الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات و علوم المادة
قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي
في الكيمياء
التخصص: *كيمياء تطبيقية*
من إعداد الطالب: *صالح أيوب*
بعنوان:

استخلاص الإيثانول من مخلفات التمر

نوقشت علنا يوم : الأربعاء 17-06-2026

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

حياة زروقي	أستاذة محاضرة(أ)	جامعة ورقلة	رئيسا
بن علي مصطفى	أستاذ محاضر(أ)	جامعة ورقلة	مناقشا
بن منين عبد القادر	أستاذ تعليم عالي	جامعة ورقلة	مشرفا

السنة الجامعية: 2026/2025

إهداء

[وقل إعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون] سورة التوبة

[وآخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين]

الحمد لله الذي بفضله تحققت الأعمال الصالحة

وبتوفيقه اكتمل هذا العمل المتواضع

نهدي هذا التخرج إلى

والدينا بارك الله فيهم ورفع درجاتهم

إخواننا و أخواتنا

وكل من ساندنا بصدق

وإلى أساتذتنا الكرام

جزاكم الله خيرا على مجهوداتكم وتفانيكم

شكر و تقدير

قال الله تعالى في كتابه الكريم [ولئن شكرتم لأزيدنكم] فالحمد لله دائما على نعمه الظاهرة و الباطنة التي بفضلها ننجز الاعمال الصالحة وبذكره يسهل الطاعة وتتنزل الرحمة وتتضاعف المكافآت

والصلاة والسلام على سيدنا محمد خير الخلق أرسله الله رحمة للعالمين والصلاة و السلام على آله و أصحابه أجمعين

وإن شكر الناس جزء من شكر الله كما قيل {من لم يشكر الناس لم يشكر الله }

كما نتقدم بأحر الشكر و التقدير للإستاذ { بن منين عبد القادر } لقبوله اللإشراف على هذه الرسالة و لتوجيهه الحكيم ونصائحه الدقيقة وكل ذلك بأسلوب بليغ و صبر وكل الشكر لأعضاء اللجنة المناقشة المكونة من الأستاذة (حياة زروقي) رئيستا و الأستاذ (بن علي مصطفى) مناقشا على تفضلهم بقبول مناقشة هذا العمل وتقيمه وعلى ما سيقدمونه من ملاحظات و توجيهات قيمة من شأنها إثراء هذا العمل و تصويب ما قد يشوبه من نقص نسأل الله أن يجزيهم خير الجزاء وأن يبارك في جهدهم ووقتهم وأن يمنحهم الله التوفيق للوصول إلى أعلى المراتب الأكاديمية

ولإن كل نجاح يستحق التقدير والثناء و إعتراف بالنعمة التي أنعم الله بها علينا
أن أتقم بالشكر لزملائي الذين كانو سندا لي في هذه الرحلة

ونتقدم بجزيل الشكر إلى كلية الرياضيات و علوم المادة لجامعة قاصدي مرباح ورقلة وخاصة قسم الكيمياء وكل القائمين عليها على مجهوداتهم

وإلى كل من دعمنا وساعد في إتمام هذا العمل الكلمات وحدها لا تكفي للتعبير عن شكرنا
نسأل الله العلي القدير أن يجزيهم جميعا وأن يبارك لهم في صحتهم وأموالهم و أولادهم و صحتهم وأن يمنحهم السعادة في الدنيا و الآخرة

الفهرس

المقدمة العامة

الفصل الأول :عموميات حول النخيل و التمر

1- مقدمة	4
2-تعريف النخلة	4
3-زراعة النخيل	5
4-توزيع النخيل في الجزائر	5
5- التمر	6
6- أصناف التمور	6
6-1 التمور اللينة	6
6-2 التمور الشبه الجافة	6
6- 3 التمور الجافة	7
6-4 دقلة نور	8
6- 5 الغرس	8
6- 6 دقلة بيضاء	8
6-7 التينيسين	8
6-8 الحشف	8
6-9 البلح	8
7- إستغلال التمور	9
8- إستغلال التمور الفاسدة	9
9- تركيبة التمور	9
9-1 السكريات	9
9-1-1 الجلوكوز	10
9-1-2 الفركتوز	10
9-1-3 السكروز	10
9-2 الألياف	10
9-3 الأملاح المعدنية	10
9-4 مضادات الأكسدة	11
9-5 الكربوهيدرات	11

6-9 البروتينات و الدهون	11
10- مشتقات التمور	12
10-1 دبس التمر	12
10-2 السكر السائل	12
10-3 عجينة التمر	12
10-4 التمر كمادة مضافة للأغذية	13
10-5 بعض مخلفات التمر في الصناعات الطبية و الصيدلانية	13
11- فوائد التمر	14
12- السكريات	15
13- تصنيف السكريات	15
13-1 السكريات الأحادية	15
13-2 السكريات الثنائية	15
13-3 السكريات المتعددة	16
13-4 السكريات المتعددة المتجانسة	16
13-5 السكريات المتعددة الغير متجانسة	16
14- أهمية السكريات في عملية التخمر	17
15- الخاتمة	17

الفصل الثاني :الكحولات و دراسة خاصة للإيثانول

1-مقدمة	19
2-تاريخ الكحولات	19
3-تاريخ الإيثانول	19
4-ماهو الإيثانول	20
5-التركيب الكميائي للإيثانول	21
6-خصائص الإيثانول	21
6-1 الخصائص الكميائية	21
6-2 الخصائص الفزيائية	22
7- استخدمات الإيثانول	23
8- أهم الدول المنتجة للإيثانول	24
8-1 الولايات المتحدة الأمريكية	24
8-2 البرازيل	26

9- أهمية الإيثانول	27
10- الخاتمة	27

الفصل الثالث: طرق إنتاج الإيثانول من التمر الفاسد

1-مقدمة	29
2-تحضير التمور الفاسدة	29
3-التخمر الكحولي	30
4-عملية التخمر الكحولي	30
5-الجزيئات المشاركة في عملية التخمر	30
6-دور الكائنات الدقيقة في عملية التخمر	31
7-أهم الكائنات الحية الدقيقة	32
8-البكتيريا و التخمر	32
8-1 بكتيريا حمض اللاكتيك	32
8-2 الاسيتوباكتر	33
8-3 بروبيوباكتريوم	33
9-أهمية الكائنات الحية الدقيقة	33
10-التقطير	34
11-أنواع التقطير	34
11-1 التقطير التجزيئي	34
11-2 التقطير البسيط	35
11-3 التقطير بالبخار	35
11-4 التقطير الفراغي	36
12-عملية التقطير	36
13-الإستخدامات	37
14- العوامل المؤثرة على استخلاص الإيثانول	38
15- الخاتمة	39

الفصل الرابع :طريقة إستخلاص الايثانول مخبريا

1-مقدمة	41

2خطوات العمل	41
2-1 تحضير العينة	41
2-2 تحضير محلول التمر	42
2-3 تحضير الخميرة	43
2-4 اضافة الخميرة النشطة	43
2-5 التخمير	43
2-6 الترشيح	44
2-7 التقطير	44
3-عرض النتائج و مناقشتها	45
3-1 درجة الكحول	45
3-2 حساب الكثافة	47
3-3 حساب الحجم الإيثانول النقي	47
3-4 حساب المردود	47
3-5 تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء	48
4-الأفاق المستقبلية	49
5- الخاتمة	49
6- الخلاصة العامة	51

قائمة الوثائق	
الشكل 1-1 : صورة توضح أجزاء النخيل	4
الشكل 1-2 : صورة لصنف تمر دقلة بيضاء	9
الشكل 1-3 : صورة لصنف تمر الغرس	9
الشكل 1-4 : صورة توضح بعض مشتقات التمر	13
الشكل 2-1 : مصباح غازي	20
الشكل 2-2 : صورة توضح التركيب الكيميائي للإيثانول	21
الشكل 2-3 : خريطة توضح اجمالي إنتاج الإيثانول حسب الولايات المتحدة الأمريكية	25
الشكل 3-1 : صورة توضح الكائنات الحية المخمرة	32
الشكل 3-2 : صورة توضح مراحل عملية التقطير بالبخار	35
الشكل 3-3: صورة لمراحل عملية التقطير	36
الشكل 4-1 : صورة للتمور الفاسدة قبل الطحن	41
الشكل 4-2 : صورة للتمور الفاسدة بعد الطحن	42
الشكل 4-3 : عصير التمر	42
الشكل 4-4 : صورة توضح خميرة نشطة بالسكر	43
الشكل 4-5 : مرحلة التخمير	44
الشكل 4- 6 : صورة لعملية الترشيح	44
الشكل 4-7:صورة لعملية التقطير بإستخدام جهاز التبخير الدوار	45
الشكل 4-8: جهاز alcohol meter	46
الشكل 4-9:طريقة القياس بجهازALCOHOL METER	46
الشكل 4-10: جهاز FTIR IN	48

قائمة الجدوال و الرسوم البيانية	
1-1 :يوضح أكثر المناطق إنتاج للتمور في الجزائر	4
2-1 : يوضح توزيع النخيل في الجزائر	5
3-1:يوضح أصناف وخصائص التمور وأماكن تواجدها	7
4-1: يوضح عدد أشجار النخيل وكمية انتاج التمور	8
5-1 :يوضح بعض العناصر المعدنية الموجودة في التمر	10
6-1 :يوضح العناصر الغذائية الموجودة في التمر	12
1-2 : يوضح الخصائص الفيزيائية للإيثانول	22
2-2 : يوضح الدول المادة الأولية المستخدمة في صناعة الإيثانول	24
3-2 : إنتاج الوقود السنوي من الإيثانول للولايات المتحدة الأمريكية	25
تمثيل بياني 2-4 :لإنتاج الإيثانول حسب البلد أو المنطقة	26
رسم بياني 2-5 : يوضح مقارنة لكثافة الكربون بين البنزين التقليدي و الإيثانول عام 2005	27
رسم بياني 4-1 : طيف الأشعة تحت الحمراء	49

مقدمة عامة

التمر هو أحد أهم المحاصيل الزراعية و الأساسية التي تتميز بها الجزائر وخاصة سكان المناطق الصحراوية بالإضافة إلى القيمة الغذائية التي يحتويها من فيتامينات و معادن و بروتينات و آلياف.

وتعد الجزائر من أكبر منتجي التمور في العالم بحوالي 11 مليون قنطار سنويا وهذا إن دل فإنما يدل على زخم ووفرة التمور في الجزائر وهذا راجع إلى المناخ الصحراوي في الجنوب وخاصة بسكرة الوادي وورقلة و تقرت و غيرها من الولايات الجزائرية

ويعد التمر المادة الخامة للعديد من الصناعات التحويلية التجارية التي لها مكانتها في السوق ومن أهمها الكحول السكر السائل العصير الخميرة وغيرها من المنتجات وهذا لإحتوائه على نسبة كبيرة من السكريات وهي الأساس لإنتاج الكحول الذي نحن بصدد دراسة كيفية إنتاجه

فالكحول المنتج من تخمر التمر يمكن إستخدامه في المجالات الطبية و العطور و الكيمياء الصناعية .....إلخ

يعتبر الإيثانول نوع من أنواع الكحولات أو ما يسمى بالكحول الإيثيلي الذي يمكن استخراجه من المواد الغذائية الغنية بالغلوكوز كالتمر في وجود درجة حرارة عالية ووسيط مثل الخميرة

وتوجد العديد من المواد الأولية لإنتاج التمر الإيثانول على غرار التمر كالذرة و العنب و قصب السكري .....

