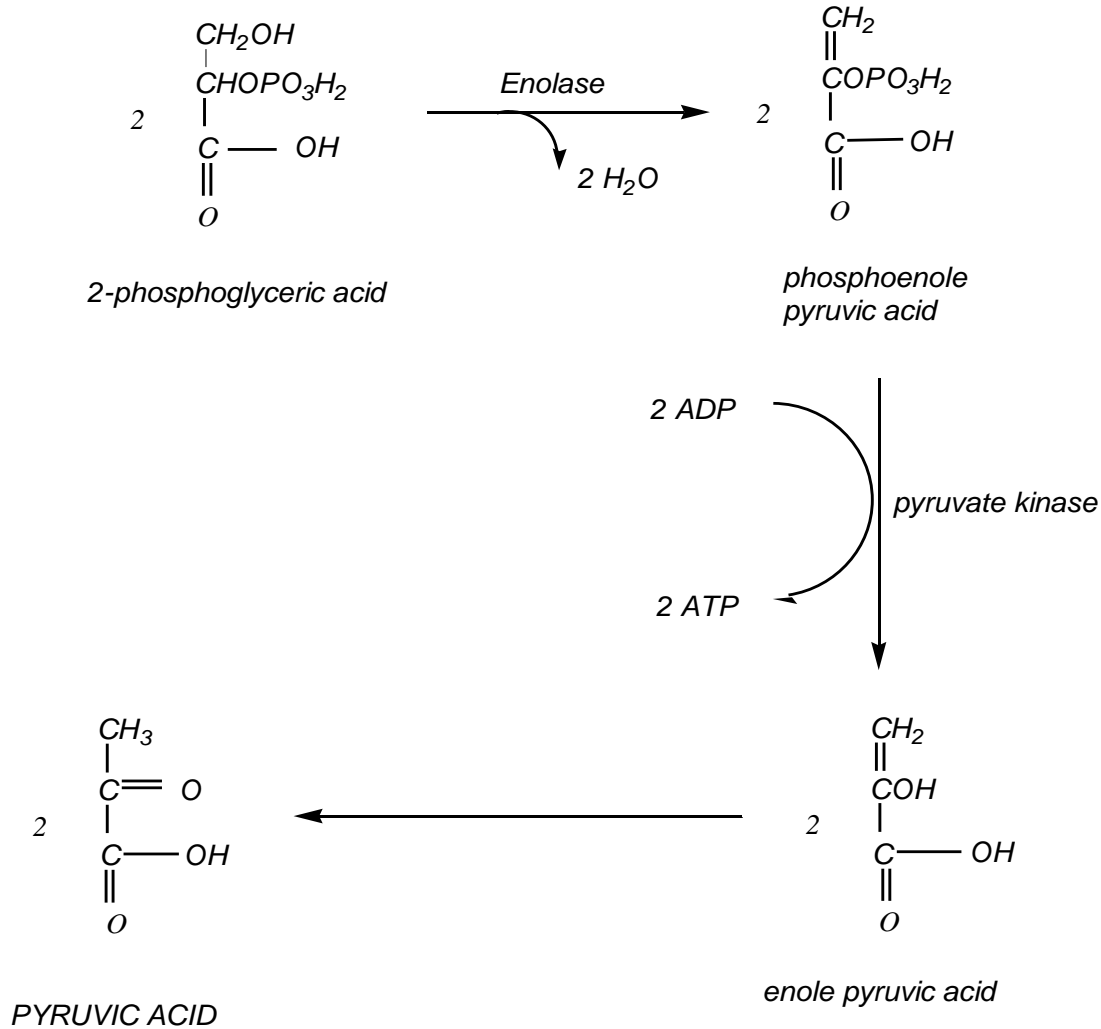
فوسفوغليسيريك. يُعطي هذا الحمض شقاً من حمض الفوسفور لجزيئة ADP تحت تأثير الأنزيم phosphoglycerate kinase والنتيجة أنه تتشكّل جزيئة من ATP وحمض 3- فوسفوغليسيريك، بعد ذلك يتحوّل الحمض الناتج إلى حمض 2- فوسفوغليسيريك تحت تأثير الأنزيم 2,3- phosphoglyceric mutase.



الشكل (٢) المرحلة الثانية لمسار E.M.P (Roher *et al.*, 2001; Campdell, 2003)

### المرحلة الثالثة:

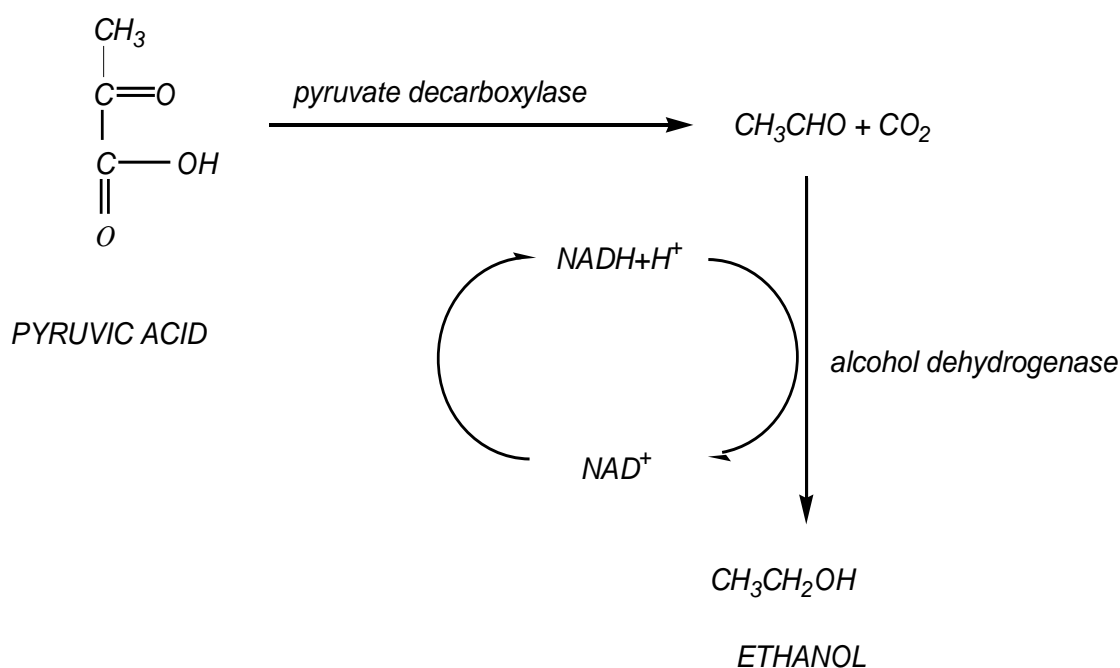
في هذه المرحلة يتحوّل حمض 2 . فوسفوغليسيريك تحت تأثير الأنزيم Enolase (phosphopyruvate hydratase) إلى حمض فوسفو إنول بيروفيك، الذي يُعطي شقاً من حمض الفوسفور لجزيئة ADP، والنتيجة أنّه تتشكّل جزيئة من ATP وحمض إنول بيروفيك، الذي بدوره يتفكك ويتحوّل بعد ذلك إلى حمض البيروفيك تحت تأثير الأنزيم pyruvate .kinase



الشكل (٣) المرحلة الثالثة لمسار E.M.P (Roher *et al.*, 2001; Campdell, 2003)

يُعدّ حمض البيروفيك المنتج الوسيط لعملية التخمّر، الذي يتحوّل حسب الظروف المحيطة وتؤدي تحولاته اللاحقة إلى هذه العملية أو تلك . التخمّر الكحولي، تخمّر حمض اللبن أو حمض الزبدة أو التنفّس الهوائي.

أثناء التخمّر الكحوليّ يتحوّل حمض البيروفيك تحت تأثير الأنزيم Pyruvate decarboxylase إلى الأسيت ألدهيد و  $\text{CO}_2$  وبعدها يُرجع الأسيت ألدهيد إلى كحول إيثيليّ تحت تأثير الأنزيم alcohol dehydrogenase، الذي مجموعته النشيطة هي  $\text{NAD}^+$  وذلك حسب المخطّط التالي:



الشكل (٤) المرحلة الرابعة لمسار E.M.P (Roher *et al.*, 2001; Campdell, 2003)

\* أثناء التنفس الهوائي (الأكسدة التامة) يتأكسد حمض البيروفيك إلى ماء و  $CO_2$ .

تقسم الخمائر تبعاً لمقاومتها للكحول الإيثيلي إلى:

أولاً: خمائر ذات مقاومة منخفضة جداً للكحول الإيثيلي حيث لا تستطيع هذه الخمائر تخمير إلا 77.2% من السكريات القابلة للتخمر وفي درجة حرارة  $30^{\circ}C$  ووسط زرعي يحتوي على الجلوكوز بنسبة 10-15% و pH بين 4.3-4.38 في بيئة تحتوي على 4.76-4.82% كحول إيثيلي.

ثانياً: خمائر ذات مقاومة منخفضة للكحول وهذه الخمائر لها القدرة على تحويل 95.8% سكر غلوكوز في بيئة تحتوي على 6.66-6.75% كحول إيثيلي.

ثالثاً: خمائر ذات مقاومة نسبية للكحول وتعتبر ملائمة للإنتاج الصناعي وكفاءتها في استخدام سكر الجلوكوز لا تزيد عن 97.90% في بيئة تحتوي على 8.56-9.52% كحول إيثيلي.

رابعاً: خمائر ذات مقاومة مرتفعة للكحول حيث تزيد كفاءتها عن 97.90% من سكر الجلوكوز في بيئة تحتوي على 10.40-10.61% كحول إيثيلي (إبراهيم باشا، 1990)

#### ١-٤- طرق إنتاج الكحول الإيثيلي: (صادق، 2005؛ كشتعاري، 1999).

يتم إنتاج الكحول الإيثيلي بطرق تخميرية متنوعة منها الطريقة الدورية (الطريقة المتقطعة Batch fermentation) والطريقة المستمرة Continuous fermentation والطريقة نصف المستمرة Semi-Continuous fermentation.

#### 1-٤-1- الطريقة الدورية (Batch fermentation):

يتم تحضير الوسط المغذي وجعله ملائماً للتخمر الكحولي، ثم يضاف البادئ ضمن الشروط اللاهوائية وتضبط درجة الحرارة عند  $30^{\circ}C$  ودرجة pH: 3.5-5 مع المراقبة المستمرة للتخمر أثناء مراحل المختلفة حتى انتهاء التخمر.

#### 1-4-2- الطريقة نصف المستمرة (Semi-Continuous fermentation):

تختلف الطريقة نصف المستمرة عن الطريقة المستمرة من ناحية إضافة الوسط المغذي، حيث تتم إضافة جزء من الوسط المغذي إلى المخمر وبعد الإنتهاء من التخمير بالطريقة الدورية يتم ضخ جزء من الوسط المغذي الى داخل المخمر بتدفق ثابت، وبالتالي فإن الحجم يتغير مع مرور زمن التخمير مقارنة مع الحجم الثابت للوسط باستخدام الطريقتين الدورية والمستمرة.

#### 1-4-3- الطريقة المستمرة (Continuous fermentation):

يتم في هذه الطريقة تحضير الوسط المغذي في خزانات التخمير، ويضاف بادئ التخمير لبيدأ التخمير الكحولي وبطريقة مشابهة للطريقة الدورية ولكن يتم هنا تزويد المواد المغذية للخزان بشكل مستمر ومكافئ لسحب مواد التخمير.

#### ١-٥- مصادر إنتاج الكحول الإيثيلي:

تقسم المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الكحول الإيثيلي إلى:

- ١- السكريات والتي تستخدم مباشرة في الإنتاج مثل العصائر والعسل والمولاس.
- ٢- جميع المحاصيل التي تحتوي على النشاء مثل القمح والشعير والأرز والبطاطا والذرة.
- ٣- المواد السيليلوزية مثل الأخشاب وبقايا صناعة الأخشاب والمخلفات الناتجة عنها، مع العلم بأن المواد النشوية والمواد السيليلوزية تحتاج الى معاملة مسبقة بهدف تحويل السكريات المعقدة الى سكريات بسيطة مثل (عمليات الحلمة الحامضية والحلمة باستخدام الأنزيمات مثل أنزيمات مستخلص المالت وغيره).

(Roher *et al.* , 2001 ; Satyanarayana, 2009)

ويوضح الجدول (1) الإنتاج العالمي من الكحول الإيثيلي (L)

الجدول (1): الإنتاج العالمي من الكحول الإيثيلي (L)

(Renewable Fuels Association ,2005-2013)

البلد	٢٠١٠	٢٠١١	٢٠١٢
أمريكا الشمالية	٥٢.٠٠٢.٥٥	٥٤.٥٨١.٠٨٠	٥٢.١٨٠.٠٠٠
أمريكا الجنوبية	٢٦.٩٩١.٤٧٠	٢١.٨٧٥.٥٠٠	٢١.٩٨٢.٠٠٠
البرازيل	-	٢١.١٢٢.٥٨٠	٢١.١٣٧.٠٠٠
أوروبا	٤.٥٨٠.٥٢٠	٤.٤٢٥.٣٦٠	٤.٣١٧.٠٠٠
آسيا	٢.٩٧٨.٥٩٨.٩٠٠	٣.٣٧١.٩٦٣.٠٠٠	٣.٦٠٨.٠٨٠.٠٠٠
الصين	-	٢.١٠٢.٥٤٠.٠٠٠	٢.١٠٣.٤٥٠.٠٠٠
كندا	-	١.٧٥٢.١١٠.٠٠٠	١.٧٠١.٧١٠.٠٠٠
أستراليا	٢٥٠.٢٩١.٦٠٠	٣٣٠.٤٨٨.٠٠٠	٢٦٩.٠٩٠.٠٠٠
إفريقيا	١٥٦.٢٠٦.١٠٠	١٤٥.١٩٤.٩٠٠	١٥٩.١٨٠.٠٠٠

## ١-٦-١ - إنتاج الكحول الإيثيلي من العنب:

### ١-٦-١-١ العنب Grape:

تُعدّ ثمار العنب مصدراً نموذجياً لعصير معقّم بشكل طبيعيّ وحلو ومعطر، حيث تُساعد ثمار العنب، بفضل غضاضتها ودرجة حلاوتها المرتفعة وحموضتها المعتدلة، على الحصول على عصائر وأنبذة طبيعية وسليمة من الناحية الصحية. يُعدّ العنب المادّة الأولى الطبيعية الوحيدة من أجل إنتاج النبيذ، حيث يسمح وجود كمية كبيرة من المركّبات الكيميائية الطبيعية في الأجزاء الصلبة للعنقود بإنتاج أصناف مختلفة جداً من الأنبذة والعصائر والمنتجات الغذائية غير الكحولية.

تطور إنتاج العنب ليصبح أهم محصول فاكهة طازجة في العالم، كان إنتاج العنب في جميع أنحاء العالم في عام ٢٠٠٢ حوالي ٦٢ مليون طن. يقارن هذا مع ما يقرب من ٥٧، ٥٠، ٤٣، مليون طن للبرتقال و الموز و التفاح، على التوالي. قدرت المساحة المزروعة بأشجار العنب في عام ٢٠٠٢ بنحو ٧.٩ مليون هكتار.

ما يقارب من ٦٦% من الإنتاج كان يستخدم في صناعة النبيذ، ويستهلك ١٨.٧% كفاكهة طازجة، و ٧.٧% المتبقية تجفف للزبيب (OIV, 2005).

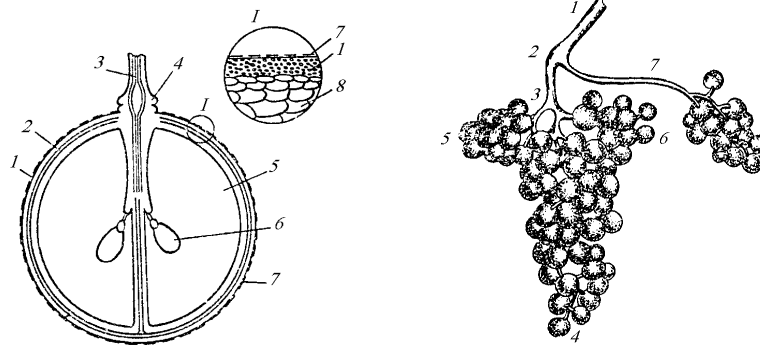
### ١-٦-٢ - بنية عنقود وثمار العنب:

**عنقود العنب:** مكوّن من هيكل متين ميكانيكياً هو العرمش (العُمشوق)، وثمار غضة، التي ترتبط به. يتشكّل العنقود من الأزهار خلال نموّها وتطوّرها بعد الإزهار، أثناء ذلك يتحوّل حامل الزهرة إلى حامل العنقود ومحور الزهرة مع التفرّعات يتحوّل إلى العرمش وطرف المدقة الأسفل (المبيض) (ovary) يتحوّل إلى الثمار.

**ثمرة العنب:** هي ثمرة غضة مغلقة لنبات العنب، تُستخدم من أجل حماية وانتشار البذور الموجودة فيها. تتكوّن الثمرة من قشرة رقيقة لدنة، تُغلّف اللبّ (pulp). يتكوّن اللبّ من خلايا ضخمة ذات فجوات كبيرة مملوءة بالعصير الخلوي. يتخلّل الثمرة في كل الاتجاهات حزم وعائية ليفية، تُشكّل على أطراف اللبّ شبكة ناعمة، وتكون واضحة بشكل جيّد إذا تمّ نزع القشرة، حيث

أنَّ جزءاً من الحزم الوعائيّة مرتبط بمركز الثمرة، وتُؤمن هذه الحزم وصول الموادّ المغذيّة خلالها من الحامل إلى الثمرة.

تكون قشرة الثمرة الناضجة مغطاة بطبقة شمعيّة، توجد في طبقات الأدمة (epidermis) الملتصقة بالقشرة الموادّ الملوّنة المختلفة، التي تُحدّد لون الثمرة. في الأصناف، التي تتّصف بعصير ملوّن، تنتشر الأنثوسيانينات (anthocyanins)، إضافةً إلى القشرة، في جميع أنحاء اللبّ. يمتلك لون الثمرة تدرّجات لونيّة مختلفة جدّاً: من الأخضر المصفر (الأبيض) والرماديّ والزهرّي حتّى الأحمر والأزرق العاتم (الأسود)، وهذا بسبب المجموعة اللونيّة (colour gamma) للمواد الملوّنة (Roland, 2008).



الشكل (٦): بنية ثمرة العنب

الشكل (٥): عنقود العنب

1. حامل العنقود، 2. عقدة على 1. القشرة، 2. الحزم الليفيّة
3. حامل العنقود، 3. مكان تفرّع الوعائيّة، 3. حامل الثمرة، 4.
4. قمة العنقود، 5 و 6. مكان اتصال الحامل بالثمرة،
7. خُصل، 7. حالق (tendrils) مع 5. اللبّ، 6. البذور، 7. الطبقة
- ثمار في نهايته الشمعيّة، 8. الأدمة

تتوزّع السكّريّات والأحماض والزيوت العطريّة والمواد القيّمة الأخرى في خلايا الثمرة؛ حيث تتراكم الزيوت العطريّة، على سبيل المثال، في جميع أنحاء اللبّ في أوعية خاصّة، وتتركّز بالقرب من القشرة، أمّا السكّريّات، فبعبكس ذلك، توجد بأكبر كمية في خلايا اللبّ الغضّة الرخوة



وتُشكّل أساس عصير الجريان الحرّ (free-run juice). يُصبح العصير في العنب المفرط النضج لزجاً وكثيفاً لدرجة أنّ كمّيات العصير المكبوسة تبدو أكثر حلاوة.

توجد علاقة متبادلة (correlation) بين عدد البذور في الثمرة ومحتوى السكّريات والأحماض فيها: حيث إنّهُ كلّما زاد عدد البذور في الثمرة كان محتوى السكّريات فيها أقلّ ودرجة حموضة العصير أعلى. من هنا كانت أصناف العنب عديمة البذور المخصّصة لإنتاج الزبيب هي الأصناف مرتفعة الحلاوة والقليلة الحموضة.

### ١-٦-٣ - نمو العنقود ونضج الثمار:

ينمو العرمش والثمار من الأزهار بعد تلقيح المبايض فيها، أثناء ذلك تُميّز ثلاثة أطوار: تشكيل (نمو) العنب ونضجه والإفراط في نضجه.

**تشكيل الثمار:** تستمر العملية 40-50 يوماً من لحظة تلقيح المبايض، يتمّ في هذه المرحلة نمو قويّ للثمار والعرمش، وتتشكّل البذور؛ يُصبح أثناء ذلك الجزء الأساسي من وعاء البذرة النامي لباً، يتكوّن من خلايا ضخمة ذات فجوات كبيرة مملوءة بالعصير الخلوي. يكون العرمش في الطور الأول للنمو أخضر اللون يحتوي على الكلوروفيل ويُشارك في عملية التركيب الضوئي. تُساعد عمليات تنفس ونمو النبات المتزايدة على تراكم الكربوهيدرات في الثمرة، توجد السكّريات بكمية لا تزيد على 1%، لكن تتشكّل كمية كبيرة من الأحماض العضوية مع سيطرة حمض التفاح (malic acid). تبلغ الحموضة المعايّرة (titratable acidity) للعصير 35-40 g/L، وتتراكم الموادّ الفينولية، لهذا السبب تمتلك الثمرة طعماً حامضاً وقابضاً جدّاً. تبقى البذور عادةً إلى نهاية الطور الأول خضراء غير قابلة للإنبات (germination) والثمار قاسية وغير قابلة للأكل.

**نضج العنب:** تستمر هذه العملية 30-60 يوماً تبعاً للصنف وظروف الوسط المحيط واتجاه استخدام المحصول.

يبدأ نضج عنقود العنب مع التطرية التدريجيّة للثمار وتوقّف نموّها الفيزيائيّ. تتراكم السكّريات في العصير الخلويّ للثمار على حساب العمليّات الفيزيولوجيّة الشديدة ويقلّ محتوى الأحماض؛ وتحدث زيادة في حجم (turgor) وكتلة الثمار على حساب امتلائها بالعصير وتدقّق

مواد الاستخلاص المختلفة ونضج البذور. يبلغ العنب في هذه المرحلة النضج الفيزيولوجي (physiological maturity)، وهذا يتميز بمقدرة البذور على الإنبات. بعد ذلك تبدأ المراحل المختلفة للنضج التقني (التصنيعي) (technical maturity)، التي خلالها تتراكم السكريات والأحماض في ثمرة العنب بتناسب محدد، وهذا يؤمن الحصول على هذه أو تلك الأنواع من الأنبذة والعصائر ومنتجات تصنيع العنب الأخرى.

مع توقف نمو الثمار تظهر على القشرة طبقة شمعية ويصبح اللب نصف شفاف وطرياً وتتراكم الزيوت العطرية والمواد الملونة المميزة للصنف في الطبقات السطحية للثمرة. يلاحظ المحتوى الأعظمي للسكريات والمواد العطرية والملونة في نهاية مرحلة النضج ويسمى النضج التام (full maturity) للعنب.

تكتسب البذور في مرحلة النضج التام اللون البني ويزول النشاء من العرمش ويفقد الماء ويتخشّب تدريجياً، لكن الثمار تحتفظ بارتباطها به. تستمر الفترة من لحظة إزهار العنب إلى النضج التام للثمار وسطياً 130 يوماً.

**الإفراط في نضج الثمار:** تبدأ العملية مع لحظة التخشب الكامل لحامل العنقود وتوقف تدفق المواد المغذية من الأوراق (السكريات). يتم أثناء ذلك انخفاض حموضة العصير نتيجة تأكسد حمض التفاح إلى  $CO_2$  وماء ومعادلة الأحماض بواسطة القلويات وبشكل أساسي البوتاسية. يسبب تبخر الماء من الثمار تركيز العصير، لذلك تنخفض الكتلة المطلقة للثمار ويزداد المحتوى النسبي لمواد الاستخلاص ويمكن أن يبلغ محتوى السكريات 30mg/100mL وفي بعض الحالات حوالي 40mg/100mL فأكثر؛ تسمى هذه العملية ذبول العنب، حيث إنّ هذه العملية تؤمن النضج التقني (الصناعي) من أجل إنتاج الأنبذة الليكيورية والأنبذة الحلوة (dessert wines). تُعدّ ظاهرة إفراط نضج العنب نادرة ويسمح بها فقط عند إنتاج أصناف خاصة من النبيذ في المناطق ذات الخريف الطويل الجاف والحار.

١-٦-٤ - مؤشرات النضج التقني للعنب: (Ronald ، 2008).

يتّصف النضج التقني بأهمية أساسية من أجل التصنيع: يشمل النضج التقني درجة الحلاوة (sugar content) (محتوى السكريات)، والحموضة المعايرة (titratable acidity) (مجموع

الأحماض الحرة وأملاحها)، وقيمة pH العصير، وكمية وتناسب الأحماض، ووجود احتياطي  
تكنولوجي من المواد الملونة، ومحتوى محدد من مركبات العطر والمؤشرات الأخرى.

أكثر ما يُستخدم عند تحديد النضج التقني مؤشّران سهلا التحديد هما: درجة الحلاوة والحموضة  
المعايرة. يُنصح بتناسبهما التالي تبعاً لاتجاه استخدام العنب:

جدول (٢): المواصفة الأمثلية للعنب التالي تبعاً لاتجاه استخدام العنب. (الإبراهيم، ٢٠١٦)

استخدام العنب	درجة الحلاوة، g/100 mL	الحموضة المعاييرة، g/L
لإنتاج عصير العنب		
نوع عالي الجودة	15 فأكثر	حتى 10
نوع أول	13 فأكثر	حتى 12
لإنتاج المواد النبيذية		
الكونياكية	16 فأكثر	5-11
الشمبانيا	17-19	8-10
نبيذ مائدة أبيض مَرَّ	18-21	7-9
نبيذ مائدة أحمر مَرَّ	19-22	6-8
نبيذ مائدة نصف حلو	20-24	6-8
نبيذ ثقيل	18-24	5-8
نبيذ حلو	22 فأكثر	5-7
ليكيور حلو	28 فأكثر	4-6

#### ١-٦-٥ - مراقبة نضج العنب:

تتغير مواعيد قطاف العنب من عام إلى عام بسبب الظروف الجوية، لذلك كل عام، بدءاً من 15 آب، تتم مراقبة منتظمة لعملية نضج العنب. من أجل ذلك، بدءاً من أصناف العنب التصنيعية المبكرة، تؤخذ عينات متوسطة من العنب كل 3-5 أيام من مناطق مختلفة من الكرم وتحدد درجة الحلاوة والحموضة. يتم مع اقتراب موعد النضج التقني تحليل العينات المتوسطة يومياً، ويسمى التغير المراقب لدرجة الحلاوة والحموضة بحركية (dynamics) نضج العنب.

تسمح الدراسة الطويلة لحركية نضج العنب في المناطق المختلفة بتحديد أصناف العنب حسب نضجها وتحديد التناسب الأمثل لأصناف العنب في الكروم حسب درجة نضجها: مبكر ومتوسط ومتأخر النضج. تساعد الدراسة السنوية لحركية نضج العنب على التخطيط الصحيح لمواعيد القطاف.

يؤثر في التقييم الموضوعي لدرجة نضج العنب تقنية أخذ العينة المتوسطة، يتم نضج العنب في نفس الكرم بسبب تركيب التربة المحلية والظروف البيئية المحلية الأخرى بشكل غير منتظم، إضافة إلى ذلك، في حدود الكرمة الواحدة تنتضج العناقيد القريبة إلى الأرض والعناقيد المشمسة بشكل أبكر؛ وعلى العنقود نفسه تنتضج الثمار المختلفة بشكل غير متساو، حيث يلاحظ هذا بشكل واضح جداً في أصناف العنب الحمراء والعاتمة اللون. لذلك يتم أخذ عينة متوسطة من العنب مع مراعاة مبادئ العشوائية (randomization).

تؤخذ العينات في الكرم قطرياً في الاتجاهين وفق طريقة "المغلف" (envelope) ومن كل كرمة تؤخذ عدة ثمار بحدود 10-15 ثمرة من أجزاء مختلفة من العنقود ومن عناقيد متوضعة في أماكن مختلفة. إذا تم قطاف اختياري وانتقائي للعنب، فلا تؤخذ العناقيد غير الناضجة، في حين القطاف الكامل تؤخذ العينات من كل العناقيد.

#### ١-٦-٦ - الوصف الثمري للعنب:

تم اقتراح توصيف العنب حسب اتجاهات استخدامه، وهذا ما يسمى بالموشرات الثمرية.

يصف علم ثمرة العنب (uvology) (العلم الذي يدرس بنية عنقود وثمرات العنب) (من اللاتينية uva وتعني ثمرة العنب) عنقود العنب من موقع استهلاكه بشكل طازج أو مجفّف أو تخزينه أو تصنيعه إلى منتجات غذائية مختلفة.

يتضمن الوصف الثمري: حركيّة نضج العنب، والتركيب الميكانيكيّ للعنقود، والخواص الميكانيكيّة للعنقود والثمرة، والتركيب الكيميائيّ والتقييم الحسيّ لعنقود العنب والمنتجات منه.

#### ١-٦-٦-١ - التركيب الميكانيكيّ للعنقود:

يتمّ من أجل التوصيف الميكانيكيّ للعنقود تحديد: النسبة المئويةّ للقشرة واللّب والبذور والعرمش؛ وكمية الثمار المتضرّرة والمريضة والجافة والذابلة؛ والمؤشّرات الثمريّة والبنويّة والقيم الأخرى. يُعدّ الأهم بينها المؤشّر الثمريّ وهو عدد الثمار في 100g من العنقود والمؤشّر البنيويّ وهو نسبة كتلة العصير إلى كتلة المتبقي الصلب من العنقود.

يُقيّم حسب التركيب الميكانيكيّ مردود العصير المتوقّع من 1 ton من العنب المُصنّع: كلّما كان المتبقي الصلب في العنقود أقلّ، كان في نهاية الأمر مردود النبيذ أو العصير أعلى. وبالعكس، إذا كانت النسبة المئويةّ لمحتوى القشرة مع اللّب أكبر، فهذا مريح من أجل تصنيع المربيات والزبيب وعجينة العنب (الدبس).

يتذبذب التركيب الميكانيكيّ لعنقود العنب في حدود واسعة جدّاً ويتوقّف على كلّ العوامل المؤثّرة على تشكيل محصول العنب. تُعادل كتلة العرمش وسطياً في الظروف العادية 3-7% من كتلة العنقود الناضج، واللّب مع العصير 75-85%، والقشرة 15-20% والبذور 3-6% وذلك من كتلة الثمار.

يُعدّ التركيب الميكانيكيّ مؤشّراً مهماً لجودة العنب ويُنظر إلى تحديده، إلى جانب درجة حلوة وحموضة العصير، بمنزلة تحليل مراقبة أثناء استلام المحصول للتصنيع. من أجل ذلك يأخذ مخبر المصنع يومياً عينات متوسطة من عناقيد العنب الوارد إلى التصنيع، من حيث الأصناف، والمزارع المختلفة، وأحياناً حسب الكروم والكروم الصغرى. يتمّ التحليل الثمريّ الأكثر تفصيلاً للعنب في العمل الانتقائيّ والأبحاث العلميّة.

١-٦-٢- الخواص الميكانيكية للعنقود والثمرة: تُحدّد بطرق خاصّة وتصف متانة تثبيت حامل العنقود إلى الكرمة والثمار إلى حامل الثمار وكذلك مقاومة الثمار للهرس أو المعس (crush) ومتانة القشرة للتقطيع والتمزيق.

١-٦-٣- التركيب الكيميائي للعنقود: يصف الاحتياطيّ التكنولوجي من السكريّات والأحماض والمواد الفينوليّة والعطريّة والمواد الأخرى، الضروريّة من أجل توضيح خصائص الصنف وتحديد الاتجاه الأمثليّ لاستخدام المحصول في التصنيع.

#### ١-٦-٤- التحليل الحسيّ للعنب ومنتجات تصنيعه:

يُنجز التحليل الوصفيّ الثمريّ المتكامل ويُعدّ جزءاً لا يتجزأ من البحث العلميّ والعمل التجريبيّ، الذي يتمّ في زراعة العنب. يُمكن فقط بوساطة التقييم الحسيّ (الذوقيّ) الموضوعيّ اتخاذ الحل الصحيح نسبياً لملاءمة استخدام هذا أو ذاك الإجراء الهندسيّ الزراعيّ (agrotechnical) لزراعة العنب.

يتّصف الوصف الثمريّ بأهميّة حاسمة عند تخطيط توزيع كرمات العنب، وانتقاء الخواص الصنفيّة وتشكيل قاعدة الموادّ الخام لصناعة النبيذ أو صناعة العصائر أو التعليب. والخواص الصنفيّة كذلك تسمح بتحديد مردود العصير والمخلّفات والضياعات غير المسترجعة للعنب عند التصنيع.

#### ١-٦-٥- التركيب الكيميائي للعنب:

يُعدّ التركيب الكيميائيّ لعنقود العنب معقّداً جدّاً ويُمثّل مجموعات مختلفة من الموادّ العضويّة واللاعضويّة، المنحلّة أو غير المنحلّة في الماء، وأكثرها مرتبط بالماء في البنية البيولوجيّة للخلية النباتيّة.

يكون توزّع الموادّ الأساسيّة لعنقود العنب حسب العنصر البنائيّ غير منتظم ويُمكّن أن يُوصف بالمجال التقريبيّ للقيم التالية كما يوضح الجدول (٣):

الجدول (٣): التركيب الكيميائي لعنقود العنب، % (الإبراهيم، ٢٠١٦)

المادة	اللّب مع العصير	القشرة	البذور	العرمش
الماء	60-90	60-80	25-50	55-80
السكرّيات	10-30	قليلة	آثار	آثار
السكرّيات المتعدّدة	قليلة	4	5	حتى 30
الدّسم والزيوت	قليلة	0.1	8-15	-
حمض الطرطريك	0.4-1.0	قليلة	0	آثار
حمض التفاح	0.1-1.5	قليلة	0	حتى 0.3
الموادّ الفينوليّة	آثار	0.5-4	2-8	1-5
الموادّ الأزوتيّة	0.2-0.5	2	6	2
الموادّ المعدنيّة	0.1-0.6	حتى 2.5	1-5	1-8

تمتلك كلّ مادّة كيميائيّة في العنقود أهميّة تكنولوجيّة محدّدة، فمثلاً، توجد الكربوهيدرات (السكرّيات) في اللّب مع العصير وتغيب كلياً تقريباً في عناصر العنقود الصلبة، وهي تُحدّد التكوين الذوقي للعنب وكلّ منتجات تصنيعه. يُعدّ اللّب مع العصير (حسب محتوى السكرّيات السهلة الهضم) جزء العنقود الأكثر قيمةً؛ وهي تتكوّن من عصير فجوات الخلايا والحواجز السيلولوزيّة الرقيقة والحزم الوعائيّة الرفيعة.

توجد السكرّيات المتعدّدة متمثّلةً بالكربوهيدرات المرتفعة الوزن الجزيئيّ (السيلولوز والمواد البكتينيّة والبنّتوزانات)، في أجزاء العنقود الصلبة وتُشكّل أساس هيكل القشرة والبذور والعرمش



المتين ميكانيكياً. توجد المواد البكتينية والسيلولوز في أصناف عنب المائدة بكميات أكبر بالمقارنة مع لبّ الأصناف التصنيعية.

يتركز الدّسم الذي يُعدّ موادّ احتياطية ومغذية للجنين في ثمار العنب؛ وتتواجد الزيوت العطرية ومركبات الطعم بشكل أساسي في القشرة.