إلا أن الجزائر تزخر بالتمور فيمكن إستغلالها في إنتاج الكحول الإيثيلي هو الحل الأمثل للتخلص من بقايا التمور التالفة والغير صالحة للإستهلاك البشري إلى للإيستفادة منها وتحويلها إلى كحول ونساهم في إقتصاد دولتنا

الغاية من هذا العمل هو كيفية وطرق إستخلاص الإيثانول من التمورالفاسدة حيث قمنا بتقسيم العمل إلى 4 فصول :

الفصل الأول : دراسة نظرية حول التمور و السكريات

الفصل الثاني : الكحولات : دراسة خاصة للإيثانول

الفصل الثالث : طريقة إنتاج الإيثانول من التمر الفاسد

الفصل الرابع : طريقة العمل واستخلاص الايثانول مخبريا

الفصل الأول

دراسة نظرية حول التمور و السكريات

1- مقدمة :

ذكر النخل و التمر في القرآن في العديد من المواضع التي ينبغي لنا أن نتدبر خلق الله فيها حيث سنقوم في هذا الفصل بدراسة نظرية لنخيل و التمور وانتاج التمور في الجزائر و أنواع التمر وتركيبته و مستقاته وطرق استغلال التمر الفاسد منه وفوائده

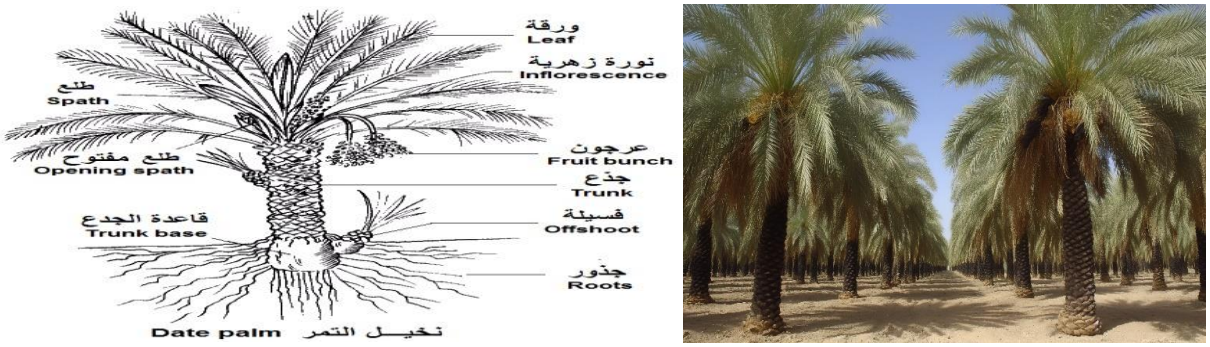
2- تعريف بالنخلة :

نخلة التمر سيدة الشجر عرفت زراعتها في عصور ماقبل التاريخ وورد ذكرها في بعض النصوص الأثرية انها الشجرة المقدسة التي يناطح سعفها السماء وتتعمق جذورها في الاغوار البعيدة في التربة وهي الشجرة التي يعتمد عليها العباد في رزقهم وهي بحق شجرة الحياة. وما يثبت قدم زراعة النخيل في المنطقة العربية هو ظهور كتابات ونقوش في وادي الرافدين والنيل تعود الى عدة الاف من السنين من قبل ميلاد السيد المسيح، وكانت النخلة مقدسة عند قدماء السومريين والبابليين والاشوريين والفراعنة ولعل من اهم الأدلة على قدسية شجرة نخلة التمر هي ورود ذكرها في الكتب السماوية والاحاديث النبوية الشريفة وقد حيا الله سبحانه وتعالى النخلة. فالنخلة مسخرة بأمره لعباده كمصدر خير وبركة. ومن الطريف ذكره ان النخلة تزود العباد بكل احتياجاتهم عدا الحبوب وقد ورد في القصيدة البابلية القديمة بان فوائد النخلة تقدر ب(365) فائدة، وفي مصدر اخر فقد احصيت فوائد اشجار النخيل بـ(800) فائدة

إن اصل شجرة نخلة التمر Phoenix dactylifera,L.غير معروف. ويعتقد انه جاء اما نتيجة طفرة بين نخلة الكناري(نخلةالزينة) . (Phoenix sylvestris.L)Sugar palm و Cannary palm (Phoenix cannariensis L

المنتشرة زراعتها في المناطق المحصورة بين غرب الهند وجزر الكناري في المحيط الأطلسي. او ان نخلة التمر نشأت من اصل بري و نتيجة الظروف البيئية والتهجين الطبيعي وتدخل الانسان في عمليات الانتخاب والتحسين ساعدت في الحصول على نخلة التمر بوصفها الحالي.

عموما تنتمي نخلة التمر) P.dactylifera L.) الى الرتبة النخيلية) Palmae) التي تعتبر من اهم واعظم الرتب في المملكة النباتية، وتضم عائلة النخيليات) Palmacae) التي تعتبر من اهم واشهر العوائل تحوي عائلة النخيليات اعدادا) Genus) النخيل، والتي تحوي بدورها على اكثر منً النباتية. مختلفة من اجناس (4200)نوع) Species) من النخيل [1]



الشكل 1-1 : صورة توضح أجزاء الشجرة

3-زراعة النخيل :

إن زراعة النخيل في الجزائر تغطي مساحة تقدر بحوالي 167 ألف هكتار لعدد من أشجار النخيل قدرت بأكثر من 18.6مليون نخلة و يقدر إنتاج التمور كل الأصناف بحوالي 990 ألف طن. إن المنا طق المشهورة بزراعة النخيل تقع غالبا في جنوب الأطلس الصحراوي وتغطي 17 ولاية (في الواقع 16 ولاية فقط إذا ما استثنينا ولاية المسيلة التي فقدت مؤهلاتها في زراعة النخيل) وتحتل ولاية بسكرة المرتبة الأولى بنسبة 27,4من حيث المساحة الإجمالية و23,1 بالمئة من مجموع أشجار النخيل و41,2 بالمئة من الإنتاج الوطني للتمور متبوعة بولاية الوادي على التوالي بنسبة 22بالمئة، و22,4 بالمئة و 25 بالمئة . وهاتين الولايتين تستحوذ لوحدهما على ثلثي (3\ 2)الإنتاج الوطني من التمور [2].

جدول1-1 :يوضح أكثر المناطق إنتاج للتمور في الجزائر

الولاية	الإنتاج (بالقنطار)	عدد أشجار النخيل	المساحة (بالهكتار)
بسكرة	4.077.900	4.315.100	42.910
الوادي	2.474.000	3.788.500	36.680
ورقلة	1.296.300	2.576.600	21.980
أدرار	910.300	3.799.000	28.330
غرداية	565.000	1.246.500	10.850
بشار	300.500	1.639.800	14.120
تمنراست	109.400	688.900	7.000
خنشلة	68.200	124.400	770
تبسة	20.500	61.800	820
الأغواط	16.200	37.300	320
إليزي	15.600	129.100	1.250
باتنة	14.000	28.700	190
البيض	10.300	63.900	640
النعامة	10.200	50.600	510
تندوف	8.400	45.200	430
الجلفة	6.800	10.100	100
المسيلة	0	0	0
المجموع	**9.903.600**	**18.605.100**	**166.900**

4-توزيع النخيل في الجزائر:

تجدر الإشارة في بداية هذه الفقرة إلى أن نخيل التمور يمر بمرحلة النمو ليصل بعدها إلى مرحلة العطاء، وإذا أخذنا سنة 2006 سنة الدراسة هذا المؤشر سنجد أن عموماً عدد النخيلات في طور العطاء قدّر بحوالي 60%. وإذا حللنا المسألة من زاوية نوع التمور المنتجة فإن النخيل المنتج لـ"دقلة نور "وهو في مرحلة العطاء قدّر بحوالي 62%، وهي تقريباً نفس النسبة العامة. أما من حيث توزيع النخيل تبعاً لنوع التمور المنتجة فإن النخيل المنتج لتمور "دقلة نور "تشكل قرابة 37% من مجموع النخيل الذي كان موجوداً بالجزائر خلال سنة 2006. أما النخيل في مرحلة العطاء فإن النخيل المنتج لـ"دقلة نور "في مرحلة العطاء قدّر بحوالي 39.% [3] [4]

جدول 1-2 : يوضح توزيع النخيل في الجزائر

البيان	المجموع		دقلة نور		التمور العادية		نسبة 2/1
الولاية	مجموع عدد النخيل(1)	عدد النخيل في طور العطاء	مجموع عدد النخيل(2)	عدد النخيل في طور العطاء	مجموع عدد النخيل	عدد النخيل في طور العطاء	
الوادي	3399089	2464864	2228708	1598454	1170886	866410	65.57
بسكرة	4030277	2390277	2433727	1240491	1596550	110105	60.39
أدرار	3639161	2228337			3639164	2228337	00
ورقلة	2256776	1776815	1216107	905941	1040669	870874	53.56
غرداية	1049000	696500	436000	252000	613000	444500	41.56

بشار	1301263	430175			1301263	430175	00
تمنراست	725574	159159			725574	159159	00
تبسة	94150	16300	67250	14700	26900	1600	71.43
اليزي	121766	30482	7282	716	114848	29766	5.98
خنشلة	101899	57632	40681	9007	61218	48625	39.92
البيض	67165	12950	2140	150	65025	12800	3.19
النعامة	48950	15250			45600	15250	00
باتنة	33550	20550	1800	500	31750	20060	5.37
الأغواط	15600	13440	16325	1300	29275	12140	35.80
تندوف	35806	500			35806	5000	00
الجلفة	8183	2463	5610	1850	2573	613	68.56
المجموع	16958212	10280194	6455562	4025109	10499237	5255404	38.07

5-التمر:

التمر مكانة خاصة في قلوب المسلمين فهو دواء و غذاء في آن واحد كما يعد من أطيب الأطعمة التي أوصى بها النبي صلى الله عليه و سلم الذي ذكر فوائده الصحية العديدة في آيات من القرآن الكريم وفي أحاديث نبوية صحية و كثيرة ويعتبر التمر من أكثر الفواكه إستهلاكا فهو غذاء طبيعي غني بالعناصر الغذائية ويتميز عن غيره من الأطعمة بمحتواه العالي من العناصر الغذائية الأساسية المفيدة للجسم

6- أصناف التمور :

1-6 التمور اللينة :