أكثر ما توجد المواد الفينولية والآزوتية في القشرة والبذور، وهذا يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تصنيع العنب: حيث تُعدّ هذه المواد غير مرغوبة أثناء تصنيع نبيذ الشمبانيا ونبيذ المائدة الأبيض الخفيف، لهذا السبب يُفضّل فصل العصير قدر الإمكان بسرعة عن الثقل (pomace)؛ أمّا من أجل الأنبذة من نوع ماديرا (madeira) وبورت (port)، فبالعكس يُنقَع العصير مع الثقل؛ ويتمّ من أجل إنتاج الأنبذة والعصائر الحمراء والزهرية تسخين ثقل أصناف العنب الحمراء. (Roland ، 2008).

تتّصف الأحماض العضوية بأهمية خاصة من أجل منتجات تصنيع العنب، حيث يتوقّف تركيب هذه الأحماض وتناسبها على درجة نضج الثمار وتكنولوجيا المعالجة الأولية للعنب. يجب أن تكون درجة الحموضة غير مرتفعة عند إنتاج العصائر والمركّزات والعنب المجفّف والمنتجات المعلّبة الأخرى. تُقيّم طزاجة وتناسق الطعم عند إنتاج معظم أنواع الأنبذة الهادئة (still) والمتألّئة (sparkling)، وهذا تؤمّنه درجة حموضة العنب الأمثلّة: من 6 حتى 10 g/L.

الكربوهيدرات: تُعدّ المركّبات العضوية الأساسية لعنقود العنب وتتواجد الكربوهيدرات في العنب على شكل سكريّات أحادية وسكريّات قليلة التعدّد وسكريّات متعدّدة.

\* السكريّات الأحادية أو الكربوهيدرات البسيطة وتُصنّف حسب مؤشّرات عدّة: تبعاً لعدد ذرات الكربون في الجزيئة إلى ثلاثية ورباعية وخماسية (بنتوزات) وسداسية (هكسوزات) وهكذا، وتبعاً لوجود المجموعات الألدهيدية والكيونية إلى ألدوزات وكيوتوزات، وحسب توضع المجموعات الذرية عند الذرة غير المتناظرة الأخيرة إلى الشكل D والشكل L.

السكريّات الأحادية هي موادّ صلبة، ومنحلّة بشكل جيّد في الماء، لكن ميّالة إلى التبلور وخاصة الفروكتوز، وهذا يظهر في عصير العنب المركّز وفي المرببات المصنّعة من العنب.

تُسيطر في العنب السكريات الأحادية السداسية (الغلوكوز والفروكتوز) والسكريات الخماسية (الكسيلوز والأرابينوز)، حيث تُعدّ الصفة العامة لها مقدرتها على إرجاع أوكسيد النحاس (II) إلى أوكسيد النحاسي (I) مع التسخين في وسط قلوي، لذلك تُسمى بالسكريات المرجعة (reducing sugars). وتختلف السكريات الخماسية عن السداسية بأنها غير قابلة للتخمر من قبل الخمائر وتبقى في الأنبذة المزة على شكل سكرات غير متخمرة (unfermentable sugars) بكمية حتى 0.3 g/100 mL.

تفقد السكريات الخماسية، في ظروف درجة الحرارة المرتفعة والوسط الحمضي، أي العصير والنبيد، الماء وتُشكّل الفورفورال (furfural)، الذي يتّصف برائحة مميزة، ويحدث هذا التفاعل عند طبخ العصير (grape fruitade)(pekmez)، وعند المعالجة الحرارية للنقل من أجل تحضير الأنبذة من نوع البورت وغيرها، وعند تقطير الموادّ النبذية الكونياكية. يُشكّل الفورفورال بتفاعله مع الأحماض الأمينية الميلانويدينات، وهي موادّ ملونة ذات طعم مميز.

يُعدّ مصدر السكريات الخماسية (البنتوزات) هو البنتوزانات المرتفعة الوزن الجزيئي، الموجودة في الأجزاء الصلبة للثمار والعرمش، غير أنّه أثناء تعتيق النبذ والكحولات الكونياكية في براميل خشبية يُمكن أن يتراكم الأرابينوز والكسيلوز، المتشكّلة على حساب الحلمة البطيئة لخشب البلوط أو السنديان (oak).

يؤدي تسخين الغلوكوز في وسط حمضي إلى فقدته لثلاث جزيئات من الماء وتشكيل أوكسي ميثيل فورفورال (oxymethylfurfural)، الذي يتّصف برائحة التفاح المفرط في النضج؛ يوجد هذا المركب في عصير العنب المطبوخ وفي المعجنات، المصنّعة مع عصير العنب المطبوخ، وفي بعض الأنبذة الحلوة، المعرضة لمعالجة حرارية قوية.

يُشكّل الفروكتوز والغلوكوز، بفضل درجة حلاوتها وحرارتها النوعية وسهولة هضمها، القيمة التغذوية والذوقية المهمة لعصير العنب والعنب المجفّف والعصير المركّز والمواد الغذائية، المنتجة باستخدام هذه المنتجات. (Jackson ، 2008).

#### ١-٧- الخمائر *Saccharomyces cerevisiae* والتخمّر الكحولي:

الخمائر لها أهمية إقتصادية كبيرة. تستخدم الخمائر، خاصةً سلالات مختلفة من *S. cerevisiae*، منذ فترة طويلة لإنتاج المشروبات الكحولية، والمذيبات، والمواد الكيميائية الأخرى. الخميرة هي فطريات أحادية الخلية أو أحياء دقيقة شبيهة بالنباتات التي تتواجد في أو على جميع المواد الحية، أي الماء والتربة والنباتات والهواء. هي من حقيقيات النوى، المرتبطة بالزئقيات Ascomycetes، وغنية بالبروتين ومجموعة الفيتامينات B.

[Dunn B., et al., 2015]

ككل كائن حي، تتطلب الخميرة في المقام الأول السكريات والماء والحرارة للبقاء على قيد الحياة. بالإضافة إلى ذلك، يُعدّ الألبومين أو المواد النيتروجينية هي أيضاً ضرورية من أجل تطوّر الخميرة. هناك المئات من الأنواع المختلفة من الخميرة التي تمّ تحديدها في الطبيعة، ولكن الجنس والنوع الأكثر استخداماً في الصناعة هو *Saccharomyces cerevisiae*. [

Sivasakthivelan P, et al., 2014; Madigan MT, et al., 2013 ]

#### ١-٨- العوامل المؤثرة على التخمر ونوعية عصير العنب:

##### ١-٨-١- تأثير درجة الحرارة على التخمر:

العملية البيوكيميائية للتخمير نفسه تخلق الكثير من الحرارة المتبقية التي يمكن أن تجعل الهريس يخرج من نطاق درجة الحرارة المثالية للعصير المتخمّر. [ Fundira M, et al., 2012 ]

انخفاض درجة حرارة التخمر هو مرغوب فيه لأنه يزيد من إنتاج الإستيرات والمركبات العطرية الأخرى، والكحول نفسه. وهذا يجعل العصير المتخمّر أسهل في التصفية والترويق وأقل عرضة للإصابة بالبكتيريا. [Akubor PI, et al., 2013]

عموماً، التحكم في درجة الحرارة أثناء التخمر الكحولي ضروري لتسهيل نمو الخميرة، واستخلاص النكهات والألوان من العنب المستخدم في الإنتاج، ويسمح بتراكم المنتجات الثانوية المرغوبة، ومنع الإرتفاع غير المبرر في درجة الحرارة التي قد تقتل خلايا الخميرة. تصلح درجات الحرارة المنخفضة والتخمير البطيء للاحتفاظ بالمركبات الطيارة. [ Fleet GH., 2013 ].

#### ١-٨-٢- تأثير (pH) على التخمير:

وفقاً للباحث، [Fleet GH., 2013] تُؤثر درجة الحموضة (pH) بشكل مباشر على استقرار منتج التخمير. هذه قد تكون نتيجة لحقيقة أنه في درجة الحموضة القريبة من المحايد (7.0)، معظم الأحياء الدقيقة مثل البكتيريا والعفن، بما في ذلك بعض الخمائر تصبح أكثر نشاطاً للتخمير والفساد اللاحق للمنتج، في حين أن درجة الحموضة الأقل من (3.5) تُزيل معظم الميكروبات ويُفضلها عدد قليل فقط من الأحياء الدقيقة أثناء التخمير.

#### ١-٨-٣- تأثير محتوى السكر على التخمير:

السكر هو الركيزة الرئيسة لتخمير عصير الفواكه إلى الكحول. [Keller JB., 2010] طالما السكر موجود، فإن خلايا الخميرة تستمر في عملية التخمير حتى لو أصبحت العوامل الأخرى، التي تؤثر في نمو الخميرة غير مناسبة. [Dickinson JR., 2013]. على الرغم من أن السكر هو الركيزة الهامة في التخمير، فإن تركيز السكر الأعلى يمنع نمو الأحياء الدقيقة. [Pino JA, Queris O., 2015]

ومع ذلك، الخمائر هي متسامحة إلى حد ما مع التراكيز العالية من السكر وتتمو بشكل جيد، لأنها تعدّ من الأحياء الدقيقة المحبة للضغط الأسموزي. [Board RG., 1983]

#### ١-٨-٤- تأثير الأحياء الدقيقة على التخمير:

بالنسبة للعديد من المنتجات التقليدية المتخمرة، والأحياء الدقيقة المسؤولة عن التخمير غير معروفة للعلماء. كانت هناك العديد من الأبحاث لتحديد الأحياء الدقيقة المشاركة في تخمير عصير الفواكه. فالأحياء الدقيقة المسؤولة عن إنتاج البيرة هي (*S. cerevisiae*)، وهي نفس الكائن المشارك في تصنيع العنب والفواكه الأخرى. هذه الكائنات الحية تختلف وفقاً لمنطقة الإنتاج. [Davis UC., 1995]

خميرة البيرة (*S. cerevisiae*) هي بيضوية الشكل، و(*S. uvarum*) شائعة جداً في مصنع البيرة وصناعة النبيذ. هذه الخمائر هي الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن التخمير في البيرة والنبيذ. [Keller JB., 2010]

يمكن للخميرة (*S. cerevisiae*) أن تتحمل مستويات أعلى بكثير من الإيثانول (تصل إلى 15%) أو أكثر من الأنواع الأخرى التي تتحمل فقط (5-8%) من الكحول. (Fleet., 1998)

وجد (Barnett) أنّ لدرجة الحرارة تأثير ذي دلالة إحصائية على إنتاج كل من ( $\text{CO}_2$ ) والإيثانول بشكل مستقل، فمن الواضح أن إنتاجهم كان أعلى بشكل عام عند درجة الحرارة (31 °C) وأقل منه بالدرجة (35, 39 °C) في ظل الظروف اللاهوائية. التنفس الخلوي هو رد الفعل الرئيس المسؤول عن إنتاج ( $\text{CO}_2$ ) [Barnett., 2003].

درس (Torija) عملية تخمير عصير العنب عند درجات الحرارة (20, 25, 30, 35 °C) في الشروط اللاهوائية بوجود (*S. cerevisiae*) بتعداد أولي ( $0.6 \times 10^8$  cfu/mL). [Torija et al., 2003]

كان معدل التخمير ( $69.69 \text{ g/L/day}$ ) هو الأعلى عند الدرجة (35 °C) حيث وصل التعداد إلى ( $0.97 \times 10^8$  cfu/mL) خلال يومين وبدأ عدد الخلايا بالانخفاض بعد ثمانية أيام ليصل إلى ( $0.4 \times 10^8$  cfu/mL) في اليوم السابع عشر، في حين أنّه عند الدرجة (20 °C) كان معدل التخمير ( $20.87 \text{ g/L/day}$ ) هو الأقل حيث وصل تعداد الخلايا إلى ( $1.46 \times 10^8$ ) في اليوم السادس وثبت بعدها.

درس (Ribereau) التخمير الكحولي لعصير العنب الذي كان محتواه من السكر (217g/L) بوجود خميرة (*S. cerevisiae*) وكانت الدرجة الكحولية (11.8 %vol.) عند الدرجة (9°C)، و (11.0%vol.) عند الدرجة (18 °C)، و (9.4 %vol.) عند الدرجة (27°C)، و (4.8 %vol.) عند الدرجة (36°C). [ Ribereau Gayon, et al., ٢٠٠٠ ]

## ١-٩- التقطير:

### ١-٩-١- نظرية التقطير:

التقطير هو عملية أو تقنية هدفها فصل مواد كيميائية عن بعضها البعض اعتماداً على اختلاف درجات غليانها فنحصل على مستقطر غني بالمادة الخفيفة وعلى متبقي من جهة ثانية غني بالمادة الثقيلة .

وهذا يعني أن المزيج الأصلي سوف يحتوي على المزيد من المواد الأقل تطايراً. [ Nermina Spaho, 2017 ]

### ١-٩-٢- الأسس النظرية لعملية التقطير:

يعد التقطير عملية تجزئة المزائج الطيارة السائلة إلى مكونات أو مجموعة مكونات (قطفات) بواسطة تبادل المادة والطاقة المتكرر وباتجاهين بين التيارات السائلة والبخارية المتحركة بشكل متعاكس، حيث إن الشرط الضروري لعملية الت هو الاختلاف في درجة تطاير (مرونة الأبخرة) المكونات المختلفة.

يتم أثناء تبادل التيارات المتحركة بشكل متعاكس خلال التقطير انتشار (diffusion) المكون سهل التطاير من السائل إلى البخار والمكون صعب التطاير من البخار إلى السائل. يمكن أن تكون طريقة تماس التيارات متدرجة (stepped) (في الأعمدة ذات الصواني plate column) أو مستمرة (في الأعمدة ذات الحشوات packed column).

تُشكل أجهزة التماس في الأعمدة الظروف، التي تُساعد على الاقتراب الأعظمي للتيارات السائلة والبخارية المتبادلة؛ ولكي تستطيع هذه التيارات تبادل المواد والطاقة، يجب أن تكون غير متوازنة. تتناقص قيمة عدم التوازن أثناء تماس التيارات نتيجة تبادل المادة والطاقة، وبعد ذلك تتفصل التيارات واحداً عن الآخر وتستمر العملية بواسطة تماس جديد لهذه الأطوار على مرحلة مجاورة أخرى مع تيارات سائلة وبخارية أخرى. يتغير بشكل ملحوظ تركيب الأطوار المتبادلة نتيجة التماس المتكرر عدّة مرات على الصواني المتتابعة (المراحل) للسائل والبخار المتحركة بشكل متعاكس على ارتفاع العمود: حيث يغني التيار البخاري أثناء حركته إلى الأعلى بالمكون سهل التطاير والتيار السائل المتحرك إلى الأسفل يفتقر لهذا المكون، أي يغني بالمكون صعب التطاير. يمكن الحصول في نهاية الأمر عند طريق التماس الطويل للتيارات المتحركة بشكل متعاكس في العمود على بخار، يخرج من القسم العلوي للعمود، وهو عبارة عن مكون سهل التطاير نقي إلى حد ما، الذي يُعطي بتكثيفه المستقطر (distillate) (ناتج التقطير)، ويخرج من

القسم السفلي للعمود المكوّن صعب التطاير نقيّاً نسيباً، يُسمّى باقي التقطير ( stillage residue). [ Nermina Spaho, 2017]

### ١-٩-3- تقطير عصير العنب المتخمّر الناتج:

إنّ عصير العنب المتخمّر حسب التركيب الكيميائي هو عبارة عن منتج يدخل في تركيبه :

١- الماء ( حوالي 89%).

٢- الكحول الإيثيلي (حوالي 10.5%).

٣- مركبات أخرى (الشوائب المرافقة للكحول الإيثيلي حوالي 0.5%).

تُعدّ الكمية الأكبر من الشوائب (0.35-0.45% من كمية الكحول الإيثيلي) هي عبارة عن الكحولات ( الميثيلي والبروبيلي والإيزوبوتيلي والإيزوأميلي).

ويتم بواسطة تقطير هذا العصير الحصول على الكحول الإيثيلي الخام. [الإبراهيم، ٢٠١٦]

هناك تقطير بسيط (distillation) وتكرير (rectification). التقطير البسيط هو تجزئة مزيج من المواد السهلة التطاير، المحتوي على شوائب من موادّ غير متطايرة أو صعبة التطاير، يتمّ التقطير البسيط بواسطة التبخير التدريجيّ للسائل، الذي يغلي في غلاية التقطير (Still)، مع الفصل المستمرّ للأبخرة المتشكّلة من المزيج.

[Maltaḅar B. M., et al., 1971].

نحصل أثناء التقطير على ثلاث قطفات: [ Nermina Spaho, 2017]

١- القطفة الرأسية بتركيز كحوليّ vol.%(85-90) وبكميّة قليلة، حيث تُفصل إلى خزّان خاصّ (حوالي 0.5 إلى 1% لكل 100L من الهريس المتخمّر) يشكل الكحول الميثيلي نسبة تصل إلى ٩٠% منها.

٢- القطفة الوسطى بتركيز كحوليّ vol.%(70-85) وبكميّة كبيرة تُشكّل قطفة الكحول الإيثيليّ المطلوب، وتُفصل إلى الخزّان الأصليّ (حوالي 5 إلى 10% لكل 100L من الهريس المتخمّر).

٣- القطفة الذليّة بتركيز كحوليّ vol.%(0-70) الكميّة المتبقية، وتُفصل إلى خزّان خاصّ تشمل الكحولات العليا الأثقل من الكحول الإيثيليّ.

المتبقي في جهاز التقطير 37-52% من حجم الكحول الخام المأخوذ للتقطير يُستبعد نهائياً ويُرمى خارج عملية الإنتاج.

#### ١-٩-٤ - العمليات التي تحدث في الغلاية خلال تقطير العصير المتخمّر:

يدخل في تركيب الموادّ النبيذية والكحول الخام الناتج منها عدد كبير من الموادّ الطيارة، بما فيها تلك، التي تتفاعل إحداها مع الأخرى والقادرة على تشكيل موادّ جديدة.