تؤكد ثمارها في مرحلة الرطب أو الخل، و تنشق القشرة الخارجية وحيث تحصد في مرحلة الخل في كثير من الأحيان. ينصح بشكل مصطنع والرطوبة عالية تصل إلى حوالي 30-24% أو أكثر، كمية السكروز منخفضة جدا و السكريات المختزلة عالية، والألوان كثيرة، و هذه الأصناف لا تصل إلى مرحلة الثمار. أي أن ثمارها تتساقط أو تفقد جزءاً من لحمها و الذي يتحلل في شكل سائل عند تشقق القشرة الخارجية.[8]

2-6 -التمور شبه الجافة:

تتميز أصناف هذه المرحلة بين الأصناف الرطبة و الجافة، تترك ثمار هذه المرحلة بعد المرحلة الرطبة، و تفقد جزءاً من رطوبتها و تصبح شبه صلبة. يمكن تخزينها دون الحاجة إلى مخازن مبردة، محتوى الرطوبة 18-24% و تختلف كمية السكر أو تساويها حسب نوع التمور أقل من السكريات الأحادية.[8]

3-6- التمور الجافة:

تكثر هذه الأصناف في المناطق ذات الحرارة المرتفعة و الرطوبة المنخفضة و خاصة في فترة نضج الثمار، محتوى الرطوبة هو 18-7% و يحتوي على نسبة عالية من السكروز، و التي تبلغ ضعف نسبة السكريات الأحادية. [8]



[5]

يوجد في الجزائر أنواع عديدة من التمور تختلف بإختلاف مكان غرسها توجد أغلبها في الأماكن الحارة و الجافة كما تختلف تسميتهم من منطقة إلى أخرى ويوضح الجدول التالي أهم الأنواع وخصائص كل نوع :[5]

جدول 1-3:يوضح أصناف وخصائص التمور وأماكن تواجدها

أصناف التمور	الخصائص
دقلة نور	نصف لينة
غرس	لينة
دقلة بيضاء	جافة
مش دقلة	جافة
تفزوين	لينة
بنت خبالة	لينة
آدالة	لينة
تيمجهورت	نصف لينة
حمراية	نصف لينة
تفزة	نصف لينة
أزرزة	نصف لينة
ورقلية	نصف لينة
تين ناصر	جافة
تقربوشت	نصف لينة

جدول 1-4: يوضح عدد أشجار النخيل وكمية انتاج التمور

الصنف	عدد أشجار النخيل	الإنتاج بالقنطار
دقلة نور	7194700	5249500
الغرس و شبيهاته	4192000	1928500
دقلة بيضاء وشبيهاته	7218400	2725700

[2]

4-6 دقلة نور :

تُعرف دقلة نور بأنها واحدة من أجود وأشهر أنواع التمور في العالم العربي، خاصة في الجزائر وتونس، حيث تلقب بـ"سيدة التمور" و"أصابع الضوء". تتميز بلونها الذهبي الشفاف وطعمها العسلي، وهي تُعد من المنتجات الزراعية الاستراتيجية في شمال إفريقيا، كما تُصدّر إلى مختلف أنحاء العالم.

اسم "دقلة نور" له جذور ثقافية ودينية. يُقال إن اسم "نور" يعود لامرأة صالحة تُدعى "نورة" توضأت في إحدى قرى توجرت الجزائرية، فنبتت نخلة في موضع ماء الوضوء، وسُمي نوع التمر الذي أثمرته بـ"دقلة نور". كما توجد روايات تربط اسم "دقلة" بنهر دجلة في العراق، مما يبرز تداخلاً ثقافيًا في تسمية النخيل والتمور.

تُنتج الجزائر أكثر من 4.7 مليون قنطار من التمور سنويًا، تشكل دقلة نور النسبة الكبرى منها، خاصة من ولايات بسكرة ووادي سوف. وهي مصدر دخل هام ومحور رئيسي في صادرات البلاد الزراعية.[6]

5-6 الغرس:

ويعتبر من التمور اللينة يتميز بطعمه الحلو الشبيه بالكراميل حيث يستخدم في صناعة الحلويات التقليدية وصناعة عجينة التمر كما يستخدم في صناعة بعض العصائر كما يحشى في أكياس ليبقى لفترة طويلة

6-6 دقلة بيضاء :

عبارة عن تمر جاف حلو المذاق وتسمى بهذا الإسم نسبة إلى لونها الفاتح

6-7التينيسين :

هو تمر أسود يتميز بحلوته المعتدلة مما يجعله الخيار الأمثل لمرضى السكري

6-8الحشف :

هو التمر الجاف واليابس منخفض الجودة لا يصلح للإستهلاك البشري عادة ما يقدم للمواشي ويعد هذا النوع من التمر المادة الرئيسية التي يتم إستغلالها في إنتاج نوع من أنواع الكحولات وهو الإيثانول

6-9 البلح:

ويأتي ألوان مختلفة مثل الأخضر و الأصفر و الأحمر يتميز بطعمه الحلو وله عدة فوائد
حيث يساعد البلح في دعم صحة القلب و الجهاز الهضمي ويعتبر غذاء مفيد للرياضيين بفضل محتواه العالي من السكريات الطبيعية



الشكل 1-2 : صورة لصنف تمر دقلة بيضاء



الشكل 1-3 : صورة لصنف تمر الغرس

7-إستغلال التمور :

كان إستغلال التمور في القدم يعتمد على امكانيات بسيطة وتقليدية وتحويلها إلى منتوجات محدودة الإستهلاك كالمشروبات و غيرها

ومع تطور التكنولوجيا أتيحت لنا امكانيات واسعة لتطوير الصناعات التحويلية للتمور والمساهمة في رفع القيمة اللإقتصادية لها تزخر الجزائر بتنوع كبير في أصناف التمور مما يجعلها خيارا مثاليا للإستثمار والإستغلال الأمثل لهذه التمور

8-إستغلال التمور الفاسدة :

يعد التمر الفاسد أو غير الصالح للإستهلاك عنصرا يمكن الأستفادة منه وهذا لإحتواه على نسب عالية من السكريات فهي تمثل مادة أولية في صناعة الإيثانول الحيوي

يساعد هذا الإستخدام على تقليل النفايات الزراعية ورفع قيمة الاقتصاد في الجزائر كما يعتبر مصدرا للطاقة المتجددة

9-تركيبة التمور :

يحتوي التمر على العديد من العناصر الغذائية التي يحتاجها الجسم في أداء وظائفه الحيوية من بين هذه العناصر :

1-9 السكريات :

إن السكريات (Sugars) هي مصدر رئيس من مصادر الطاقة التي يعتمد عليها الجسم في استمرار فعالياته الحيوية، وهي المكون الرئيسي للتمور، وتمثل 70% من الوزن الجاف للتمور منزوعة النوى، ويكفي 100 غ من التمر لإمداد الإنسان بـ 300 سعرة حرارية، وكان الناس قديماً يستعملون التمور كمصدر للسكر وليس مجرد فاكهة، حيث يقوم البعض بغلي التمر مع الشاي لعمل السكر أو مع اللبن لما يحتويه من سعرات حرارية عالية، فالتمور التي تكون نسبة الرطوبة فيها 20% تعطي 3000 كيلو سعرة حرارية / كغ من لحم التمر، وهذا يعود إلى محتواها العالي من السكريات التي تكون خليطاً من السكروز والجلوكوز والفركتوز، والنوعين الأخيرين ينتجان من تحلل السكروز، وهذا يعتمد على نشاط إنزيم الإنفرتيز، ولا يختلف تركيز السكريات الكلية في مرحلة التمر لمعظم الأصناف المعروفة عالمياً بالنسبة للوزن الجاف، وأهم سكريات التمور هي:

الجلوكوز:

يسمى سكر العنب ويوجد في جميع أنواع الفاكهة وكذلك الحبوب والبذور والأوراق والأزهار ويوجد في العسل وهو أحد المكونات الرئيسية للمولاس وينتج من تحلل نشا البطاطا بوجود الحامض والجلوكوز يدخل في تركيب النشا والسليلوز والهمي سليلوز والجلايكوجين والدكسترين والسكروز والمالتوز والرافينوز ويختزل إلى كحول سداسي الهيدروكسيل يسمى سوربيتول، الجلوكوز هو سكر الدم وأحد أهم مصادر طاقة الجسم والمنتج الرئيسي لعملية التركيب الضوئي ويدخل في العديد من الصناعات الغذائية والدوائية. وهو السكر السائد في التمور في مرحلة الرطب وهو الذي يمتص في الأمعاء وينقل عبر الدم إلى أجزاء الجسم المختلفة ليقوم بتغذية الخلايا وإمدادها بالطاقة

·الفركتوز

يسمى سكر الفاكهة ويوجد بشكل مشترك مع الجلوكوز وبنسب متساوية ويمثل 80% من عسل النحل ويدخل في تركيب سكر القصب ويوجد في الأجزاء الخضراء من النبات وفي رحيق الأزهار ونسبة الفركتوز إلى الجلوكوز تكون متساوية في التمور. وهو لا يحتاج الأنسولين عند استخدامه لإنتاج الطاقة ولا يسبب عبئاً على مرضى السكري الذين لا ينتج جسمهم الكمية الكافية من الأنسولين.

·السكروز

من السكريات الثنائية ويتألف من جزيئتين من السكريات الأحادية لذا يتحلل جزيء السكروز مائياً ليعطي جلوكوز وفركتوز، وإن جزيء واحد من كل منهما يتحد مع الآخر بذرة أوكسجين ليكونا جزيء من السكروز [7]

2-9 الألياف :

التمور مصدر مهم من مصادر الألياف حيث تحتوي على نسبة مرتفعة تصل إلى 10%، وكما هو معروف دور الألياف النباتية في الفعاليات الحيوية للجهاز الهضمي، ويمكن بسهولة هضم الألياف الخام الموجودة في التمور مثل (البكتين، والبروتوبكتين، والسليلوز والهيمي سليلوز).[7]

3-9 الأملاح المعدنية :

تعتبر التمور من المصادر الغذائية الهامة التي تحتوي على الأملاح المعدنية وهي منجم طبيعي غني بالعناصر المعدنية والفيتامينات، ومحتوى التمور من العناصر المعدنية يتغير مع تقدم الثمار نحو النضج، ويوجد أن نسبة العناصر في الثمار تتراوح بين 1.4–2.38% على شكل رماد، ويمثل الكالسيوم ما نسبته 2–4%، والمغنيسيوم 2–3%، والحديد 5–6 جزء بالمليون من وزن الرماد.

إن الدراسات التي أجريت على المحتوى المعدني للثمار قليلة، وقسمت العناصر على أساس كميتها في الثمار إلى ثلاث مجاميع:

الأولى: عناصر Na :، Cl، K، N.

الثانية: عناصر P :، S، Mg، Ca.

الثالثة: عناصر Fe ، Mn، Cu.