يُمكن تقسيم الموادّ الطيارة حسب سلوكها في أثناء التقطير إلى مجموعتين:

- المجموعة الأولى المنتجات الطيارة، التي تنتقل نتيجة التقطير من الموادّ النبيذية إلى الكحول الخام، دون أن يطرأ عليها تغيّرات كيميائية.

- المجموعة الثانية الموادّ التي تتعرّض لتغيّرات كيميائية خلال عملية التقطير. يتغيّر محتوى إحدى الموادّ نتيجة التفاعلات الكيميائية وتتشكّل موادّ أخرى من جديد.

يتمّ تشكيل الفورفورال على حساب نزع ماء (dehydration) البنتوزات، الذي يتعلّق بطول فترة غليان المادّة النبيذية.

تتمّ إلى جانب عملية التشكيل الجديد للموادّ أثناء التقطير عملية عكسية وهي تفكيك وتحطيم الموادّ. وهكذا، تُساعد درجة الحرارة المرتفعة ووجود المؤكسيدات المرحلية والأوكسجين على أكسدة

الكحول إلى الأسيت ألدهيد وحمض الخل. [Агропромиздат., et al., 1985]

وفق [Stone et al., 2000] يفصل التقطير مختلف المركّبات الكيميائية المنتجة أثناء

التخمير، وذلك باستخدام الفرق في درجات الغليان لإحداث الفصل، حيث يوضّح الجدول (٤)

درجات الغليان عند الضغط الجويّ القياسيّ لبعض المواد الكيميائية الأكثر أهميّة الموجودة في العصير المتخمّر.

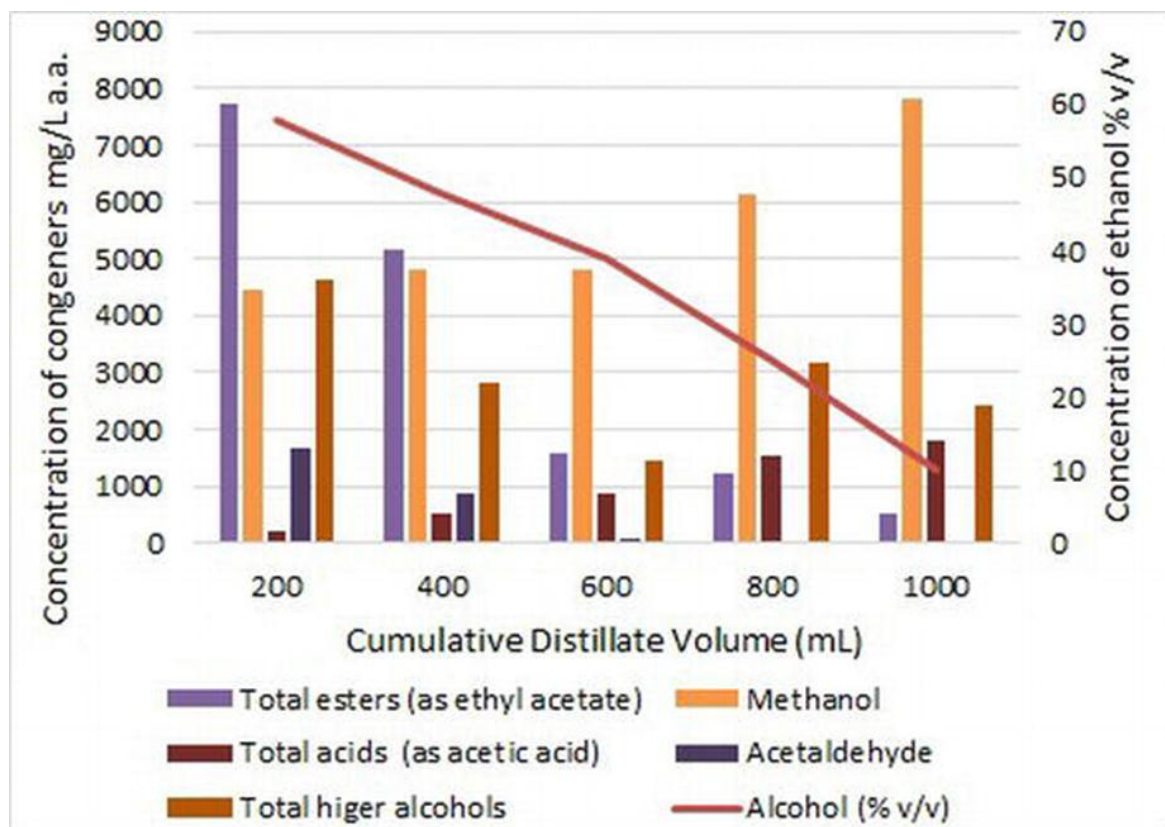


جدول (٤): نقاط الغليان عند الضغط الجوي القياسي لبعض المواد الكيميائية الموجودة في العصير المتخمّر [Stone, *et al.*, 2000]

المركبات	نقاط الغليان، °C
Acetone	56.5
Methanol	64.7
Ethyl acetate	77.1
Ethyl alcohol	78.4
Propyl alcohol	97.2
Water	100
Butyl alcohol	117.5
Amyl alcohol	137.8
Furfural	161.0

وفق [ Nermina Spaho, 2017 ] درجة غليان الميثانول °C ٦٤.٧، وهو قابل للذوبان بشكل كامل في الماء. يظهر الميثانول بكميات متساوية تقريباً في جميع أجزاء التقطير بسبب تشكل مزائج آيزوتروبية ومن الصعب فصل الميثانول عن خليط الماء والإيثانول وسيقطر أكثر في نهاية عملية التقطير عند تقطير الكمية الأكبر من الإيثانول ، هذا يعني أن الميثانول سيتواجد أكثر في القطفة الذيلية.

الإيثانول والإستيرات يتواجدان بكميات كبيرة بأجزاء التقطير الأولى وبأخذان بالانخفاض بعدها بشكل متدرج مع تقدم عملية التقطير. كما يوضح الشكل (٧):



الشكل (٧) المركبات الأساسية التي نحصل عليها خلال عملية التقطير بجهاز التقطير البسيط

(كمية ١ L). [ Nermina Spaho, 2017 ]

## الفصل الثاني

مواد وطرائق البحث

Methods and Materials

## ٢- مواد البحث وطرائقه:

### ٢-١- المادة المدروسة :

٢-١-١- عنب أبيض طازج عصيري والذي يسمى بالعنب البلدي أو السلموني وهو الصنف المستخدم في الصناعة، تم الحصول عليه من ريف حمص الشرقي (المشرفة) وذلك من موسم العام 2017 وموسم العام ٢٠١٨.

٢-١-٢- عصير عنب متخمّر بالطريقة التقليدية الذي تم الحصول عليه من ثلاثة مناطق مختلفة من الريف الشرقي لمحافظة حمص (المشرفة، أبو حكمة، الوريدة) والتي تقوم بتخمير عصير العنب للحصول على منتجات تخمير تقليدية مختلفة (عرق، نبيذ).

٢-١-٣- منتج كحول نهائي ناتج عن تقطير نفس العصير المتخمّر والذي تم الحصول عليه بواسطة التقطير باستخدام التقطير التقليدي (الكركة) من المناطق الثلاثة نفسها.

### ٢-٢- الأجهزة المستخدمة :

#### وحدة التقطير المستخدمة:

من أجل إجراء عملية التقطير للعصير المتخمّر تمّ تصنيع جهاز تقطير بسيط محليّ، الشكل (٨)، مشابه من حيث مبدأ العمل لأجهزة التقطير (الكركة) المستخدمة محلياً من أجل تقطير عصائر الفاكهة لإنتاج المستقطرات الكحولية ومجهز بمقاييس حرارة لقياس درجة الحرارة ضمن الغلاية وقياس درجة حرارة تبريد الماء على سطح المكثف.



الشكل (٨): جهاز تقطير تصنيع محلي

- جهاز الكروموتوغرافيا الغازية (GC-MS): (TRACE GC 2000 SERLES)

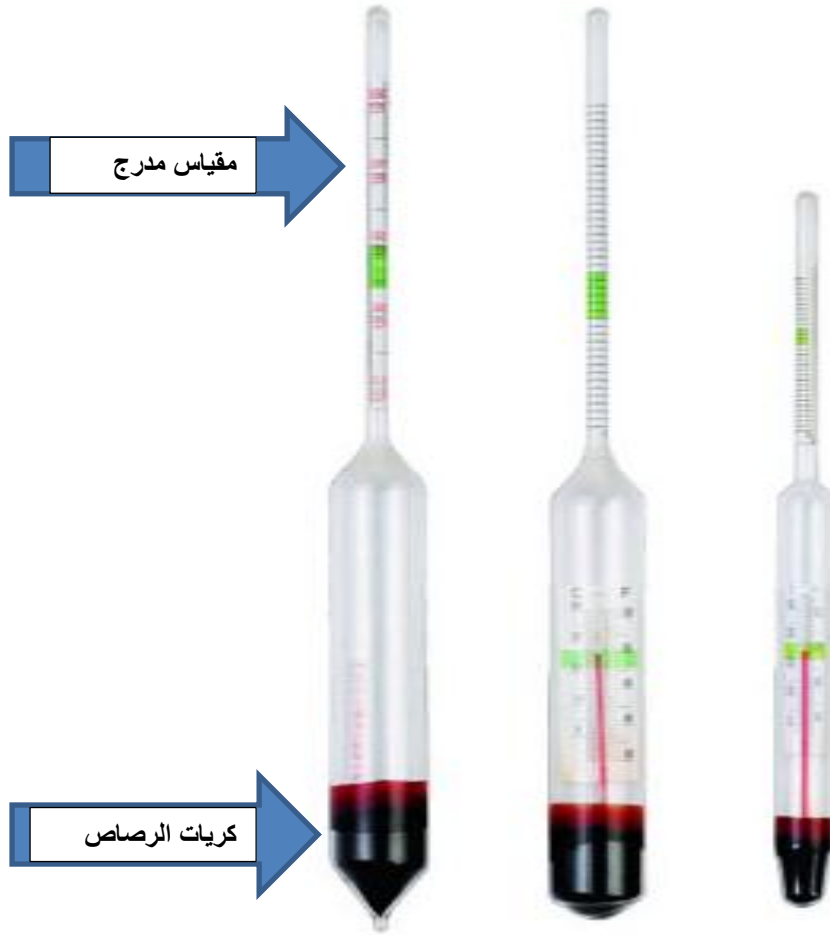
الموضح في الشكل (٩)



الشكل (٩) جهاز الكروموتوغرافيا الغازية (GC-MS).

## - جهاز تحديد الدرجة الكحولية ( Alcohol meter ):

حيث يعتمد على الكثافة النسبية عندما يقترب من وضعيّة التوازن، مصمم لقياس تركيز الكحول في الماء. إنه أمبولة زجاجية محكمة الإغلاق. قمة الأمبولة هو مقياس ملحوظ لسهولة الاستخدام ، يتم وضع علامة على الفور من تركيز الكحول في الماء، يتم تحميل الجزء السفلي من الأمبولة مع كمية من كريات الرصاص .



الشكل (١٠) Alcohol meter

## ٢-٣- منهجية الدراسة العملية:

تم إجراء التجارب وفق الخطوات التالية:

١. تحديد التركيب الكيميائي وبعض المواصفات الضرورية لعصير العنب.
  ٢. فصل العرمش عن العناقيد لأنه يضرّ في مواصفات منتجات التخمير في حاله إدخاله في الصناعة.
  ٣. هرس ثمار العنب.
  ٤. الحصول على العصير بفصل القشور والبذور من هريس العنب.
  ٥. تم تقسيم عصير العنب الناتج بعد تصفيته وترقيده الى ثلاث مجموعات.
  ٦. تم إخضاع كل مجموعة من العصير لعملية تخمير عند درجة حرارة معينة.  
المجموعة الأولى: أخضعت لعملية التخمير عند درجة حرارة ( $20 \pm 2$  °C).  
المجموعة الثانية: أخضعت لعملية التخمير عند درجة حرارة ( $30 \pm 2$  °C).  
المجموعة الثالثة: أخضعت لعملية التخمير عند درجة حرارة ( $36 \pm 2$  °C).
- كانت هذه التجارب بمعدل ثلاث مكررات لـ ٦ عينات عند كل درجة حرارة.
٧. خلال عملية التخمير تم تحديد بعض مواصفات العصير المتخمر (الدرجة الكحولية- الحموضة الكلية-الحموضة الطيارة-كمية الإستيريات-السكر المتبقي-المادة الصلبة المنحلة) بمعدل كل يومين.
  ٨. تمت مقارنة النتائج وتم تحديد درجة الحرارة الأفضل لتخمير عصير العنب من خلال كمية الكحول الإيثيلي الناتج وكمية الإستيريات والحموضة الكلية.
  ٩. تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من العينات التي تم تخميرها مخبرياً مع مواصفات العصير المتخمر والذي تم إحضاره من المناطق المختلفة.
  ١٠. بعد تحديد درجة حرارة التخمير الأفضل تم تخمير كميات من عصير العنب من موسم 2018 وتم الحصول على العنب من نفس المنطقة وتم القطاف كذلك بنفس التاريخ من العام الذي سبق.

تم إجراء عملية التخمير وبعد الانتهاء منها تم تقطير العصير المتخمر باستخدام جهاز تقطير مشابه لجهاز (الكركة ) تم تصنيعه محلياً من أجل إجراء الدراسة.



كانت التجارب هنا بمعدل 6 عينات بحجم 5 L لكل عينة.

١١. تمت عملية التقطير عند درجتى حرارة (  $+80^{\circ}\text{C}$  ) و (  $+90^{\circ}\text{C}$  ).
١٢. عند كل درجة تقطير تم التبريد بالمكثف بإستخدام الماء بدرجات حرارة مختلفة (  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  ) ، (  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$  ) ، (  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  ).
١٣. تحديد كل من (كمية الإستيرات، الحموضة الكلية، الحموضة الطيارة، نسبة الإيثانول، نسبة الميثانول) لكل من القطارات التي حصلنا عليها من تقطير العينات المخبرية.
١٤. تحديد كل من (كمية الإستيرات، الحموضة الكلية، الحموضة الطيارة، نسبة الإيثانول، نسبة الميثانول) لكل من القطارات التي حصلنا عليها من المناطق المختلفة من ريف حمص الشرقي.

#### ٢-٤- التحاليل الكيميائية :

- محتوى المواد الصلبة المنحلة الكلية (Brix) باستخدام الريفراكتومتر.
- قيمة pH باستخدام جهاز (PI-700) pH-meter .
- الحموضة المعايرة الكلية على أساس حمض الطرطريك حسب: OIV-MA-AS313-01 : R2015.
- السكريات المرجعة بطريقة فهلنغ حسب: OIV-MA-AS313-15: R2011.
- المحتوى الكحولي في المستقطر حسب: OIV-MA-AS311-01A: R2009.
- الحموضة الطيارة على أساس حمض الخلّ حسب: OIV-MA-AS313-02 : R2015.
- كمية الإستيرات حسب: OIV-MA-AS315-02B : R2009.

## ٢-٥- النتائج والمناقشة :

٢-٥-١- نتائج دراسة مواصفات عصير العنب المستخدم في الدراسة وذلك كقيم متوسطة لثلاثة مكررات.

تم تحديد التركيب الكيميائي للعنب المستخدم كما في الجدول (٥)

الجدول (٥): التركيب الكيميائي للعنب المستخدم (عام ٢٠١٧).

المؤشر	المتوسط الحسابي $\pm$ الانحراف المعياري
المواد الصلبة الكلية المنحلة	$19.63 \pm 0.23$
الحموضة المعايرة الكلية (g/L)	$8.83 \pm 0.28$
الحموضة الطيارة (g/L)	$0.293 \pm 0.005$
pH	$3.33 \pm 0.05$
الوزن النوعي للعصير (g/mL)	$1.0843 \pm 0.001$
درجة الحلاوة (%)	$18.63 \pm 0.23$

٢-٥-٢- نتائج دراسة محتوى الكحول في العصير المتخمّر خلال عملية التخمير عند درجات الحرارة المختلفة:

تم إجراء عملية التخمير عند ثلاث درجات حرارة وحددت الدرجة الكحولية للعصير المتخمّر عند الدرجات الثلاثة بمعدل كل يومين ولمدة ١٢ يوم.

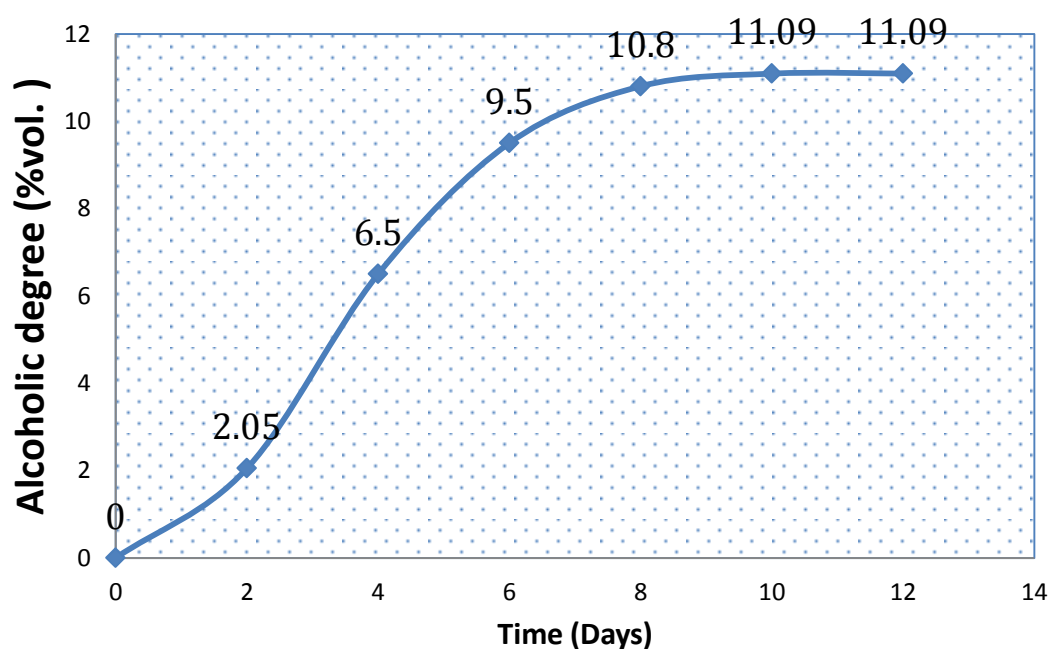
٢-٥-٢-١- نتائج تتبع تغير الدرجة الكحولية في العصير المتخمّر خلال عملية التخمير عند درجة حرارة ( $20 \pm 2$  °C):

تمّت عملية التخمير عند درجة حرارة ( $20 \pm 2$  °C) وأخذت قيمة الدرجة الكحولية للعينة عند كل يومين كما في الجدول (6).

الجدول (6): يبين تغير الدرجة الكحولية خلال عملية التخمير عند درجة حرارة ( $20 \pm 2$  °C) مع تقدم الزمن بفواصل زمني قدره يومين. (% vol.)

الزمن، (days)	الدرجة الكحولية، %vol.
0	0
2	2.05
4	6.50
6	9.50
8	10.80
10	11.09
12	11.09

و الشكل (١١) يوضح تغير الدرجة الكحولية للعصير المتخمّر مع تقدم الزمن عند درجة حرارة ( $20 \pm 2$  °C).



الشكل (١١) تغير الدرجة الكحولية (%vol.) مع الزمن عند درجة حرارة تخمير ( $20 \pm 2$  °C).

نلاحظ إن معدّل التخمير كان بطيئاً واستمرت عملية التخمير حتى اليوم العاشر وثبتت الدرجة الكحولية عند (11.09 % vol.).

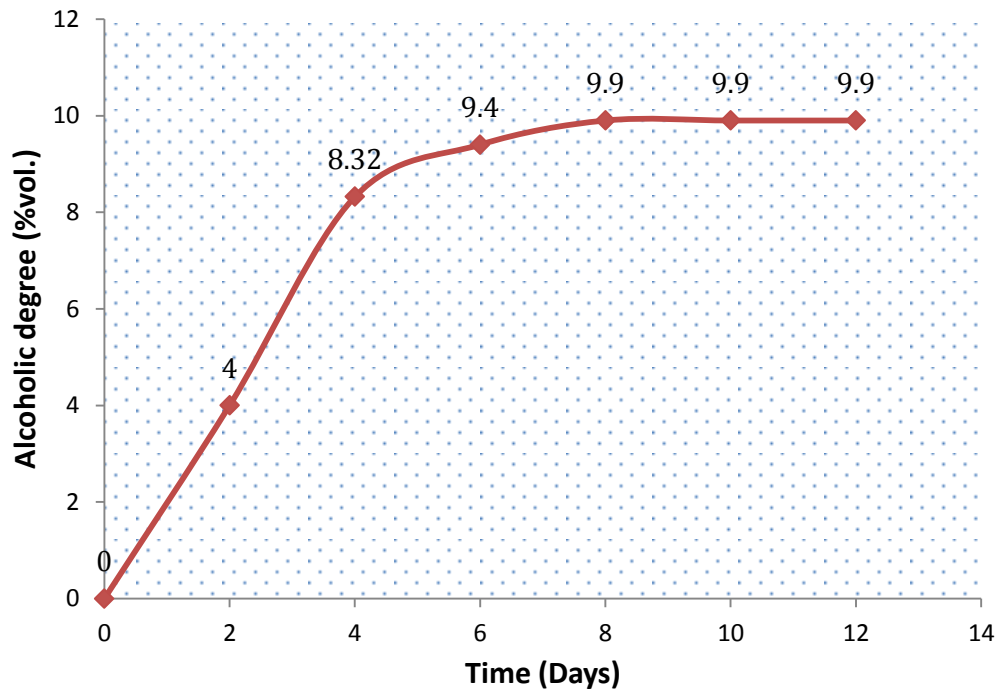
٢-٥-٢-٢ نتائج تتبع تغير الدرجة الكحولية في العصير المتخمّر خلال عملية التخمير عند درجة حرارة (30±2 °C):

تمّت عملية التخمير عند درجة حرارة (30±2 °C) وأخذت قيمة الدرجة الكحولية للعينة عند كل يومين كما في الجدول (7).

الجدول (7): يبين تغير الدرجة الكحولية خلال عملية التخمير عند درجة حرارة (30±2 °C) مع تقدم الزمن بفواصل زمني قدره يومين. (% vol.)

الزمن، (days)	الدرجة الكحولية، %vol.
0	0
2	4.00
4	8.32
6	9.40
8	9.90
10	9.90
12	9.90

و الشكل (١٢) يوضح تغير الدرجة الكحولية للعصير المتخمّر مع تقدم الزمن عند درجة حرارة (30±2 °C).



الشكل (١٢) تغيّر الدرجة الكحولية (%vol.) مع الزمن عند درجة حرارة تخمير ( $30 \pm 2$  °C)

نلاحظ إن عملية التخمير انتهت في اليوم الثامن وكانت القيمة النهائية للدرجة الكحولية (9.90 %vol.) في اليوم الثامن وثبتت بعدها.

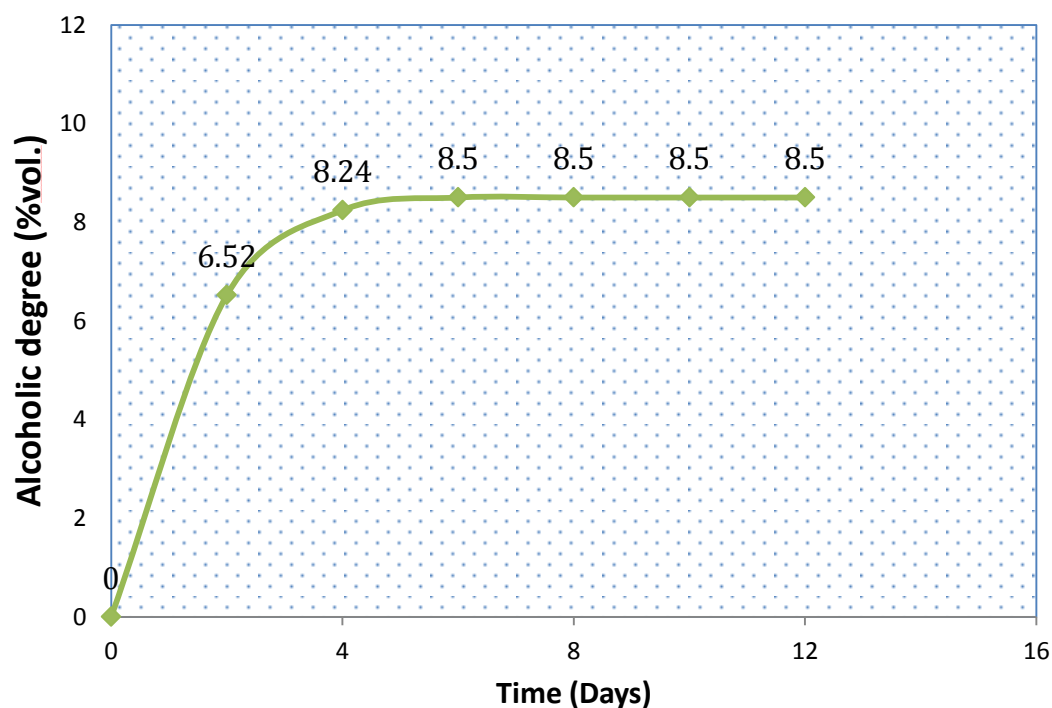
٢-٥-٣- نتائج تتبع تغير الدرجة الكحولية في العصير المتخمر خلال عملية التخمير عند درجة حرارة ( $36 \pm 2$  °C):

تمّت عملية التخمير عند درجة حرارة ( $36 \pm 2$  °C) وأخذت قيمة الدرجة الكحولية للعينة عند كل يومين كما في الجدول (٨).

الجدول (٨):الدرجة الكحولية خلال عملية التخمير عند درجة حرارة ( $36\pm2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) بفواصل زمني يوميين. (% vol.)

الزمن، (days)	الدرجة الكحولية، %vol.
0	0
2	6.52
4	8.24
6	8.50
8	8.50
10	8.50
12	8.50

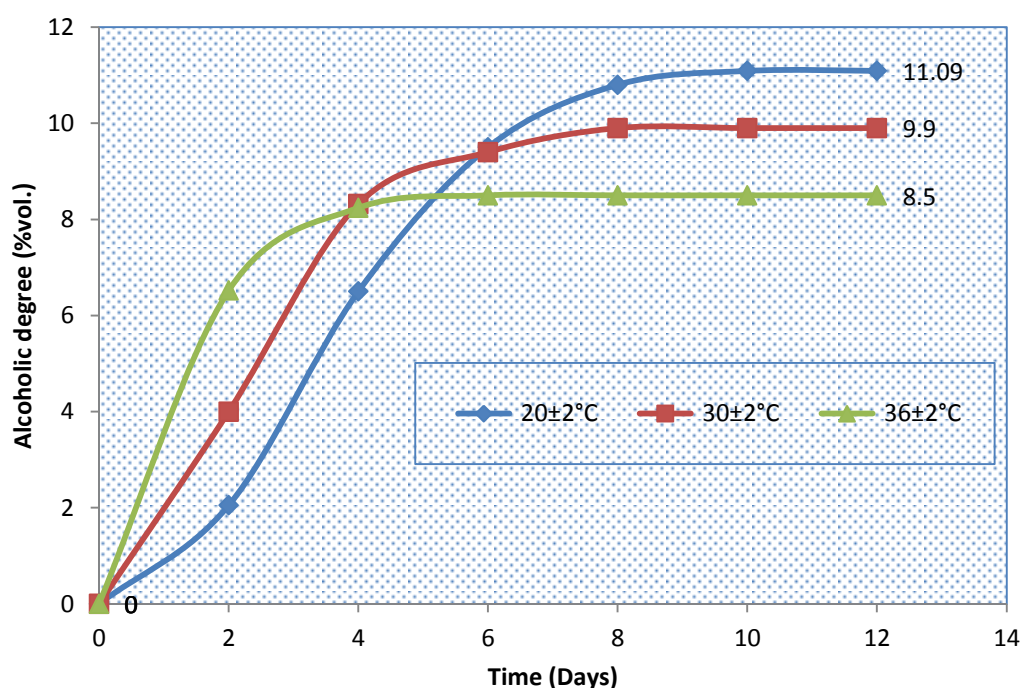
و الشكل (١٣) يوضح تغير الدرجة الكحولية للعصير المتخمّر مع تقدم الزمن عند درجة حرارة ( $36\pm2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



الشكل (١٣) تغير الدرجة الكحولية (%vol.) مع الزمن عند درجة حرارة تخمير ( $36\pm2\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

نلاحظ إنّ سرعة التخمير كانت مرتفعة غير أنها انتهت في اليوم السادس وكانت القيمة النهائية للدرجة الكحولية (8.50 % vol.) في اليوم السادس وثبتت بعدها.

وبمقارنة النتائج نجد أن الدرجة الكحولية بعد مرور عشرة أيام كانت أعلى عند درجة حرارة تخمير ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) بقيمة بلغت 11.09% vol. كما يوضح الشكل (١٤).



الشكل (١٤) يبين تغيّر الدرجة الكحولية (%vol.) للعصير المتخمّر مع تقدّم الزمن عند درجات الحرارة ( $20 \pm 2, 30 \pm 2, 36 \pm 2$ ) °C

وبدراسة إحصائية لتأثير درجة حرارة التخمير على الدرجة الكحولية خلال زمن قدره ١٠ أيام وفق الجدول (9)

الجدول (9): تأثير درجة حرارة التخمير على الدرجة الكحولية.

الدرجة الكحولية، %vol.	درجة حرارة التخمير، °C
11.09 A	$20 \pm 2^\circ\text{C}$
9.90 B	$30 \pm 2^\circ\text{C}$
8.50 C	$36 \pm 2^\circ\text{C}$

بيّن التحليل الإحصائي وجود تأثير هامّ لدرجة الحرارة على الدرجة الكحولية النهائية.

## ٢-٥-٣- مواصفات العصير المتخمّر عند درجات الحرارة $(20\pm 2, 30\pm 2, 36\pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

في نهاية عملية التخمير التي جرت عند درجات الحرارة المختلفة تمت دراسة مواصفات العصير المتخمّر بواقع ثلاث مكررات والجداول (١٠)، (١١)، (١٢) تبين هذه المواصفات .

الجدول (١٠): مواصفات العصير المتخمّر الناتج عن التخمير عند درجة حرارة  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

المؤشر	المتوسط الحسابي $\pm$ الانحراف المعياري
المحتوى الكحولي (% vol.)	$11.09 \pm 0.06$
الحموضة المعايرة الكلية (g/L)	$4.22 \pm 0.02$
الحموضة الطيارة (g/L)	$0.47 \pm 0.02$
pH	$2.83 \pm 0.11$
الإستيرات على أساس خلات الإيثيلي (mg/L)	$1205 \pm 5.1$
السكر المتبقي (%)	$0.24 \pm 0.03$
المادة الصلبة المنحلة (% Brix)	$1.13 \pm 0.23$

الجدول (١١): مواصفات العصير المتخمّر الناتج عن التخمير عند درجة حرارة  $(30\pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

المؤشر	المتوسط الحسابي + الانحراف المعياري
المحتوى الكحولي (% vol.)	$9.67 \pm 0.05$
الحموضة المعايرة الكلية (g/L)	$4.93 \pm 0.11$
الحموضة الطيارة (g/L)	$0.78 \pm 0.03$
pH	$2.37 \pm 0.05$
الإستيرات على أساس خلات الإيثيلي (mg/L)	$996.6 \pm 4.1$
السكر المتبقي (%)	$2.37 \pm 0.11$
المادة الصلبة المنحلّة (% Brix)	$3.37 \pm 0.11$



الجدول (١٢) مواصفات العصير المتخمّر الناتج عن التخمير عند درجة حرارة ( $36 \pm 2$  °C):

المؤشر	المتوسط الحسابي + الانحراف المعياري
المحتوى الكحولي (% vol.)	$8.53 \pm 0.05$
الحموضة المعايرة الكلية (g/L)	$5.40 \pm 0.17$
الحموضة الطيارة (g/L)	$0.99 \pm 0.01$
pH	$2.30 \pm 0.43$
الإستيرات على أساس خلّات الإيثيلي (mg/L)	$983.3 \pm 4.6$
السكر المتبقي (%)	$3.40 \pm 0.36$
المادة الصلبة المنحلّة (% Brix)	$4.23 \pm 0.25$

نلاحظ من نتائج الدراسة أن التخمير عند الدرجة ( $20 \pm 2$  °C) هو الأفضل من حيث نسبة الكحول الإيثيلي ومؤشرات العصير المتخمّر الناتج حيث بلغت:

- ١- نسبة الكحول الإيثيلي (% vol.) (11.09) وهي الأعلى
- ٢- كمية الإستيرات كانت الأعلى حيث بلغت (1205 mg/L) لأن كمية الاستيرات المرتفعة تساهم في تعزيز طعم ونكهة الكحول الناتج.
- ٣- الحموضة المعايرة الكلية كانت الأقل حيث كانت قيمتها (4.22 g/L) لان كمية الحموضة القليلة تساهم في تعزيز طعم ونكهة الكحول الناتج.

في حين بلغت نسبة الكحول الإيثيلي عند الدرجتين ( $30 \pm 2$ ,  $36 \pm 2$  °C) (8.50, 9.90 % vol) على التوالي، وكمية الإستيرات (983.33, 996.67 mg/L)، والحموضة المعايرة الكلية (5.40, 4.93 g/L) على التوالي.

وبين الجدول (١٣) دراسة إحصائية لتأثير درجة حرارة التخمير على مؤشرات العصير الناتج، ويمكن استنتاج أنّ درجة حرارة التخمير الأفضل هي الدرجة ( $20 \pm 2$  °C) وأن هناك تأثير لدرجة حرارة التخمير على مؤشرات العصير الناتج:

الجدول (١٣): دراسة إحصائية لتأثير درجة حرارة التخمير على مؤشرات العصير الناتج.

درجة حرارة التخمير (°C)	المحتوى الكحولي (% vol.)	الحموضة المعايرة الكلية (g/L)	الحموضة الطيارة (g/L)	الإستيرات (mg/L)
20± 2	11.09A± 0.06	4.22C± 0.02	0.47C± 0.02	1205A± 5.1
30± 2	9.67B± 0.05	4.93B± 0.11	0.78B± 0.03	996.6B± 4.1
36± 2	8.53C± 0.05	5.40A± 0.17	0.99A± 0.01	983.3C± 4.6

بيّن التحليل الإحصائي وجود تأثير هام لدرجة حرارة التخمير على الدرجة الكحولية

النهائية والحموضة المعايرة الكلية والحموضة الطيارة وكمية الإستيرات.

٢-٥-٤ - مواصفات العصير المتخمّر الذي تم احضاره من ثلاثة مناطق مختلفة.