وعنصر الكالسيوم يعد من أهم العناصر التي تدخل في بناء هيكل النبات وبشكل خاص جدران الخلايا حيث يكون مع حامض البكتيك مركب بكتات الكالسيوم، وهي من مكونات الصفيحة الوسطى للخلايا النباتية، وللكالسيوم أهمية كبرى في تكوين أغشية الخلية، وهو ضروري لقيام جدار الخلية والأغشية البلازمية بوظائفها الطبيعية.

جدول 1-5 :يوضح بعض العناصر المعدنية الموجودة في التمر

العنصر	الكمية في كل ١٠٠ غرام تمر منزوع النوى
الكالسيوم	١٦٨ ملغ
الفسفور	١٣,٨ ملغ
البوتاسيوم	٧٩٨ ملغ
الكبريت	١٤,٧ ملغ
الصوديوم	١٠,١ ملغ
الكلور	٢٧١ ملغ
المغنيسيوم	٥٣,٣ ملغ
حديد	٥,٣ ملغ
منغنيز	٤,٩ ملغ
نحاس	٢,٤ ملغ
زنك	١,٢ ملغ
كوبالت	٠,٩ ملغ
فلور	٠,١٣ ملغ

[7]

4-9 مضادات الأكسدة :'

يمتلك التمر أعلى محتوى من مضادات الأكسدة أهمها :

- مركبات الفلافونويدات :

حيث تساهم في تقليل الإلتهاب وتقليل خطر الإصابة بالأمراض المزمنة مثل مرض السكري

- الكاروتنويدات :

تعزز من صحة القلب وتقلل من خطر الإصابة بأمراض العيون

- حمض الفينوليك :

يعرف بخصائصه المضادة للإلتهاب

5-9 الكربوهيدرات :

تشكل الكربوهيدرات (معظمها سكر) نسبة عالية من الوزن الجاف للتمر، وهي أعلى مما هو موجود في الكثير من الأغذية الأخرى، وتوجد السكريات في التمر كما أشرنا سابقاً على صورتين: سكريات أحادية متمثلة بالكلوكوز والفركتوز، وسكريات ثنائية (سكروز).

تمتاز السكريات الأحادية بأنها سريعة الامتصاص وسهلة التمثيل، فتذهب مباشرة إلى الدم فالعضلات لتمنحها القوة والنشاط، ولا يحتاج امتصاصها إلى عمليات هضمية وكيميائية حيوية معقدة، كما هو الحال في المواد الدهنية والنشوية الموجودة في الخبز والرز مثلاً.

كما أن سكريات التمر لا تنحصر فائدتها في منح الحرارة والقدرة والنشاط فحسب، بل إنها مدرة للبول، وتغسل الكلى وتنظف الكبد. ويحتوي كل 100 غم من التمور المنزوعة النوى على حوالي 80 غم من السكر، وإن احتواء التمور على هذه النسبة من السكريات جعلها تتميز بأنها من أغنى المواد الغذائية، وبالتالي تعد وقوداً من الدرجة الأولى.

6-9 البروتينات و الدهون :

فيما يتعلق بمحتوى التمور من البروتين والدهن، يلاحظ أن التمور تحتوي كميات قليلة من هذين العنصرين، في حين أن الحليب ومنتجاته تعتبر من الأغذية الغنية بها. لذا فإن تناول التمور مع الحليب يكون غذاءً متكاملاً يمكن أن يمد الجسم بكامل احتياجاته من العناصر الغذائية، وقد وعى سكان البوادي من العرب هذه الأهمية الكبيرة بخلط الحليب بالتمر، فاعتمدوه ولا يزالوا غذاءً رئيسياً لهم.

جدول1-6 :يوضح العناصر الغذائية الموجودة في التمر

العنصر الغذائي	النسبة	الوحدة	العنصر الغذائي	النسبة	الوحدة
ماء	40.050	غرام	منجنيز	0.3	ملغم
طاقة	489.500	كيلوغول	سيلينيوم	3.382	ميكروغرام
بروتينات	3.507	غرام	**فيتامينات**		
الدهون	0.801	غرام	ريبوفلافين	0.178	ملغم
ألياف	6.7	غرام	فيتامين ب6	0.342	ملغم
معادن			فولات	22.428	ميكروغرام

حديد	2.047	ملغم	فيتامين أ	89	ميكروغرام
كالسيوم	56.960	ملغم	فيتامين ه	0.178	ملغم
مغنيسيوم	54	ملغم	**أحماض أمينية**		
فسفور	71.200	ملغم	برولين	0.189	غرام
بوتاسيوم	696	ملغم	سيرين	0.117	غرام
صوديوم	5.340	ملغم			
زنك	0.516	ملغم			
نحاس	0.4	ملغم			

10 مشتقات التمور :

يمكن الاستفادة من التمور في التغذية، إما بالاستهلاك المباشر أو ضمن وحدات أخرى، وذلك عبر العمليات التصنيعية المختلفة. من أعلى منتجات هذه الصناعة تشمل: معجون التمر، الدبس، العصير، القهوة، الثمار المبردة والمجمدة، وثمار التخزين بالجو المعدل وغيرها.

1-10 دبس التمر :

الدبس هو المستخلص المركز لثمار التمور والذي يحتوي على المواد الذائبة وأهمها السكريات، وهو محلول مكثف يصل تركيز السكريات الكلية فيه إلى حدود 65–80%، ويتميز بنكهته المميزة التي تحمل رائحة ونكهة التمر. كما يحتوي الدبس على البروتينات والأملاح المعدنية والفيتامينات، ويتفاوت لونه (من الذهبي إلى الداكن) حسب صنف التمر، وظروف تخزين كل من التمور والدبس ذاته، بالإضافة إلى الظروف التصنيعية خاصة درجة الحرارة.[9]

2-10 السكر السائل :

السكر السائل عالي الفركتوز فهو محلول سكري كثيف القوام يتراوح تركيزه من 65 إلى 80%، يتكون أساساً من سكري الفركتوز والجلوكوز، إذ تتراوح نسبة الفركتوز من 42 إلى 90% من السكريات الكلية، ويكون شفافاً قليل اللزوجة بدرجة حلاوة أعلى من الجلوكوز والسكروز، وخالٍ من الأملاح أو ملوّنات خاصة تتطلبها بعض الصناعات الغذائية. ويُفترض استخدام التمور الرخيصة أو مخلفات التمور بالمصانع وتمور الدرجة الثانية لاستخلاص هذه المحاليل.[9]

3-10 عجينة التمر :

كما يمكن الاستفادة من مخلفات صناعات التمور كالدبس مثلاً في إنتاج العديد من الوجبات الأخرى عالية الألياف و منخفضة السكريات مثل عجينة التمور المتبقية من صناعة الدبس عبارة عن مواد صلبة غير ذائبة تتكون أساساً من مركبات كربوهيدراتية عالية الوزن الجزيئي مثل السليلوز والبكتين، فبدلاً من التخلص من هذه المنتجات الهامة في مصانع الدبس (انظر الشكل الجانبي لمخلفات أحد مصانع الدبس) يجب الاستفادة منها. للأسف هذه الممارسة تهدر كثيراً من الثروة الغذائية لم يتم الاستفادة منها حتى الآن. كذلك تم ترك هذه المخلفات لتسبب مشاكل بيئية.[9]

4-10 التمر كمادة مضافة في الأغذية :

كثير من الصناعات الغذائية يمكن أن يدخل بها التمر كمادة تحلية أو تغذوية بصورة مباشرة أو غير مباشرة مثل الايسكريم والبسكويت والحلويات المختلفة والكراميل وأغذية الأطفال والمشروبات المنكهة بالتمر، ناهيك عن إمكانية إحلال التمر ومشتقاته محل بعض الفواكه المستعملة حالياً في إنتاج كثير من المواد الغذائية[9]

5-10 بعض مخلفات التمر في الصناعات الطبية و الصيدلانية :

قشور التمر :

تم اكتشاف وجود مركبات الفلافونويدات والتي تعتبر من مضادات الأكسدة وكاسحات الجذور الحرة في قشور التمور من قبل د. محمد العبد(Al-Abid, 2003) ، ومن المعروف عن هذه المركبات فوائدها الطبية في أنها:

✓محفزات للقلب (تكفي كميات قليلة منه).

✓مضادات للفطريات والبكتيريا والفيروسات.

✓تساعد على المناعة ومقاومة السرطان.

✓تقوي جدران الأوعية الدموية.[9]

التمر في الصناعات التحويلية :

ويقصد بها منتجات مصنعة من التمور لاستخدامات صناعية (غير تغذوية)، وعادة تكون هذه المنتجات غير مناسبة للاستهلاك الآدمي، لذلك تحول للإنتاج الصناعي، ومن أمثلتها:

الكربون النشط: فقد أوضحت دراسة علمية للمركز القومي للبحوث بالقاهرة أن هناك إمكانية للاستفادة من نوى التمور في تحضير الكربون المنشط الذي يستخدم في عمليات تنقية ومعالجة مياه الصرف، وكذلك في عدد من العمليات الكيميائية للاستخلاص. وكذلك بعد عملية إزالة الدبس يمكن إجراء خطوات تحويله إلى السكر السائل عالي الفركتوز، وهذه مادة حيوية معاصرة غاية في الأهمية من الجوانب التصنيعية والغذائية، وعادة ما يتم تحويله إلى منتج كربوني عند درجات حرارة عالية (300–450°م)

وقود كربوني: مشابه للاستخدام الأول ولكن يمكن استخدام مخلفات الكربون في التدفئة.

لكحول الطبي: ويستخدم الإيثانول كمطهر وغير ذلك من استخدامات طبية.

الكحول الصناعي كطاقة كيميائية: حيث تعمل بعض الدول (مثل أمريكا واليابان) على إضافة الإيثانول إلى البنزين كمصدر من مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة بنسبة تصل إلى 10%. وهكذا فإن صناعة الإيثانول من مخلفات التمور سوف يكون له مردود اقتصادي واعد كمصدر من مصادر الطاقة [9]



الشكل 1-4 : صورة توضح بعض مشتقات التمر

11 فوائد التمور :

ذُكرت قيمة وأهمية التمر في القرآن الكريم في 20 آية من 17 سورة، كما ذُكر التمر بوصفه أحد ثمار الجنة. وفي السنة النبوية الشريفة، أوصى النبي محمد ﷺ بتناول التمر صباحًا، وأشار إلى فوائده الصحية وكونه نافعًا في الوقاية من العديد من الأمراض.

يسعى الجميع اليوم إلى اختيار الأغذية الصحية التي تحافظ على جودة الصحة، وتمنح الجسم الطاقة والقوة البدنية، مثل الخضروات والفواكه، بالإضافة إلى المشروبات الطبيعية الصحية التي تحسن الحالة الغذائية وتساهم في إطالة العمر. كما ينبغي للأشخاص الذين يتبعون نظامًا غذائيًا لإنقاص الوزن التركيز على اختيار الأطعمة البديلة منخفضة السعرات الحرارية وعالية القيمة الغذائية [10]

يُعد التمر من الفواكه اللذيذة ذات المذاق الحلو بسبب احتوائه على نسبة مرتفعة من السكريات (70–80%). وتمتاز السكريات الموجودة فيه بسهولة وسرعة هضمها واستقلابها، مما يسمح بدخولها سريعًا إلى مجرى الدم، فتكون مصدرًا فوريًا للطاقة للجسم. كما أن طبيعة الكربوهيدرات في التمر تؤدي إلى استجابة منخفضة لمؤشر السكر في الدم[11]

وتُعد ثمار التمر مخزنًا غنيًا بالعناصر الغذائية المختلفة، ويعود اختلاف تركيبها الغذائي إلى عوامل متعددة، مثل المنشأ، والبيئة، وطرق الزراعة، وظروف النمو، وأنواع الأسمدة المستخدمة. وقد أظهرت التحاليل التركيبية أن بذور التمر تحتوي على ألياف غذائية تسهم في تعزيز صحة الأمعاء والجهاز الهضمي عمومًا

كما أنها غنية بالعديد من المعادن المهمة بنسب جيدة، مثل البوتاسيوم (255.43 ملغم/100 غرام من الزيت)، الذي يعمل كإلكتروليت داخل الجسم ويرتبط بتنظيم أيض الصوديوم، مما يساعد على تنظيم عمل الأعصاب ونبضات القلب، إضافة إلى المغنيسيوم (62.78 ملغم)، والفوسفور (41.33 ملغم)، والكالسيوم (48.56 ملغم) لكل 100 غرام من الزيت. وتؤدي هذه المعادن دورًا أساسيًا في العمليات الحيوية والمحافظة على توازن الجسم[12]

وأشارت الدراسات إلى أن البوليفينولات والألياف والعناصر الدقيقة الموجودة في التمر تسهم في تقليل الإصابة بأمراض الأوعية الدموية عند تناول الثمار الكاملة أو مستخلصاتها، وذلك من خلال تحسين المؤشرات المرتبطة بصحة الأوعية الدموية، مثل مستويات الكوليسترول والدهون الثلاثية في الدم، إضافة إلى تقليل مؤشرات الإجهاد التأكسدي

كما يُتوقع أن تُحفّز المركبات النباتية المضادة للأكسدة الموجودة في التمر نشاط مضادات الأكسدة الإنزيمية وغير الإنزيمية،

مما يسهم في تقليل خطر الإصابة بالأمراض المزمنة.

كما يُستخدم في الطب التقليدي لعلاج قرحة المعدة، إذ يُعتقد أنه يحمي الغشاء المخاطي للمعدة من التأثير الضار لحمض المعدة، مما يحد من تطور القرحة الهضمية. ويُستخدم أيضًا لتعزيز الخصوبة، خاصة لدى النساء، فضلًا عن دوره في تقوية جهاز المناعة

ومن الناحية الصيدلانية، تُعد ثمار التمر مصدرًا ممتازًا للمواد الدوائية، إذ تحتوي على الستيرولات، والأنثوسيانينات، والفلافونويدات، والكاروتينات، والبروسيانيدينات، وهي مركبات نباتية فعالة ذات فوائد صحية عديدة. كما تتميز بقدرتها على مكافحة السرطان، والميكروبات، والطفرات الجينية، والالتهابات التي تصيب المعدة والكبد والكلى، إضافة إلى دورها الكبير في تعزيز الجهاز المناعي

وقد استُخدمت مستخلصات بذور التمر كمستحضرات صيدلانية، وأُشير إلى أنها مكملات غذائية تدعم جهاز المناعة في الجسم كما أثبتت الدراسات أن استهلاك منتجات التمر المصنعة لم يُظهر أي آثار سُمّية، ولذلك يُصنف التمر ضمن الأغذية الآمنة.[10]

لقد استُخدم التمر منذ العصور القديمة في الطب التقليدي، ولا يزال حتى اليوم من الخيارات العلاجية لدى كثير من الناس في حالات صحية مختلفة. وتشير الأدلة إلى أن تناول ثمار التمر بانتظام وإدراجها ضمن النظام الغذائي الصحي يُعد خيارًا جيدًا يساهم في تقليل خطر الإصابة بالعديد من الأمراض، وذلك لاحتوائها على مركبات مضادة للأكسدة تحارب الجذور الحرة والجراثيم والميكروبات، مما يساعد على المحافظة على الصحة العامة[13]

12 السكريات :

تعتبر ماءات الفحم مركبات حاوية على الفحم والهيدروجين والأوكسجين فقط، وذلك حسب الرمز العام (أو الصيغة العامة) CnH_2nOوهي تضم السكريات المعروفة والنشاء والسليلوز، بالإضافة إلى السكريات منقوصة الأوكسجين والسكريات الأمينية الحاوية على الأزوت حيث لا تنطبق عليها تلك الصيغة العامة. وتعتبر ماءات الفحم من الناحية الكيميائية ألدهيدات أو كيتونات عديدة الهيدروكسيل، فالغلوكوز الذي يعتبر أبسط السكريات وهو ألدهيد عديد الهيدروكسيل ويصطلح عليه بـ "Aldose"، أما الفركتوز فيعتبر كيتون عديد الهيدروكسيل أو ."Redose"[14]

والسكريات عبارة عن مواد عضوية تحتوي على الكربون والهيدروجين والأوكسجين، أي أن السكريات هي مركبات حاوية في تركيبها على مجموعة الألدهيد (HCO-) أو مجموعة كيتون (C=O) وعدد من الجذور الهيدروكسيلية "وظائف كحولية"، أما صيغتها العامة فهي CnH_2nOn حيث ($n \geq 3$) وهذه الصيغة العامة تشير إلى أن السكريات هي متحدات للكربون والماء (هيدرات)، غير أن هذه الصيغة لا تشمل كل أنواع السكريات لأنها لا تضم الذرات الأخرى مث.N,S :[15]

13 تصنيف السكريات :

13- 1 السكريات الأحادية :

وهي سكريات "ذات مذاق حلو وقابلة للذوبان ."وهي الوحدات البنائية الأساسية التي تتحد معًا لتكوين كربوهيدرات أكثر تعقيدًا. يشير مصطلح "أحادي "إلى واحد، بينما يشير مصطلح "سكري "إلى السكريات. جميعها لها الصيغة $(CH_2O)_n$ ، حيث يمكن

أن يكون n عددًا بين 3 و7. ويمكن حساب الصيغة الجزيئية لكل نوع من أنواع السكريات باستخدام الصيغة العامة (CH_2O) $_n$.

داخل الجزيئات البيولوجية، تُعرف الوحدات الفردية باسم المونومرات، والمونومرات المرتبطة معًا في سلاسل تُعرف باسم البوليمرات.

أكثر السكريات الأحادية شيوعًا هو الجلوكوز، وهو سكر سداسي الكربون صيغته الكيميائية . $C_6H_{12}O_6$ (n=6) يلعب الجلوكوز دورًا هامًا في نقل السكريات في الدم، وهو المصدر الرئيسي للطاقة في عملية التنفس الخلوي في الخلايا حقيقية النواة. يوجد الجلوكوز في شكل حلقي، وله متصاوغان يُسميان ألفا-جلوكوز وبيتا-جلوكوز، ويختلفان في موقع مجموعة الهيدروكسيل (OH-)في ألفا-جلوكوز، تقع مجموعة الهيدروكسيل أسفل ذرة الكربون رقم 1 في جزيء السكر، بينما في بيتا-جلوكوز، تقع مجموعة الهيدروكسيل أسفل ذرة الكربون [16]

13 – 2 السكريات الثنائية:

السكريات الثنائية هي تلك الكربوهيدرات التي عند تحللها بالأحماض أو الإنزيمات تعطي جزيئين من السكريات الأحادية والتي يمكن أن تكون متطابقة أو مختلفة

أكثر أنواع السكريات الثنائية شيوعًا هو السكروز الذي يعطي -D-(+) الجلوكوز و -D-(-)الفركتوز عند التحلل المائي. يرتبط كل من السكريات الأحادية، الجلوكوز والفركتوز، برابطة جليكوسيدية بين ذرة الكربون ألفا في الجلوكوز وذرة الكربون الثانية في الفركتوز . يُعد السكروز سكرًا غير مُختزل، حيث تشارك كلتا المجموعتين المُختزلتين في الجلوكوز والفركتوز في تكوين الرابطة [17]

السكروز:

بما أن السكروز ذو طبيعة يمينية الدوران، فإنه ينتج عند تحلله المائي جلوكوزًا يمين الدوران وفركتوزًا يساري الدوران. ويكون الخليط الكلي يساري الدوران، وذلك لأن دوران الفركتوز اليساري (-92.4) أكبر من دوران الجلوكوز اليميني.(+52.5) [17]

المالتوز:

المالتوز هو أحد السكريات الثنائية التي تتكون من وحدتين من-α-D جلوكوز، ترتبطان بذرة الكربون الأولى في جزيء الجلوكوز، وترتبطان أيضًا بذرة الكربون الرابعة في جزيء جلوكوز آخر. في المحلول، يمكن أن يتكون ألدهيد حر عند ذرة الكربون الأولى في جزيء الجلوكوز الثاني، وهو سكر مُختزل نظرًا لخصائصه المُختزلة.[17]

اللاكتوز:

يُعرف هذا السكر باسم سكر الحليب، إذ يوجد هذا السكر الثنائي في الحليب. ويتكون من بيتا-دي-جالاكتوز وبيتا-دي-جلوكوز. وترتبط ذرة الكربون الأولى في الجالاكتوز بذرة الكربون الرابعة في الجلوكوز. وهو أيضاً سكر مُختزل.[17]

13 – 3 السكريات المتعددة :

وتتألف هذه السكريات من عشرة الى عدة آلاف من السكريات الاحادية كوحدات بنائية في جزيئاتها الكبيرة Macromoleculesوالصيغة الوضعية لها هي $(C_6H_{10}O_5)_n$ ، فضلا عن جزيئات السكريات المتعددة لها أوزان جزيئية عالية ، وعند التسخين تصبح غروية. ويمكن تحليل السكريات الى سكريات بسيطة. ويمكن تقسيم هذه السكريات الى مجموعتين سكريات متجانسة و غير متجانسة [18]

13 – 4 السكريات المتعددة المتجانسة Homopolysaccharides :

التي تنتج نوعاً واحداً من السكريات الاحاديـــة عند تحللها وكأمثلة عليها : النشا Starch والكلايكوجين Glycogen والسليلوز Cellulose و الكايتينChitin

13 – 4 – 1 النشاء :

يعد من أهم مركبات الكاربوهيدرات الموجودة في الطبيعة وهو مخزون في النباتات إذ يكون تقريباً أكثر من 50% من مجموع الكاربوهيدرات التي يتناولها الإنسان ويوجد بشكل حبيبات نشوية تختلف بشكلها وحجمها حسب نوع ومصدر النشا . يتكون النشا من مكونين أساسين همـــا الأميلـوز Amylose وبنسبة 10-30 % والأميلوبكتين Amylopectin وبنسبة 70-90% ، ويكون كلا المكونين من وحدات بنائية من الكلوكوز لكن يختلفان في التركيب.[18]