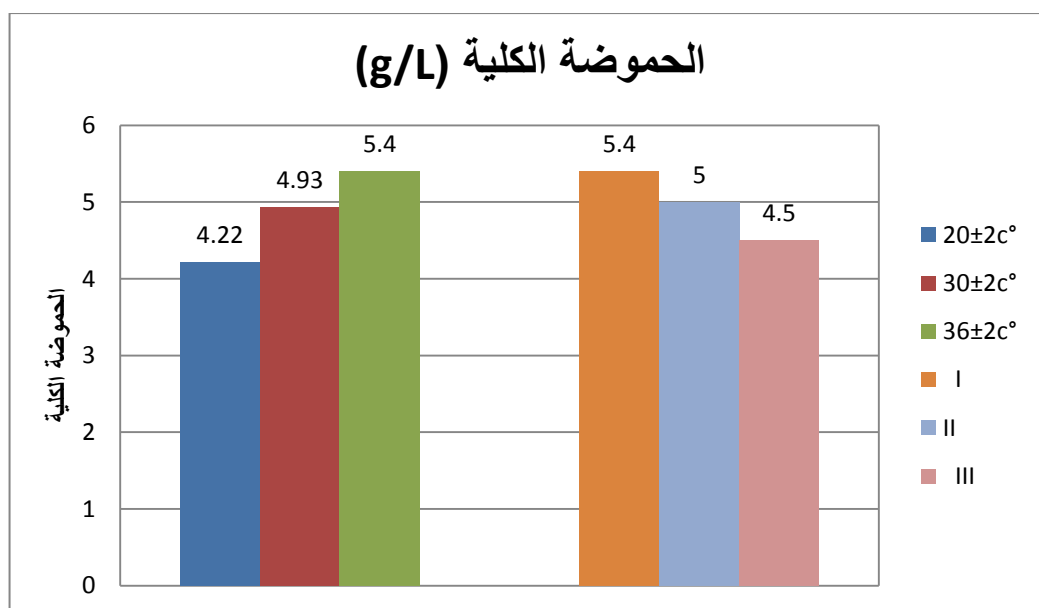
يوضح الجدول (١٤) مواصفات العصير المتخمّر والمعد للتقطير والمحضر من ثلاثة مناطق مختلفة.

الجدول (١٤) مواصفات العصير المتخمّر المحضر من ثلاثة مناطق مختلفة.

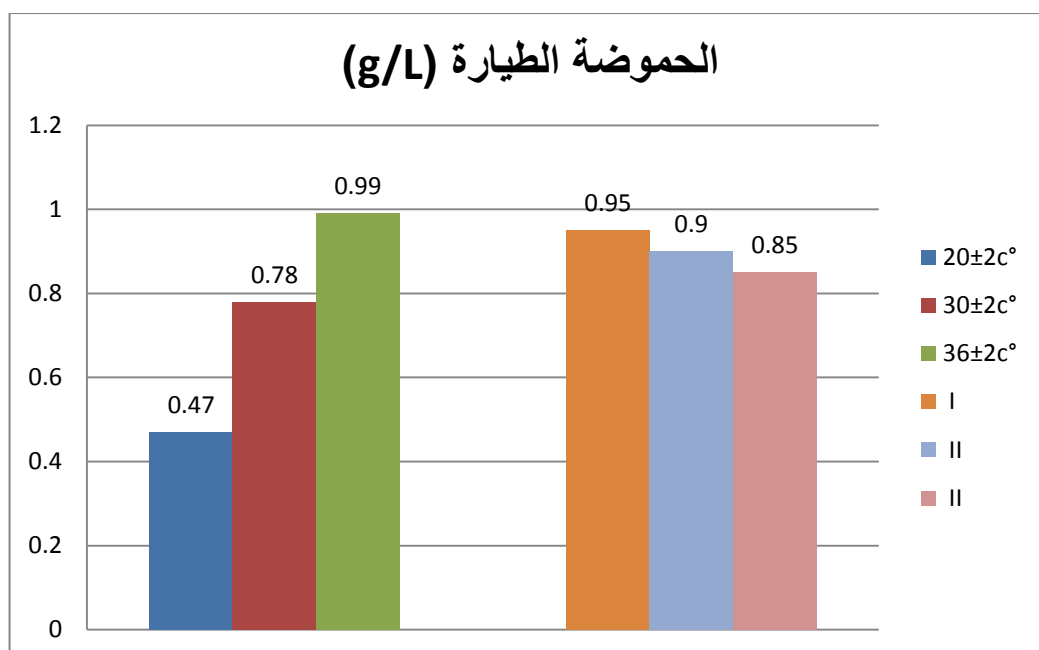
المؤشر	I	II	III
المحتوى الكحولي (% vol.)	٩.٢	٩.٠	٨.٧
الحموضة المعايرة الكلية (g/L)	٥.٤	٥.٠	٤.٥
الحموضة الطيارة (g/L)	٠.٩٥	٠.٩٠	٠.٨٥
Ph	٢.٢	٢.١	٢.٠
الإستيرات على أساس خلات الإيثيلي (mg/L)	٨٧.٠	٨٦.٠	٨٥.٠
السكر المتبقي (%)	٤.٠	٤.٢	٥.٠
المادة الصلبة المنحلة (% Brix)	٤.٦	٤.٩	٥.٤

- I- عصير متخمّر محضر من منطقة المشرفة (ريف حمص الشرقي) لإنتاج مشروب العرق.
- II- عصير متخمّر محضر من منطقة أبو حكة (ريف حمص الشرقي) لإنتاج النبيذ و العرق.
- III- عصير متخمّر محضر من منطقة وريدة (ريف حمص الشرقي) لإنتاج مشروب العرق.

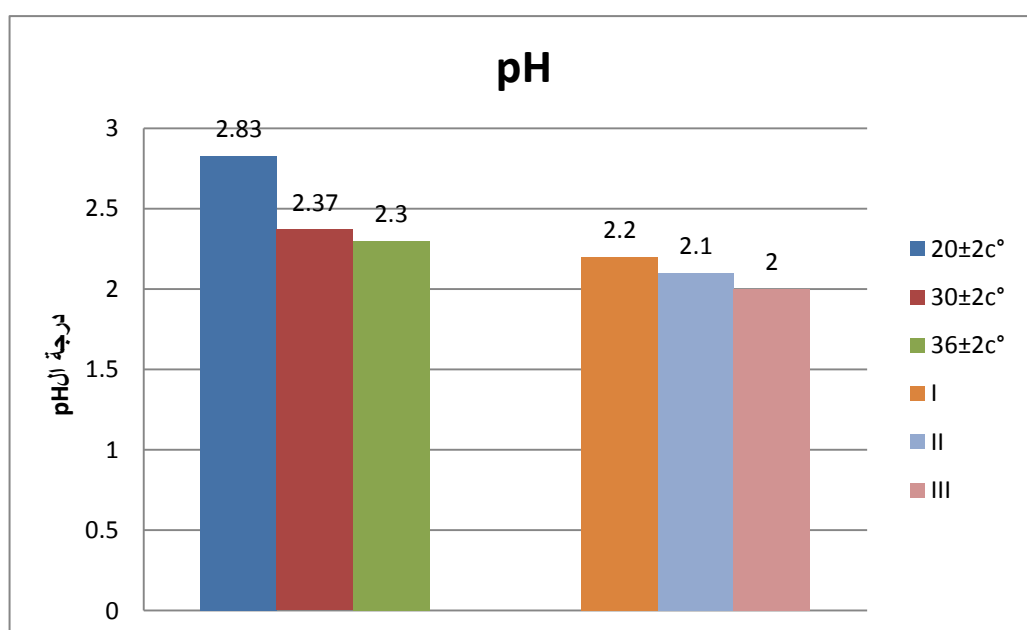
و تبين الأشكال (١٥)، (١٦)، (١٧)، (١٨)، (١٩) مقارنة بين مواصفات العصير المتخمّر المحضّر من ثلاثة مناطق مختلفة من الريف الشرقي لمحافظة حمص والعصير المخمّر مخبرياً عند درجات الحرارة  $(20\pm 2, 30\pm 2, 36\pm 2)^{\circ}\text{C}$



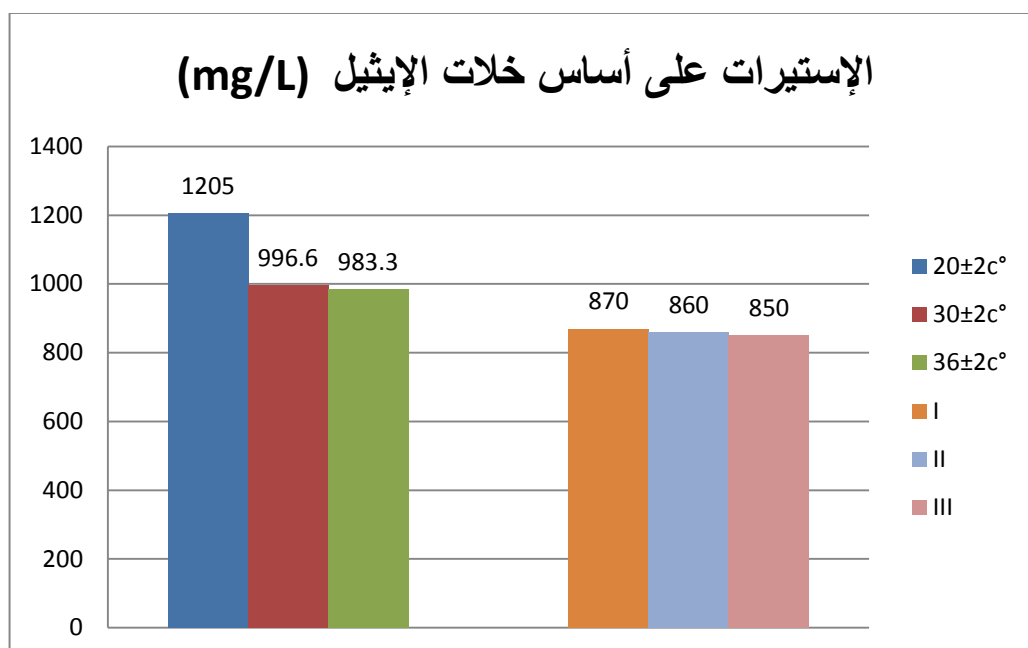
الشكل (١٥) تغير الحموضة الكلية g/L لعينات العصير المتخمّر مخبرياً وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.



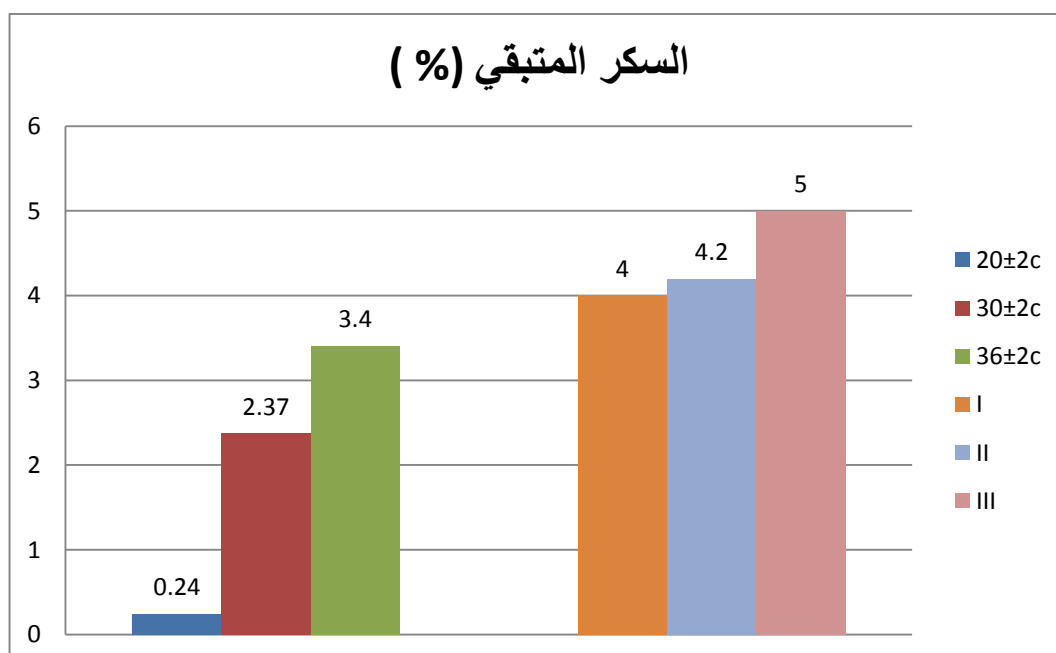
الشكل (١٦) تغيّر الحموضة الطيارة g/L لعينات العصير المتخمّر مخبرياً و للعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.



الشكل (١٧) تغيّر درجة pH لعينات العصير المتخمّر مخبرياً وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.



الشكل (١٨) تغير كمية الإستيرات على أساس خلاص الإيثيل mg/L لعينات العصير المتخمّر مخبرياً وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.



الشكل (١٩) تغير كمية السكر المتبقي g/L لعينات العصير المتخمّر مخبرياً وللعينات التي تمّ إحضارها من مناطق مختلفة.

وفي موسم ٢٠١٨ تم إحضار كمية من عنب أبيض عصيري والذي يسمى بالعنب البلدي أو السلموني وهو الصنف المستخدم في الصناعة، تم الحصول عليه من ريف حمص الشرقي من نفس المنطقة وبنفس الوقت من موسم العام 2017 .

وتم تحديد المواصفات الكيميائية له والمبينة بالجدول (١٥) وكانت متقاربة مع المواصفات الكيميائية للعنب في الموسم ٢٠١٧ وتم عصر العنب و إجراء عملية التخمير عند درجة الحرارة  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  وذلك لأنها كانت الأفضل من خلال مقارنة نتائج دراسة العصير المتخمّر الناتج عن تخمير عصير العنب عند هذه الدرجة .

الجدول (١٥): التركيب الكيميائي للعنب المستخدم موسم ٢٠١٨.

المؤشر	المتوسط الحسابي $\pm$ الانحراف المعياري
المواد الصلبة الكلية المنحلة	$19.22 \pm 0.21$
الحموضة المعايرة الكلية (g/L)	$8.73 \pm 0.25$
الحموضة الطيارة (g/L)	$0.285 \pm 0.005$
pH	$3.42 \pm 0.05$
الوزن النوعي للعصير (g/mL)	$1.0841 \pm 0.001$
درجة الحلاوة (%)	$18.71 \pm 0.21$

في نهاية عملية التخمير تم تقطير العصير المتخمّر بعد فصل المواد العالقة منه على جهاز مصنّع محلياً معدّ لهذه الدراسة .

تمّ التقطير بطريقة التقطير لمرة واحدة عند درجتَي حرارة  $80^\circ \text{C}$  و  $90^\circ \text{C}$  وتم تبريد المتكاثف بالمياه عند درجات الحرارة  $(5 \pm 1^\circ \text{C})$ ،  $(15 \pm 1^\circ \text{C})$  و  $(25 \pm 1^\circ \text{C})$  لكل درجة تقطير بمعدّل تقطير ٥ L لكل عملية تقطير.

تمّت مراقبة عملية التقطير من لحظة خروج المستقطر حيث لوحظ في البداية خروج مستقطر عكر ولونه يميل للأبيض وهذه هي القطفة الرأسية الحاوية بشكل أساسي على المواد

الخفيفة والتي درجة غليانها أقل من درجة حرارة غليان الإيثانول (يشكل الميثانول حوالي ٩٠% منها).

تمّ جمع هذه القطفة بشكل منفرد ومنفصل حوالي ١٠) mL، وبدأ بسحب القطفة الوسطى عندما أصبح المستقطر شفافاً واستمر السحب حتى بدأ المستقطر يصبح عكراً وتم جمع هذه القطفة بشكل منفصل ومنفرد وهي التي تمّت دراسة مواصفاتها ، وجمعت القطفة الذليّة بشكل منفرد ومنفصل وهي القطفة الحاوية على المركبات التي درجة غليانها أعلى من درجة حرارة غليان الإيثانول.

#### ٢-٥-٥- نتائج دراسة عملية التقطير:

#### ٢-٥-٥-١- الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة 80°C.

يُبين الجدول (16) نتائج تحليل عينات المتكاثفات الناتجة أثناء التقطير عند درجة حرارة 80°C وعند درجات حرارة مختلفة لتبريد المتكاثف

جدول (16): الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة 80°C ودرجات حرارة تبريد المتكاثف (5±1)°C، (15±1)°C، (25±1)°C.

المتوسط الحسابي $\pm$ الانحراف المعياري			درجة حرارة تبريد المتكاثف
(25 $\pm$ 1) °C	(15 $\pm$ 1) °C	(5 $\pm$ 1) °C	
4.25a $\pm$ 0.13	4.4b $\pm$ 0.11	4.35ab $\pm$ 0.21	pH
4.18a $\pm$ 0.05	4.12b $\pm$ 0.06	4.15ab $\pm$ 0.03	الحموضة الكلية، g/L
0.81a $\pm$ 0.05	0.6b $\pm$ 0.05	0.65ab $\pm$ 0.06	الحموضة الطيارة، g/L
235b $\pm$ 4.1	245a $\pm$ 4.5	240ab $\pm$ 3.3	الإستيرات، mg/L
70.15a $\pm$ 0.5	67.05b $\pm$ 0.6	63.83c $\pm$ 1.1	الدرجة الكحولية، %vol.

بيّن التحليل الإحصائي وجود تأثير هامّ معنويّاً لدرجة حرارة تبريد المتكاثف عند (5, 15, 25) °C على الدرجة الكحولية النهائية.

كما بيّن التحليل الإحصائي وجود تأثير هامّ لدرجتي حرارة تبريد المتكاثف

(15 $\pm$ 1) °C، (25 $\pm$ 1) °C على كلّ من (درجة pH، الحموضة المعايرة الكلية، الحموضة الطيارة، كمّيّة الإستيرات)، حيث عند درجة تبريد المتكاثف (15 $\pm$ 1) °C كانت كمّيّة الإستيرات الأعلى والحموضة الكلية والحموضة الطيارة هي الأقل، في حين أنّه عند (5 $\pm$ 1) °C بيّن التحليل الإحصائي أنّ هناك نتائج متشابهة مع كلّ من درجتي تبريد المتكاثف (15 $\pm$ 1) °C، (25 $\pm$ 1) °C.



## ٢-٥-٥-٢ - الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة 90°C.

يُبين الجدول (17) نتائج تحليل عينات المتكاثفات الناتجة أثناء التقطير عند درجة حرارة 90°C وعند درجات حرارة مختلفة لتبريد المتكاثف:

جدول (17): الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطّر مخبرياً عند درجة حرارة 90°C ودرجات حرارة تبريد المتكاثف (5±1)°C، (15±1)°C، (25±1)°C.

المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري			درجة حرارة تبريد المتكاثف
(25±1)°C	(15±1)°C	(5±1)°C	
4.2b± 0.08	4.3a± 0.15	4.15a± 0.12	pH
4.3a± 0.15	4.2b± 0.17	4.25b± 0.13	الحموضة الكلية، g/L
0.85a± 0.04	0.90b± 0.04	0.75b± 0.05	الحموضة الطيارة، g/L
200b± 3.3	215a± 3.1	211a± 2.5	الإستيرات، mg/L
68.96a± 0.3	65.56b± 0.3	57.4c± 0.5	الدرجة الكحولية، %vol.

بيّن التحليل الإحصائي وجود تأثير هامّ معنوياً لدرجة حرارة تبريد المتكاثف عند (5±1)°C، (15±1)°C، (25±1)°C على الدرجة الكحولية النهائية.

كما بيّن التحليل الإحصائي وجود تأثير هامّ لدرجتي حرارة تبريد المتكاثف

(15±1)°C، (25±1)°C على كلّ من (درجة pH، الحموضة المعايرة الكلية، الحموضة الطيارة، كمية الإستيرات)، حيث عند درجة تبريد المتكاثف (15±1)°C كانت كمية الإستيرات الأعلى والحموضة الكلية والحموضة الطيارة هي الأقل، في حين أنّه عند (5±1)°C بيّن التحليل الإحصائي أنّ هناك نتائج متشابهة مع درجة حرارة تبريد المتكاثف (15±1)°C.

## ٢-٥-٥-٣- الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطر المحضّر من ثلاث مناطق مختلفة.

عملية التبريد للمتكاثف كانت بدرجة حرارة الماء الجاري على سطح التكثيف والتي تتراوح بين  $25^{\circ}\text{C}$  و  $35^{\circ}\text{C}$ . ولا يوجد ضبط لدرجة حرارة التقطير التي قد تصل الى  $100^{\circ}\text{C}$ .

ويوضح الجدول (١٨) الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطر المحضر من ثلاث مناطق مختلفة.

جدول رقم (١٨) الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطر المحضر من ثلاث مناطق مختلفة.

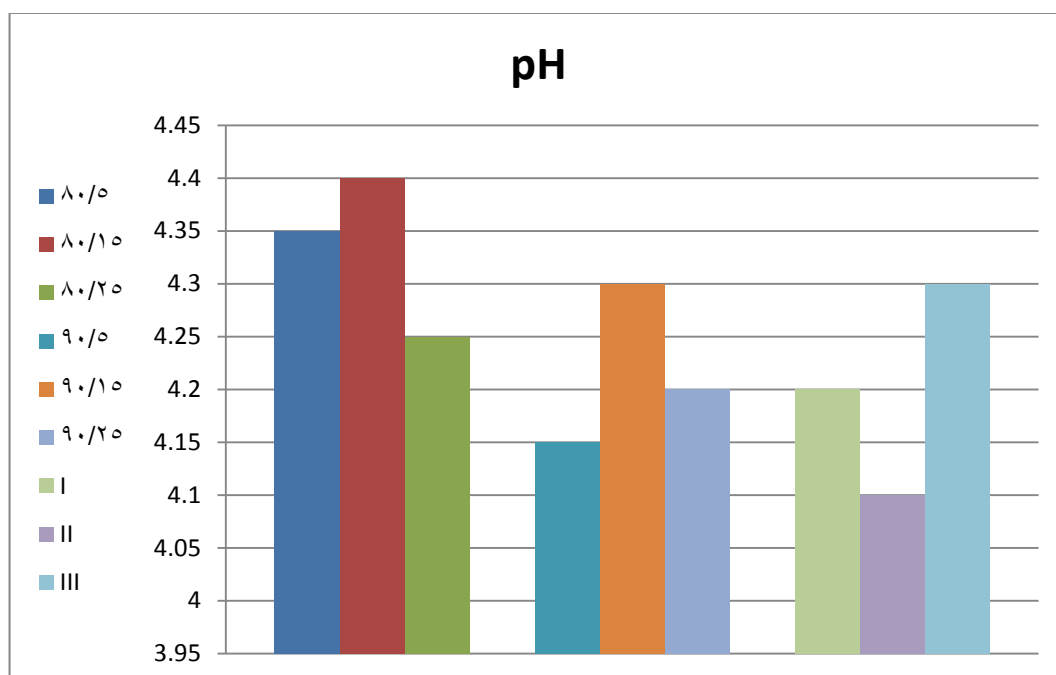
المؤشر	I	II	III
pH	٤.٢	٤.١	٤.٣
الحموضة الكلية، g/L	٤.٢٠	٤.٣	٤.٢٢
الحموضة الطيارة، g/L	٠.٨٥	٠.٨	٠.٩
الإستيرات، mg/L	٢٠٠	٢٠٥	١٩٥
الدرجة الكحولية، %vol.	٥٥.٥	٦٥.١	٥٨.٨

I- عصير متخمّر محضّر من منطقة المشرفة (ريف حمص الشرقي) لإنتاج مشروب العرق.

II- عصير متخمّر محضّر من منطقة أبو حكة (ريف حمص الشرقي) لإنتاج النبيذ والعرق.

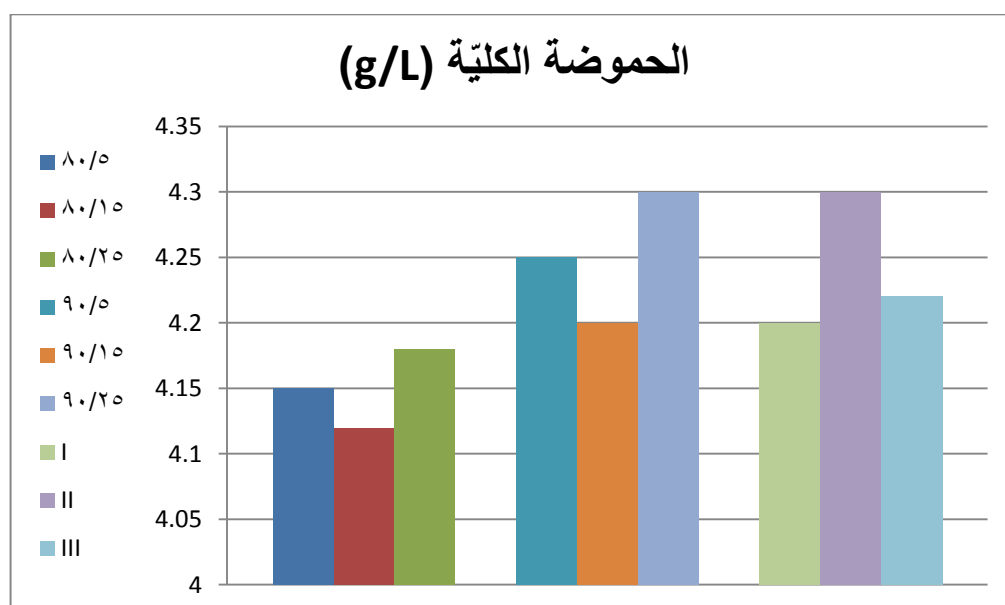
III- عصير متخمّر محضّر من منطقة وريدة (ريف حمص الشرقي) لإنتاج مشروب العرق.

وتوضّح الأشكال (٢٠)، (٢١)، (٢٢)، (٢٣)، (٢٤) الدلائل الكيميائية للمتكاثف المقطر مخبرياً عند درجة حرارة  $80^{\circ}\text{C}$  ,  $90^{\circ}\text{C}$  ودرجات حرارة تبريد المتكاثف  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ،  $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ،  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .



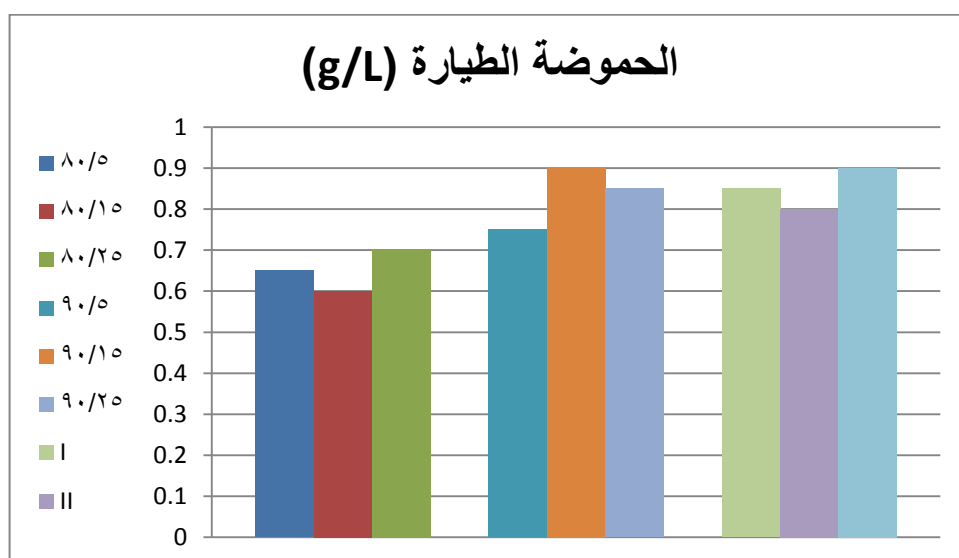
الشكل (٢٠) درجة pH للمستقطرات المختلفة.

نلاحظ أن درجة pH للمستقطرات عند الدرجة 80°C كانت أعلى من بقية المستقطرات.



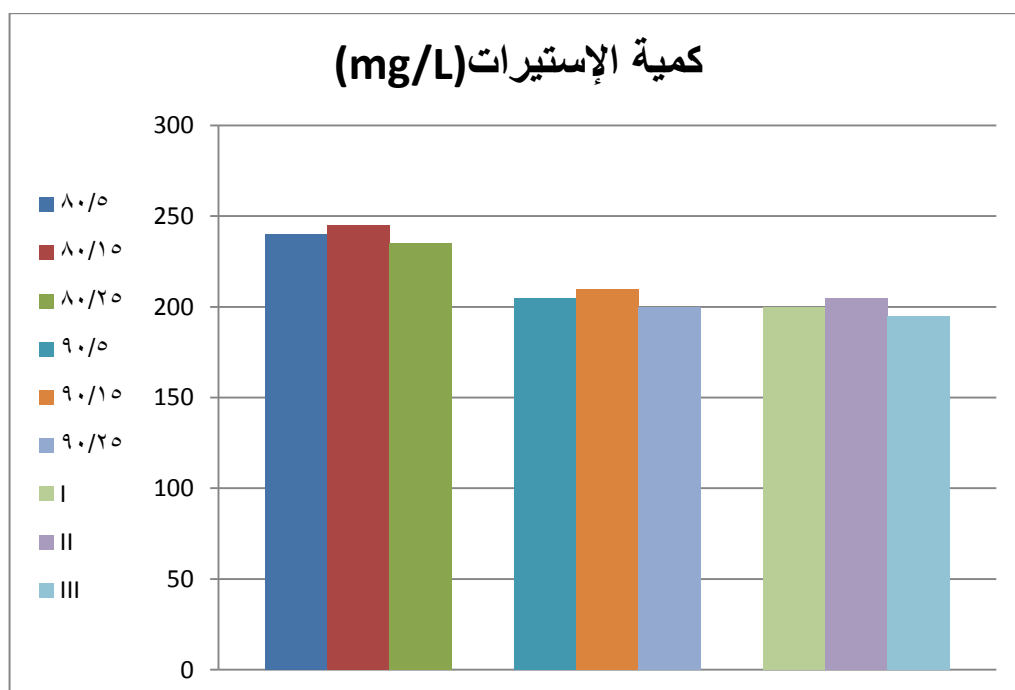
الشكل (٢١) الحموضة الكلية للمستقطرات المختلفة

نلاحظ أن الحموضة الكلية للمستقطرات عند الدرجة  $80^{\circ}\text{C}$  كانت الأقل من بقية المستقطرات وبشكل خاص عند درجة حرارة تبريد متكاثف  $(15\pm 1)^{\circ}\text{C}$ .



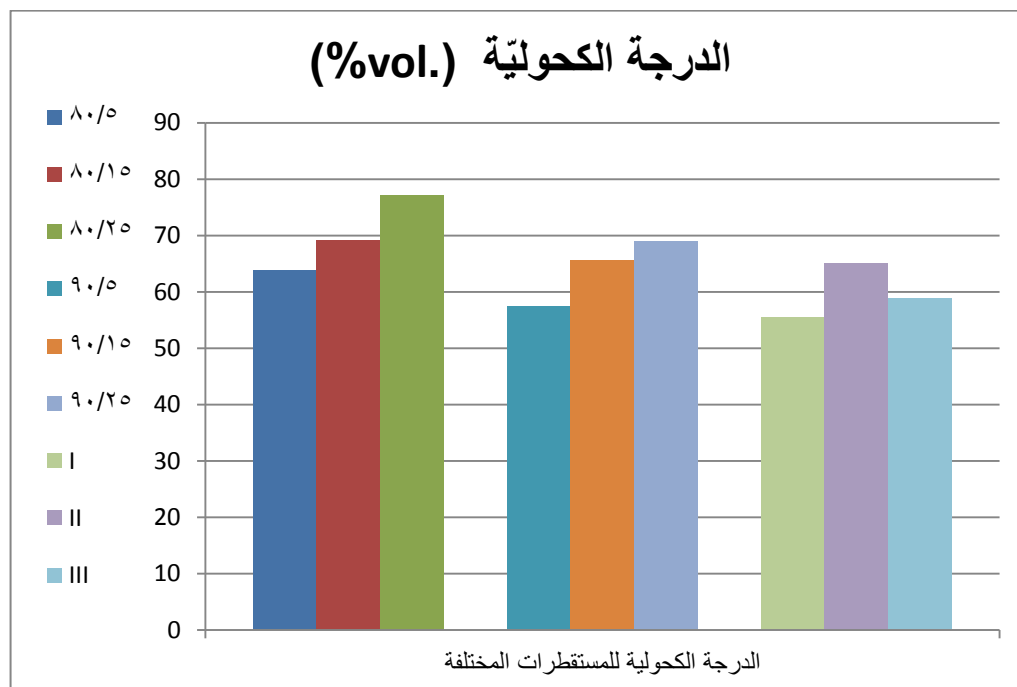
الشكل (٢٢) الحموضة الطيارة للمستقطرات المختلفة

نلاحظ أن الحموضة الطيارة للمستقطرات عند الدرجة  $80^{\circ}\text{C}$  كانت الأقل من بقية المستقطرات وبشكل خاص عند درجة حرارة تبريد متكاثف  $(15\pm 1)^{\circ}\text{C}$ .



الشكل (٢٣) كمية الإستيرات للمستقطرات المختلفة

نلاحظ أن كمية الإستيريات للمستقطرات عند الدرجة  $80^{\circ}\text{C}$  كانت الأعلى من بقية المستقطرات وبشكل خاص عند درجة حرارة تبريد متكاثف  $(15\pm 1)^{\circ}\text{C}$ .



الشكل (٢٤) الدرجة الكحولية للمستقطرات المختلفة.

نلاحظ أن الدرجة الكحولية للمستقطرات عند الدرجة  $80^{\circ}\text{C}$  كانت الأعلى من بقية المستقطرات.

## ٢-٥-٥-٤ - كمية الإيثانول والميثانول في المستقطرات المقطرة مخبرياً:

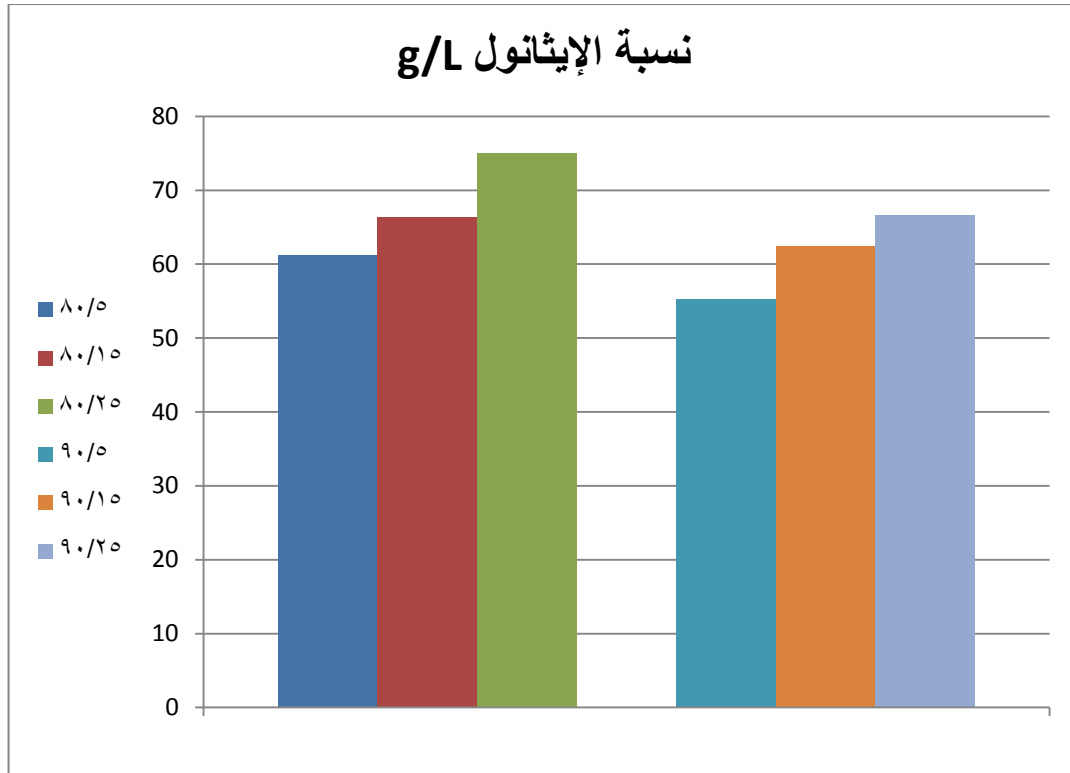
تمّ بواسطة جهاز (GC) تحديد كمية الإيثانول والميثانول الناتجة عن التقطير كما هو

مبين بالجدول (19):

الجدول (19): كمية الإيثانول والميثانول في المستقطرات الناتجة.