13 – 4 – 2 كلايكوجين :

سمى الكلايكوجين بالنشا الحيواني وهو الخزين الكاربوهيدراتي في والعضلات للإنسان والحيوان ويتكون من وحدات من الكلوكوز وهو شبيه بالأميلوبكتين في النشا الاعتيادي أي انه يتكون من سلاسل متفرعة لكنه يختلف عن الأميلوبكتين بأنه أكثر تعقيداً او تفرعاً إذ يوجد تفرع في السلاسل لكل 8-10 وحدات كلوكوز ويختلف باختلاف الحيوان والنسيج وكذلك الحالة الفسيولوجية للحيوان. ويكون الوزن الجزيئي للكلايكوجين المستخلص من كبـد الجرذان تقريباً 5 X 108 دالتون على حين يبلغ الوزن الجزيئي للكلايكوجين المستخلص من عضلات الجرذان تقريباً 5 10 6 X دالتون[18]

13 – 4 – 3 السليلوز:

يعد هذا السكر من الكاربوهيدرات التركيبية المكونة للهيكل البنائي إذ يكون جدار الخلايا فضلاً عن اماكن اخرى من النباتات ويكون عادة مصاحباً للهيميسليلوز والبكتين واللكنين يوجد بصورة نقية تقريباً في ألياف القطن. يتكون السليلوز من سلاسل مستقيمة مـن وحـــدات الكلوكوز شبيه بالنشا لكن الاختلاف في الآصرة حيث ترتبط وحدات الكلوكوز في السليلوز بآصرة مـــن نوع بيتا إن السليلوز لا يتحلل بفعل الإنزيمات التي يفرزها الجهاز الهضمي في الانسان. لكن يمكن تحليله بوساطة الإنزيمات التي تفرزها البكتريا التي تعيش في الجهاز الهضمي للمجترات وهو احد مكونات الألياف Fiber في غذاء الإنسان.[18]

13 – 4 – 4 الكايتين:

الكايتين يعد أيضاً سكراً معقداً موجوداً في الغلاف الخارجي للحشرات والقشريات وهو شبيه بالسليلوز في النباتات. يتكون من سلسلة متكررة لسكر مشتق من الكلوكوز هو - أسيتيل - D - كلوكوز أمينacetyl-D-glucosamine [18]

13 – 5 السكريات المتعددة غير المتجانسة:Heteropolysaccharides :

وهي السكريات التي تنتج عنـــد تحللها أكثر من نوع واحد من السكريات الأحادية ومن هذه السكريات غير المتجانسة السكريات المخاطية (Mucopolysaccharides مثل حامض الهيالورونيك Hyaluronic acid والكوندرويتين Chonodroitinوالهيبارين (Heparin عن البكتين والمواد البكتينية[18]

13 -5 – 1 حامض الهيالورونيك:

يتكون من وحدات كلوكوز أمين D-Glucosamine عادة وحامض الكلوكيورونيك -Glucuronic acid وهو مركب يوجد في المفاصل بوصفه مادة مزيتة Lubricant والحبل السري Umbilical cord وكذلك في الجلد ويتواجد أيضاً في سم النحل وسم الأفعى وسم النحل[18]

13 – 5 – 2 الكوندرويتين :

وهو مركب شبيه بحامض الهيالورونيك لكن يختلف عنه بأنه يحتوي على السكر الأميني من نوع -D كالاكتوز أمين بدلاً من الكلوكوز أمين فـــي حامض الهيالورونيك فضلاً عن أن مركباته تحتوي على مجموعة الكبريتات ولهذا فانها تعد من المركبات المخاطية المكبّرتة. يوجد أكثر من نوع من هذه المركبات، منها مركب A ويوجد في قرنيـــة العـــين والغضاريف Cartilage ومركب B ويوجد في الأبهر Aorta والجلد وصمامات القلب Heart valves وهناك نوع آخر هو مركب C أيضاً موجود في الغضاريف والحبل السري وتختلف مع بعضها بعدد ومواقع ارتباط مجموعة الكبريتات في السكر.[18]

13 – 5- 3 الهيباريين:

وهو من الكاربوهيدرات المتعددة المخاطية المكبرتة ذات وزن جزيئي 17 كيلو دالتون، وتعد من المواد المانعة لتخثر الدم Anticoagulantsمن خلال منع تنشيط عوامل التخثر وبارتباطه بهم يعمل على تثبيط فعالية الثرومبين Thrombin ويوجد في الكبد والرئتين والطحال والدم. يعمل الهيبارين على زيادة تحرر إنزيمات اللايبيز Lipase ولذلك يعد أحـــد العوامل المساعدة Cofactor في فعالية هذه الإنزيمات.[18]

13 – 5 – 4 البكتين ومشتقاته:

تكون هذه المجموعة جزءاً من الألياف الغذائية والتي تشمل البكتينPectin وحامض البكتيك Petric acid والبروتوبكتين Protopectinوهي عبارة عن مشتقات لكاربوهيدرات متعددة غير متجانسة لها صفات غروية تكوّن الهلام Jel وتوجد في

النباتات ولاسيما قشور الفواكه مثل التفاح والحمضيات اذ تكون غنية بالبكتين وعادة تستخدم في صناعة المربيات والجلي بسبب قابليتها على زيادة لزوجة الناتج وتثخينه.[18]

14 أهمية السكريات في عملية التخمر :

يُعرف السكر بمذاقه الحلو الذي يُضفيه على أي طعام أو شراب، لكن معظم الناس لا يُفكرون في فوائده في عمليات إنتاج الغذاء الأخرى، وذلك بسبب تركيبه الكيميائي. فعندما تُحلل الخميرة جزيئات السكر، يتحول إلى إيثانول وثاني أكسيد الكربون.

والإيثانول هو الناتج النهائي اللازم لصنع المشروبات الكحولية التي نعرفها جميعًا، مثل النبيذ والبيرة، أو حتى الكومبوتشا وأطعمة أخرى مثل الكيمتشي. تخيل الخميرة ككائن حي دقيق يحتاج أساسًا إلى التغذية بالسكر. يمكنك التحكم في كمية الإيثانول المُنتجة من خلال كمية السكر المُضافة إلى الخميرة. وبمجرد وضعها في وعاء مُحكم الإغلاق، لا تحتاج العملية إلا إلى جزيئات الأكسجين الموجودة في السكر

يمكن استخدام أنواع عديدة من السكريات في عملية التخمير. يوجد نوعان رئيسيان من السكريات: السكريات الأحادية والسكريات الثنائية. يميل معظم صانعي الجعة والمشروبات الروحية إلى استخدام السكريات الأحادية، ولكن يمكن استخدام أي نوع من السكريات تقريبًا في التخمير، مع اختلاف النتائج في الطعم والقوام والملمس

15 الخاتمة :

يعتبر التمر من أهم المواد الغذائية حيث تبين من خلال الدراسات السابقة قيمة العناصر الغذائية التي يحتويها وفائدتها للجسم كما يعتبر مادة أولية في العديد من الصناعات التحويلية من بينها صناعة الإيثانول

الفصل الثاني

الكحولات

دراسة خاصة للإيثانول

الكحولات : دراسة خاصة للإيثانول

1-مقدمة :

يهدف هذا الفصل إلى التعريف بتاريخ الكحولات عامة وبالإيثانول خاصة حيث سنقوم بدراسة تاريخ الإيثانول وتركيبته الكيميائية مع ذكر خصائصه و طرق انتاجه واستخداماته كذا أهميته الاقتصادية وأهم الدول المنتجة له

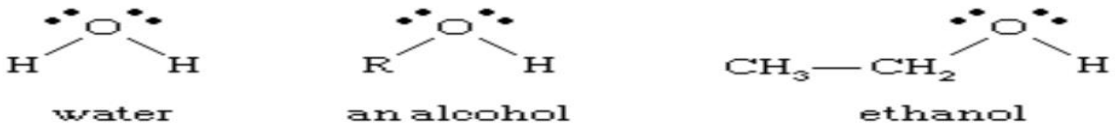
2-تاريخ الكحولات :

يعد الكحول أحد الإكتشافات الكيميائية التي تعود إلى عصور ما قبل التاريخ للبشرية حيث يعود تاريخ أقدم دليل أثري على صناعة النبيذ إلى حوالي 8000 عام تشير تحاليل الفخار وحبوب اللقاح والمخلفات الكيميائية التي تم التنقيب عليها من موقع في جورجيا إلى أن مجتمعا زراعيا كان يصنع النبيذ في وقت مبكر من 6000 عام قبل الميلاد [19]

أما الكحول النقي فتم الحصول عليه لأول مرة في الصين و الهند عن طريق التقطير فكانت أول طريقة إستخدموها هي تخمير الفواكه مثل التمر و العنب وغيرها و أنواع معينة من الحبوب مثل الذرى و الشعير فيتحول السكر الموجود فيها إلى إيثانول بفعل الخمائر وينطلق ثاني أكسيد الكربون على شكل فقاعات

الكحولات أو الكحول هو أي مركب عضوي يتميز بوجود مجموعة هيدروكسيل واحدة أو أكثر (OH) مرتبطة بذرة كربون في سلسلة الكيل

يمكن أن نعتبر أن الكحولات هي مشتقات عضوية للماء (H2O) إستبدلت فيها إحدى ذرات الهيدروجين بمجموعة ألكيل



تعد الكحولات من أكثر المركبات العضوية شيوعا وأكثرها إنتاجا في الصناعة وأشهر نوعين من الكحولات هما الإيثانول و الميثانول أو الكحول الأيثيلي و الكحول الميثيلي يستخدم الإيثانول في مستحضرات التجميل و الأدوية و الوقود كما يستخدم في المجال الطبي في تعقيم وتطهير الأدوات الطبية[20]

3-تاريخ الإيثانول :

استُخدم الإيثانول لأول مرة لتشغيل محرك في عام 1826، وفي عام 1876، استخدم نيكولاس أوتو، مخترع محرك الاحتراق

الداخلي الحديث رباعي الأشواط، الإيثانول لتشغيل محرك بدائي. كما استُخدم الإيثانول كوقود للإضاءة في خمسينيات القرن التاسع عشر، لكن استخدامه تراجع بعد فرض ضريبة عليه باعتباره مشروبًا كحوليًا للمساهمة في تمويل الحرب الأهلية. استمر استخدام الإيثانول كوقود بعد إلغاء الضريبة، ووُضع في سيارة هنري فورد موديل تي عام 1908. بدأ مزج الإيثانول مع البنزين لرفع رقم الأوكتان في عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين، وشهد طلبًا متزايدًا خلال الحرب العالمية الثانية بسبب نقص الوقود

بدأت صناعة الإيثانول الحالية في سبعينيات القرن الماضي عندما ارتفعت أسعار الوقود المشتق من البترول، وأدت المخاوف البيئية المتعلقة بالبنزين المحتوي على الرصاص إلى الحاجة إلى وقود ذي رقم أوكتان أعلى. وأصبح الذرة المادة الخام الرئيسية لإنتاج الإيثانول نظرًا لوفرته وسهولة تحويله إلى كحول. وساهمت الإعانات الفيدرالية والمحلية للإيثانول في استمرار إنتاجه عندما انخفضت أسعاره بالتزامن مع انخفاض أسعار النفط الخام والبنزين في أوائل ثمانينيات القرن الماضي. كما ساهم ذلك في ظهور "نموذج مينيسوتا "لإنتاج الإيثانول، حيث بدأ المزارعون بإنتاجه لزيادة قيمة محاصيلهم من الذرة (بيفيل، 2008). وكان نموذج مينيسوتا عبارة عن اتفاقية بين جهات محلية عامة وخاصة تعمل على إبقاء الأرباح داخل المجتمع من خلال توفير فرص العمل (وما يرتبط بها من فوائد اقتصادية للسكان) وإضافة قيمة للمنتجات الزراعية مع تعزيز المجتمعات الريفية. وشجع استخدام الإيثانول كمؤكسد للتحكم في انبعاثات أول أكسيد الكربون على زيادة إنتاجه طوال العقد وحتى تسعينيات القرن الماضي.