نسبة الميثانول، محول صرف mg/L	نسبة الإيثانول، g/L	درجة حرارة التكثيف	درجة حرارة التقطير
0.090	61.20	$(5 \pm 1) ^\circ\text{C}$	<b>80°C</b>
0.085	66.41	$(15 \pm 1) ^\circ\text{C}$	
0.080	69.10	$(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$	
0.110	55.28	$(5 \pm 1) ^\circ\text{C}$	<b>90°C</b>
0.100	62.47	$(15 \pm 1) ^\circ\text{C}$	
0.095	66.63	$(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$	

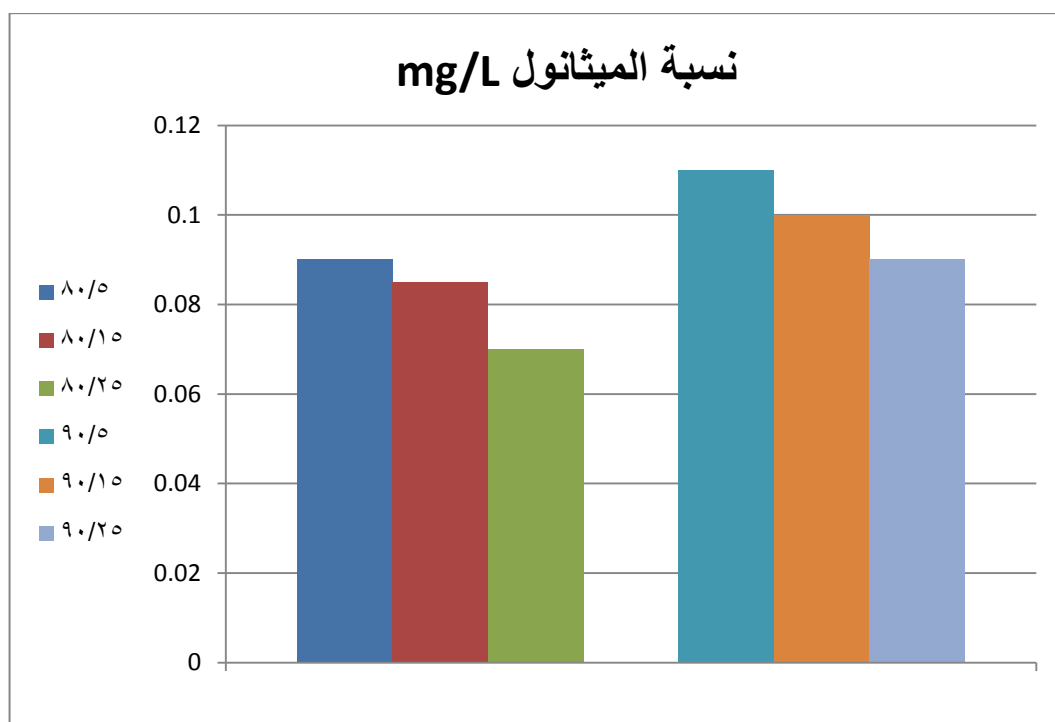
ويُبين الشكل (25) والشكل (26) تغيّر نسبة الإيثانول والميثانول مع تغيّر درجة حرارة التقطير ودرجات حرارة تبريد المتكاثف:



الشكل (٢٥): نسبة الإيثانول عند درجتي حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80, 90) وثلاث درجات حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(5\pm 1)$ ،  $^{\circ}\text{C}$   $(15\pm 1)$ ،  $^{\circ}\text{C}$   $(25\pm 1)$ .

نلاحظ أن نسبة الإيثانول عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجات حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(5\pm 1)$ ،  $^{\circ}\text{C}$   $(15\pm 1)$ ،  $^{\circ}\text{C}$   $(25\pm 1)$  كانت أكثر ارتفاعاً من مقابلاتها عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجات حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(5\pm 1)$ ،  $^{\circ}\text{C}$   $(15\pm 1)$ ،  $^{\circ}\text{C}$   $(25\pm 1)$ .

فعند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(5\pm 1)$  كانت نسبة الإيثانول 61.20g/L في حين عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(5\pm 1)$  كانت نسبة الإيثانول 55.28g/L ، و عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(15\pm 1)$  كانت نسبة الإيثانول 66.41g/L في حين عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(15\pm 1)$  كانت نسبة الإيثانول 62.47g/L ، و عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(25\pm 1)$  كانت نسبة الإيثانول 69.01g/L في حين عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$   $(25\pm 1)$  كانت نسبة الإيثانول 66.63g/L.



الشكل (٢٦): نسبة الميثانول عند درجتي حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80, 90) وثلاث درجات حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (5±1)،  $^{\circ}\text{C}$  (15±1)،  $^{\circ}\text{C}$  (25±1).

نلاحظ أن نسبة الميثانول عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجات حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (5±1)،  $^{\circ}\text{C}$  (15±1)،  $^{\circ}\text{C}$  (25±1) كانت أكثر انخفاضاً من مقابلاتها عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجات حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (5±1)،  $^{\circ}\text{C}$  (15±1)،  $^{\circ}\text{C}$  (25±1).

فعند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (5±1) كانت نسبة الميثانول 0.090mg/L في حين عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (5±1) كانت نسبة الميثانول 0.110mg/L، و عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (15±1) كانت نسبة الميثانول 0.085mg/L في حين عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (15±1) كانت نسبة الميثانول 0.100mg/L، و عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (80) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (25±1) كانت نسبة الميثانول 0.080mg/L في حين عند درجة حرارة تقطير  $^{\circ}\text{C}$  (90) ودرجة حرارة تبريد للمتكاثف  $^{\circ}\text{C}$  (25±1) كانت نسبة الميثانول 0.090mg/L.



## ٢-٦- مناقشة النتائج :

١-التخمير عند درجة حرارة  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  :

- انخفاض درجة الحرارة هو مرغوب فيه لأنه يزيد من إنتاج المركبات العطرية والكحول الإيثيلي وذلك لأن خميرة *Saccharomyces cerevisiae* تبقى نشطة لنهاية عملية التخمير وتستمر بإنتاج أنزيمات الزيماز التي تخمر السكر إلى كحول وبالتالي نحصل على مردود كحول أعلى و كمية سكر متبقي أقل، وتقل عملية انطلاق وتحرر فقاعات إلى الوسط الخارجي والتي تحمل معها المواد الطيارة عند درجات الحرارة المنخفضة وبالتالي يحفظ العطر النوعي ويقل فقدان الكحول حيث بلغت الدرجة الكحولية 11.09%vol، في حين كانت أثناء التخمير عند درجة الحرارة  $(30\pm 2)^{\circ}\text{C}$  9.67%vol ، وعند درجة الحرارة  $(36\pm 2)^{\circ}\text{C}$  كانت 8.50 % vol.

كذلك مع انخفاض درجة حرارة التخمير تنخفض الحموضة الكلية للعصير المتخمّر بسبب الترسيب الكبير لأملاح حمض الطرطريك سيئة الانحلال وهذا يفسر انخفاض الحموضة الكلية عند التخمير عند درجة حرارة  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  حيث بلغت قيمتها 4.22 g/L في حين كانت عند  $(30\pm 2)^{\circ}\text{C}$  (4.93 g/L)، وعند الدرجة  $(36\pm 2)^{\circ}\text{C}$  كانت (5.40 g/L). وذلك يساهم في تعزيز طعم ونكهة الكحول الناتج وتكون مستساغة ومقبولة من قبل المستهلك.

٢- التقطير عند درجة حرارة  $80^{\circ}\text{C}$  :

- الدرجة الكحولية كانت أعلى عند التقطير على درجة حرارة  $80^{\circ}\text{C}$  منها عند الدرجة  $90^{\circ}\text{C}$  وذلك لأن درجة غليان الإيثانول  $78.4^{\circ}\text{C}$  وهي قريبة من درجة حرارة التقطير  $80^{\circ}\text{C}$  وبالتالي سنحصل على نسبة للإيثانول بالمستقطر أعلى. كذلك الحال بالنسبة للإستيرات التي درجة غليانها  $77.1^{\circ}\text{C}$  والتي بلغت كميتها  $245\text{ g/L}$  عند حرارة التقطير  $80^{\circ}\text{C}$  وتبريد للمتكاثف عند درجة  $10^{\circ}\text{C}$  حيث كانت عملية تكثيفه أفضل.

-كمية الميثانول كانت أعلى عند التقطير على درجة حرارة  $90^{\circ}\text{C}$  منها عند الدرجة  $80^{\circ}\text{C}$  وذلك لأن الميثانول يستمر بالخروج مع ارتفاع درجة حرارة التقطير وحتى انتهاء عملية التخمير وفق [Nermina Spaho, 2017].



## الفصل الثالث

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and  
Recommendations



### ٣- الإستنتاجات والتوصيات :

#### ٣-١ - الإستنتاجات:

التخمير عند درجة حرارة  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  هو الأفضل من حيث مؤشرات العصير المتخمّر الناتج حيث:

- بلغت الدرجة الكحولية 11.09%vol، في حين كانت أثناء التخمير عند درجة الحرارة  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  9.67%vol، وعند درجة الحرارة  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  كانت 8.50 % vol.
- الإستيريات كانت الأعلى حيث بلغت كميتها (1250 mg/L) في حين كانت أثناء التخمير عند درجة الحرارة  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  حوالي (996.67 mg/L) وعند درجة الحرارة  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  كانت (983.33 mg/L).
- الحموضة الكلية كانت منخفضة حيث بلغت قيمتها (4.22 g/L) في حين كانت عند  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  (4.93 g/L)، وعند الدرجة  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  كانت (5.40 g/L).
- الحموضة الطيارة كانت منخفضة حيث بلغت قيمتها (0.47 g/L) في حين كانت عند  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  (0.78 g/L) وعند الدرجة  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  كانت (0.99 g/L).
- كمية الإستيريات المرتفعة في العصير المتخمّر عند درجة الحرارة  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  وكمية الحموضة المرتفعة والحموضة الطيارة الأقل تشير إلى أن نوعية الكحول الناتج عن تقطير هذا العصير هي الأفضل، لأنّ كمية الإستيريات المرتفعة نسبياً تساهم في تعزيز طعم ونكهة الكحول الناتج وكمية الحموضة الكلية والحموضة الطيارة تكون مستساغة ومقبولة من قبل المستهلك، وتشارك أيضاً في تعزيز وتحسين طعم ونكهة الكحول الناتج.
- من خلال المقارنة مع العصير المتخمّر المنتج بالطريقة التقليدية في مناطق مختلفة من مناطق التصنيع لوحظ تقارب معظم مؤشرات العصير المتخمّر مع العصير المتخمّر عند الدرجة  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ ، وذلك لأنه يتمّ التخمير في غرف خاصة عند درجة حرارة الجو المحيط في تلك الفترة من التصنيع.

- أثناء دراسة مواصفات الكحول الناتج عن تقطير العصير المتخمر عند درجة الحرارة  $20 \pm 2$  °C وذلك باستخدام درجتي حرارة للتسخين وهي  $80, 90$  °C وثلاث درجات حرارة للتبريد  $5 \pm 1$  °C،  $15 \pm 1$  °C،  $25 \pm 1$  °C، تبين أن مواصفات الكحول الناتج عند التسخين عند درجة حرارة  $80$  °C وتبريد المتكاثف بمياه درجة حرارتها  $15 \pm 1$  °C هي الأفضل، من حيث مؤشرات هذا الكحول حيث كانت كمية الإستيرات ( $245 \text{ g/L}$ ) وهي الأعلى والحموضة المعاييرة ( $4.12 \text{ g/L}$ ) وهي الأقل وكانت الحموضة الطيارة ( $0.6 \text{ g/L}$ ) وهي الأقل وهذا يجعله أفضل من ناحية هذه المؤشرات لاستخدامه في صناعة بعض المشروبات الكحولية.
- خلال المقارنة مع الكحول الناتج عن التقطير بالطريقة التقليدية في مناطق التصنيع المختلفة ، تبين أن مواصفات الكحول تقارب مواصفات الكحول الناتج عن التقطير عند درجة حرارة  $90$  °C وتبريد عند درجة حرارة  $25$  °C.
- نسبة الإيثانول كانت أعلى عند التقطير على درجة حرارة  $80$  °C منها عند الدرجة  $90$  °C.
- نسبة الميثانول كانت أقل عند التقطير على درجة حرارة  $80$  °C منها عند الدرجة  $90$  °C.

### ٣-٢ - التوصيات:

- تعميم عملية التخمير عند درجة حرارة حوالي  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .
- ضبط درجة الحرارة أثناء عملية التقطير لعملية تسخين العصير المتخمّر وتبريد المتكاثف قدر الإمكان عند درجة حرارة تقطير  $80^\circ\text{C}$  ودرجة حرارة تبريد المتكاثف عند  $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ .
- دراسة مقارنة الكحول الناتج بالطريقة التقليدية مع الكحول الناتج من أعمدة التقطير ذات الصواني.





#### ٤-المراجع :

##### ٤-١- المراجع العربية:

- الإبراهيم، أحمد سمور. ٢٠١٦ ، تقانة التخمير والتقطير، منشورات جامعة البعث.
- ابراهيم باشا، سهيل. ١٩٩٠، الصناعات الميكروبيولوجية، منشورات جامعة حلب.
- الخفاجي، زهرة. ١٩٩٠، التقانة الحيوية، منشورات جامعة بغداد.
- صادق، شريف. ٢٠٠٥، الأحياء الدقيقة الصناعية، منشورات جامعة البعث.

٤-٢- المراجع الأجنبية :

- Akubor PI, Obio SO, Nwodomere KA, Obiomah E. Production and evaluation of banana wine. Plant Foods Hum Nutr 2013;58:1-6.
- Audu OJ. Comparative studies of wine produced by spontaneous and controlled fermentation of preserved cashew (*Anacardium occidentale*) juice. Res J Bio Sci 2010;5:460-4.
- Barnett, J.A.2003.Ahistory of research on yeasts 6:the main respiratory pathway yeast:1015-1044.
- Board RG. A Modern Introduction to Food Microbiology. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications; 1983.
- Campdell,I.2003.Yeast and Fermentation. Depatment of Biological Engineering Chapter 4.
- Davis UC, Noble CA. Davis 20-Point Scale. USA: Department of Viticulture and Analogy, University of California; 1995
- Dickinson JR. Carbon metabolism. In: Dickinson JR, Schweizer M, editors. The Metabolism and Molecular Physiology of *Saccharomyces cerevisiae*. Philadelphia, PA: Taylor & Francis; 2013. p. 591-5.
- Dunn B, Levine RP, Sherlock G. Microarray karyotyping of commercial wine yeast strains reveals shared, as well as unique, genomic signatures. BMC Geno 2015;6:53.
- Fleet GH. Yeast interaction and wine flavour. Int J Food Microbiol 2013;86:11-22

- Fundira M, Blom M, Pretorius IS, Van Rensburg P. Selection of yeast starter culture strains for the production of marula fruit wines and distillates. J Agric Food Chem 2012;50:1535-42 .
- John stone, Michael Nixon: The Distillation of Alcohol: 2000, p. 72.
- Keller JB. Pineapple Wine: Directions for Pineapple Wine Baskets; 2010.
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J. Brock Biology of Microorganisms. 10th ed. Prentice Hall, London: Pearson Education Inc.; 2013.
- Nermin Spaho , Distillation - Innovative Applications and Modeling;2017.129-152.
- OIV: The International Organization of vine and wine, Paris, 1990.
- Pino JA, Queris O. Characterization of odor - Active compounds in Guava wine. J Agric Food Chem 2015;59:4885-90.
- Renewable Fuels Association. 2005-2013. All Rights Reserved. 425 Third Street, SW – Suite 1150 - Washington, DC 20024 – (202)289-3835
- Ribèreau-Gayon, P ., Dubourdieu, D., Donèche, B. and Lonvaud, A. (2000) Handbook of Enology. The Microbiology of wine vinification Vol. I. West Sussex, England: Wiley.
- Roher. M,Kosaric .N; Pieper. H.J.2001.The Biotechnology of Ethanol . Classical and Future Application , Microbiology and Biochemistry of Ethanol Formation. Austria , 90-102
- Ronald S. Jackson, Wine Science, Principles and Applications, 3<sup>d</sup> edition, Elsevier Inc. 2008, pp.789
- Satyanarayana .T; Gotthard Kunze.2009.Yeast Biotechnology Diversity and Application. Department of Microbiology.India.
- Sivasakthivelan P, Saranraj P, Sivasakthi S. Production of bioethanol by *Zymomonas mobilis* and *Saccharomyces cerevisiae* using sunflower head wastes - A comparative study. Int J. Microbiol Res 2014;5:208-16.

-Torija, M. J., Rozes, N., Poblet, M., and Mas, A. 2003. Effects of fermentation temperature on the strain population of *Saccharomyces cerevisiae*. *Internation Journal of Food Microbiology*, 80(1):47-53.

المراجع الروسية :

- Малтабар В. М., Фертман Г. И., **Технология коньяка.**–2–е изд., –М.: Пищевая пром–сть, 1971. –343 с.

- **Справочник по виноделию.**/ Под Ред. Г. Г. Валуйко. –М.: Агропромиздат, 1985. – 447 с.

**AL-BAATH UNIVERSITY**

**FACULTY OF CHEM.&PET.ENG.**

**DEPARTMENT OF FOOD.ENG**

**A Study of the Effect of Grape Juice Fermentation  
Conditions and the Cooling Temperature of Condensate on  
the Quality of Alcohol Produced.**

**Thesis accomplished for master's degree in food  
Engineering**

**Biotechnology in Food Engineering**

**Submitted by  
Eng. Ali Dardar**

**Supervised by  
Dr. Ahmad Sammour Alibrahim      Dr. Antoun Youssef**

**1441-2020**