مع التخلص التدريجي من ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE) كمُؤكسد، والرغبة في تقليل الاعتماد على النفط المستورد وزيادة استخدام أنواع الوقود الصديقة للبيئة، ازداد الطلب على الإيثانول بشكل كبير. في عام 2005، صدر أول معيار للوقود المتجدد (RFS)كجزء من سياسة الطاقة في الولايات المتحدة (جمعية الوقود المتجدد، 2005أ). نصّ هذا المعيار على إنتاج أربعة مليارات جالون من الإيثانول في عام 2006، مع زيادة إلى سبعة مليارات ونصف المليار جالون بحلول عام 2012 (جمعية الوقود المتجدد، 2005أ). ومنذ ذلك الحين، ينص قانون استقلال الطاقة والأمن لعام 2007، الذي وقّعه الرئيس بوش، على زيادة استخدام الوقود المتجدد إلى 36 مليار جالون سنويًا بحلول عام 2022 (جمعية الوقود المتجدد، 2008ب). ينص معيار الوقود المتجدد الجديد الذي يوجه حاليًا السياسة الوطنية للإيثانول على أنه يجب إنتاج 15 مليار جالون فقط من حبوب الذرة (النشا) - أما الـ 22 مليار المتبقية فيجب أن تأتي من مصادر أخرى متقدمة وسليلوزية.[21]



مصباح غازي

الشكل 2-1 : مصباح غازي

م

4-ما هو الإيثانول :

كيميائياً هو الكحول الإيثيلي ذي الصيغة **(CH3CH2OH)** الذي ينتج بطريقة حيوية، وهو أحد الموارد المتجددة وبديل من بدائل الطاقة المستخدم في التقليل من الغازات والحد من ظاهرة الاحتباس الحراري، يعتمد إنتاجه أساساً على المواد الأولية المنتجة زراعياً، كالمحاصيل الغنية بالمواد السكرية والتي يمكن تحويلها بسهولة إلى إيثانول حيوي كالزنجبيل وقصب السكر والذرة والتمور وغيرها، أو المواد والمخلفات اللجنوسليلوزية بعد تفكيك البوليمرات المكونة لها سواء بالمعالجة الحامضية أو بالإنزيمات وتحويلها إلى سكائر بسيطة ثم بعد ذلك تُجرى عليها سلسلة من العمليات الحيوية لتحويل السكريات إلى إيثانول حيوي.[22]

5-التركيب الكيميائي للإيثانول :

الصيغة الكيميائية للإيثانول هي **C2H6O** ويمكن كتابة هذه الصيغة أيضا على النحو التالي :

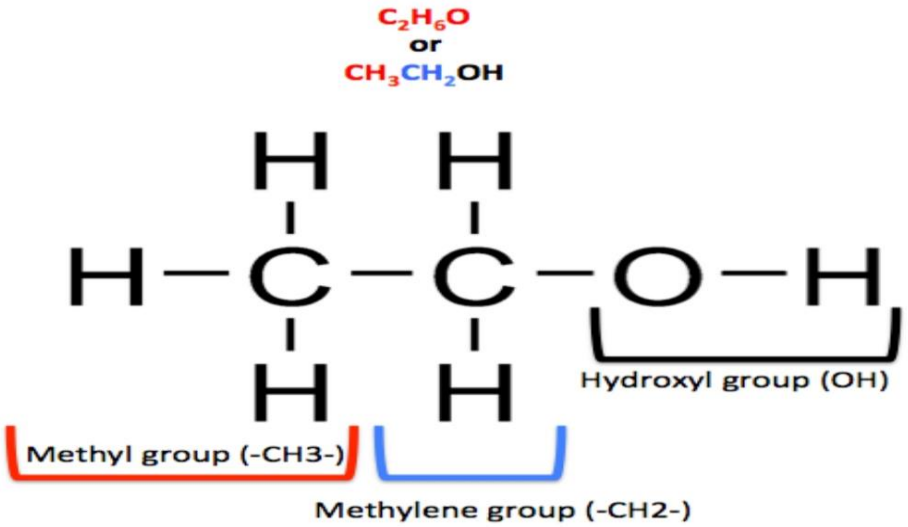
CH3CH2OHأو **C2H5OH** ويتكون من تسعة ذرات منها ذرتان كربون وست ذرات من الهيدروجين وذرة واحدة من الأكسجين

يوضح الشكل التالي التركيب الكيميائي للإيثانول حيث ينقسم الجزيئ إلى 3 أجزاء :

مجموعة الميثيل (Methyl group)

مجموعة الميثيلين(methylene group)

مجموعة الهيدروكسيل (hydroxyl group)



الشكل 2-2 :صورة توضح التركيب الكيميائي للإيثانول

6-خصائص الإيثانول :

1-6 الخصائص الكيميائية :

- في الظروف العادية يعتبر الإيثانول منتجا مستقرا له الخصائص العامة للكحولات الأولية (تفاعلات الأكسدة ، نزع الهيدروجين ، الأسترة)
- يمكن للإيثانول أن يتفاعل بقوة مع المؤكسدات القوية : مثلا يمكن أن يتفاعل مع حمض النيتريك HNO3 ليعطي METHYL NITRQTE و الماء وفق المعادلة التالية :

$$C_2H_5OH + 2HNO_3 \rightarrow 2CH_3ONO_2 + H_2O$$

- كما يمكن للإيثانول أن يتفاعل أيضا مع حمض البيركلوريك و البيركلورات و البيروكسيدات و ثالث أكسيد الكروم

الإحتراق :

يحترق الإيثانول في وجود الأكسجين وفق المعادلة التالية:

$$C_2H_5OH(L) + 3O_2(G) \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

تفاعلات الأكسدة :

حيث يتفاعل الإيثانول في وجود مؤكسد في وسط حمضي وفق المعادلة التالية :

$$C_2H_5OH + [OX] \rightarrow CH_3COOH + H_2O$$

2-6l الخصائص الفيزيائية :[23][24]

يعتبر الإيثانول مذيب جيد للأحماض

سائل عديم اللون

قابل للإشتعال

ذو رائحة مميزة

قابل للإمتزاج مع معظم المذيبات الشائعة

جدول2-1 : يوضح الخصائص الفيزيائية للإيثانول [25]

القيمة الحرارية	27.3 M/Kg
اللزوجة الديناميكية	1.2 Pa.s
الكثافة	794 Kg/ m^3
درجة التبخر	78.5 °c
الكتلة المولية	46.07g/mol
الذوبانية	يمتزج بالماء والبنزين
درجة حرارة التجمد	-114 °C
الرقم الاوكتاني RON	98.0

7-إستخدمات الإيثانول :[26]

7-1الإيثانول في صناعة الأغذية :

- يعتبر الإيثانول هو الكحول الوحيد القابل للإستهلاك من طرف الإنسان بشرط عدم تعديله أي التغير من خصائصه كما يشكل الإيثانول أو ما يعرف بالكحول الإيثيلي عنصرا أساسيا في المشروبات الكحولية مثل البيرة و النبيذ

- يستخدم الإيثانول كمذيب للملونات و النكهات الموجودة في الأغذية كما يستخدم في انتاج المستخلصات على سبيل الميثال يعتبر الإيثانول عنصرا شائعا في مستخلص الفانيليا التي تستخدم في الحلوى و الكعك و المخبوزات الأخرى

7-2 الإيثانول في مستحضرات التجميل و منتجات العناية الشخصية :

- يستخدم الإيثانول في مواد التجميل و العناية الشخصية لإحتواءه على ميزة مطهرة و فعالة في القضاء على الفيروسات و البكتيريا مما يجعله عنصرا أساسيا في معقمات اليدين و المطهرات و منتجات التنظيف و غسول الفم
- كما يستخدم الإيثانول كمذيب في صناعة العطور حيث يستخدم في إذابة الزيوت العطرية و المركبات العطرية الأخرى
- ويستخدم في إذابة الكريمات و مثبتات الشعر و طلاء الأظافر

7-3 الإيثانول في الرعاية الصحية :

- يحتوي الإيثانول على خصائص مطهرة لهذا يتم إستخدامه كمطهر في المستشفايات وفي مرافق الرعاية الصحية إذ يعتبر القضاء على البكتريا و الفيروسات الموجودة على أسطح المعدات أمرا مهما وضروريا للحفاظ على سلامة المرضى وخلق بيئة آمنة

7-4 الإيثانول في المستحضرات الصيدلانية :

- يشكل الإيثانول عنصرا مهما في العديد من المنتوجات الصيدلانية بما في ذلك الأدوية واللقاحات و المطهرات حيث يؤدي الإيثانول دورين أساسيين في عالم الصيدلة : أولا كمذيب حيث يعزز الإيثانول توزيع المكونات الدوائية النشطة مما يجعل توصيلها أكثر يسرا

- وثانيا كحافظ حيث يعمل الإيثانول حيث يعمل كعامل حفظ في اللقاحات و الأدوية الأخرى القابلة للحقن حيث يساهم في منع التلوث البكتيري

7-5 لإيثانول في الإنتاج الصناعي :

تتجلى كفاءة الإيثانول في تطبيقاته الصناعية المتنوعة حيث يعمل كمذيب في تصنيع الدهانات و الطلاءات و الأحبار وكذلك يدخل الإيثانول في انتاج العديد في في المواد الكيميائية مثل الإيثيلين وحمض الأسيتيك و أسيتات الإيثيل مما يجعله مكونا رئيسيا في العديد من الصناعات ومادة منتشرة على نطاق واسع

يستخدم الإيثانول كعامل تنظيف حيث يعمل على إزالة الزيوت و الشحوم و الملوثات الأخرى من الأسطح و المعدات ولهذا يدخل في صناعة الأجهزة و المكونات الإلكترونية

وأخيرا يمكن الإيثانول أن يحل محل الوقود الأحفوري في الغلايات الصناعية و محطات الطاقة مما يساهم في تقليل إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري

7-6 الإيثانول في الوقود :

يعتبر الإيثانول وقود متجدد ينتج من المحاصيل الزراعية فهو بديل مستدام و صديقا للبيئة للوقود الأحفوري الذي يساهم بشكل جوهري في تغير المناخ حيث يولد الإيثانول انبعاثات غازات دفيئة أقل أثناء استخدامه و انتاجه مما يجعل بصمته الكربونية أصغر من البنزين

الإيثانول يوظف في المقام الأول كمادة مضافة للوقود حيث يخلط مع البنزين بنسب متفاوتة

E85وE5

حيث تمثل E النسبة المئوية للإيثانول في الخليط من حيث الحجم على سبيل الميثال E85 يتكون من 85 % إيثانول لا مائي و 15 % من البنزين يعد E10 المزيج اللأكثر شيوعا في العديد من البلدان يستخدم E85 في المركبات المرنة التي تعمل بالبنزين و الإيثانول

يؤدي إضافة الإيثانول إلى البنزين إلى زيادة رقم الأكتان مما يعزز أداء المحركات ويقلل انبعاث الغازات المسببة للإحتباس الحراري

في البرازيل يستخدم الايثانول كوقود مستقل حيث يصنع من قصب السكر ويستخدم كوقود حيوي في المركبات

لإيثانول هو وقود متجدد يتميز بالإحتراق النظيف ويمكن أن يقلل من الوقود الأحفوري مما يؤدي إلى تقليل غازات الإحتباس الحراري

8-أهم الدول المنتجة للإيثانول :

تعتبر البرازيل و الولايات المتحدة الأمريكية من أكبر الدول المنتجة و المستهلكة للإيثانول وتعد الأخيرة المصدر الرئيسي للإيثانول الحيوي في العالم وتأتي الصين في المركز الثالث بإنتاج يبلغ عشر انتاج البرازيل أما في أوربا فتعتبر فرنسا من أكثر الدول استهلاكا و تصديرا

للإيثانول الحيوي

جدول 2-2 : يوضح الدول المادة الأولية المستخدمة في صناعة الإيثانول

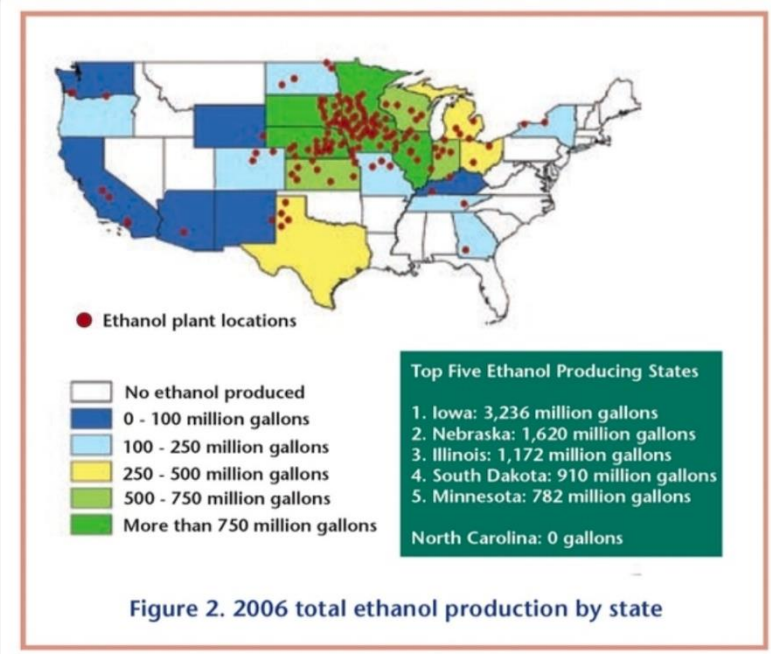
الدولة	المادة الأولية التي تستخدكها في إنتاج الإيثانول
البرازيل	قصب السكر
الولايات المتحدة الامريكية	الذرة
المانيا	القمح و الشمندر السكري
الصين	الذرة و الأرز
الهند	قصب السكر
جنوب إفريقيا	الذرة

8 – 1 الولايات المتحدة الأمريكية :

تنتج الولايات المتحدة وقود الإيثانول وتستهلكه أكثر من أي دولة أخرى في العالم. يعود فضل استخدام الإيثانول كوقود إلى هنري فورد، الذي صمم سيارته الأولى في عام 1896 «كوادريسيكل» لتعمل على الإيثانول النقي، ثم أنتج في عام 1908 فورد تي الشهيرة القادرة على العمل بالغازولين أو الإيثانول أو مزيج من الاثنين معًا. استمر فورد في الدفاع عن الإيثانول كوقود حتى أثناء الحظر. [27]

جدول2-3 : إنتاج الوقود السنوي من الإيثانول للولايات المتحدة الأمريكية

السنة	الإنتاج	الواردات	الطلب
2001	1,770	n/a	n/a
2002	2,130	46	2,085
2003	2,800	61	2,900
2004	3,400	161	3,530
2005	3,904	135	4,049
2006	4,855	653	5,377
2007	6,500	450	6,847
2008	9,000	556	9,637
2009	10,600	190	10,940
2010	13,230	10	13,184



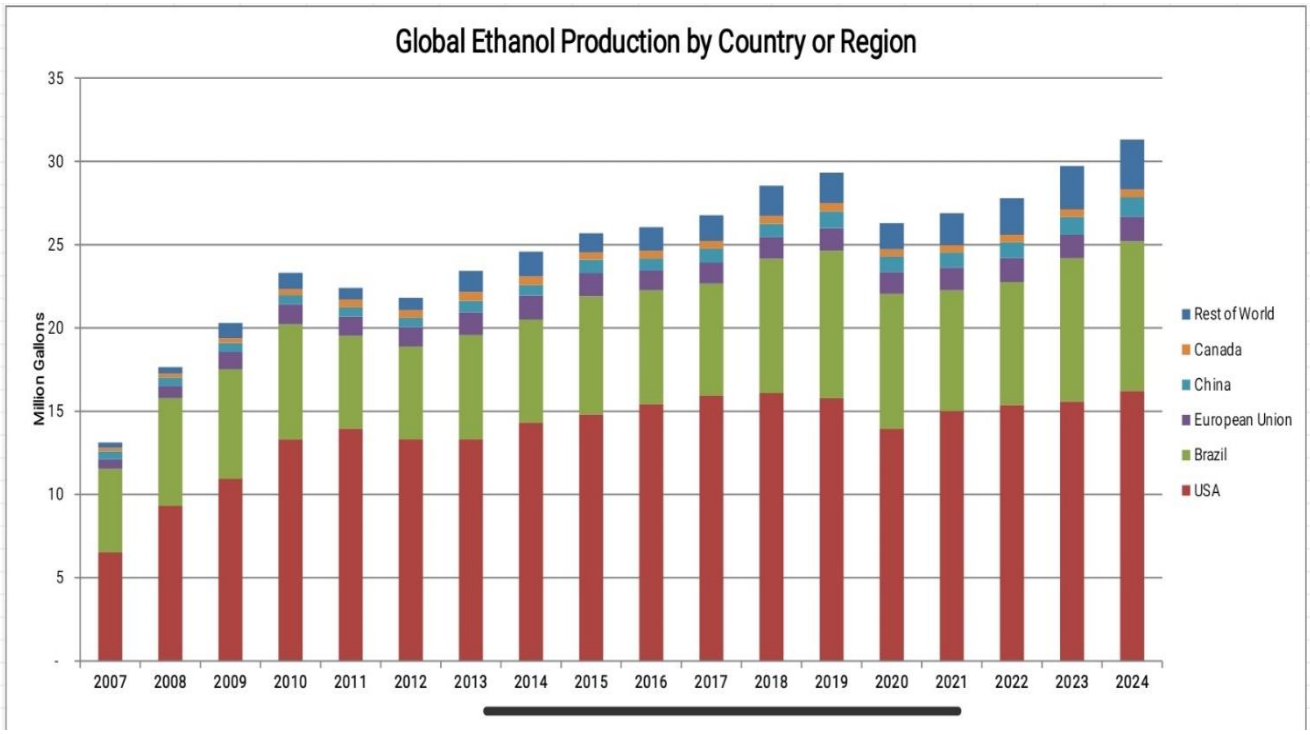
الشكل 2-3 : خريطة توضح إجمالي إنتاج الإيثانول حسب الولايات المتحدة الأمريكية

8 – 2 البرازيل :

تمتلك البرازيل أكبر برامج الوقود الحيوي في العالم وأنجحها، بما في ذلك إنتاج وقود الإيثانول من قصب السكر، وتعدّ أول دولة باقتصاد مستدام للوقود الحيوي في العالم. وفر الإيثانول البرازيلي في عام 2006 حوالي 18% من احتياجات استهلاك الوقود لقطاع النقل البري في البلاد، وأكثر من 50% من استهلاك الوقود لسوق البنزين بحلول أبريل 2008.[28][29]
[30]

وصلت البرازيل في عام 2006 إلى اكتفاء ذاتي حجمي في إمدادات النفط نتيجة لزيادة استخدام الإيثانول، واستغلال مصادر النفط في المياه العميقة المحلية، ولكنها لم تكتف ذاتيًا بشكل فعال، إذ أن معظم نفطها المستخرج محليًا هو نفط خام ثقيل. ظلت البرازيل أكبر منتج لوقود الإيثانول في العالم حتى عام 2005 عندما تجاوزتها الولايات المتحدة. أنتج كلا البلدين في عام 2011 حوالي 87.1% من وقود الإيثانول في العالم. أنتجت البرازيل في عام 2009 حوالي 27.5 مليار لتر (7.36 مليار غالون سائل أمريكي)، أي حوالي 35.9% من إجمالي الإيثانول العالمي المستخدم كوقود[31]

بلغ إنتاج وقود الإيثانول البرازيلي في عام 2011 حوالي 21.1 مليار لتر (5.6 مليار غالون سائل أمريكي)، بعد أن كان الإنتاج 26.2 مليون لتر (6.9 مليار غالون) في عام 2010. حدث نقص في الإمدادات لعدة أشهر خلال عامي 2010-2011 وارتفعت الأسعار إلى درجة أن وقود الإيثانول لم يعد مطلبًا لأصحاب المركبات ذات الوقود المرن، إذ خفضت الحكومة الحد الأدنى من مزيج الإيثانول في الغازولين لتقليل الطلب والحفاظ على أسعار وقود الإيثانول من الارتفاع، وبدأ استيراد وقود الإيثانول من الولايات المتحدة لأول مرة منذ تسعينيات القرن العشرين.[32]



تمثيل بياني 2-4 :لإنتاج الإيثانول حسب البلد أو المنطقة:

9 أهمية الإيثانول : [33]

حيث تكمن أهمية الإيثانول في :

9 -1 تحسين الإقتصاد في الريف :

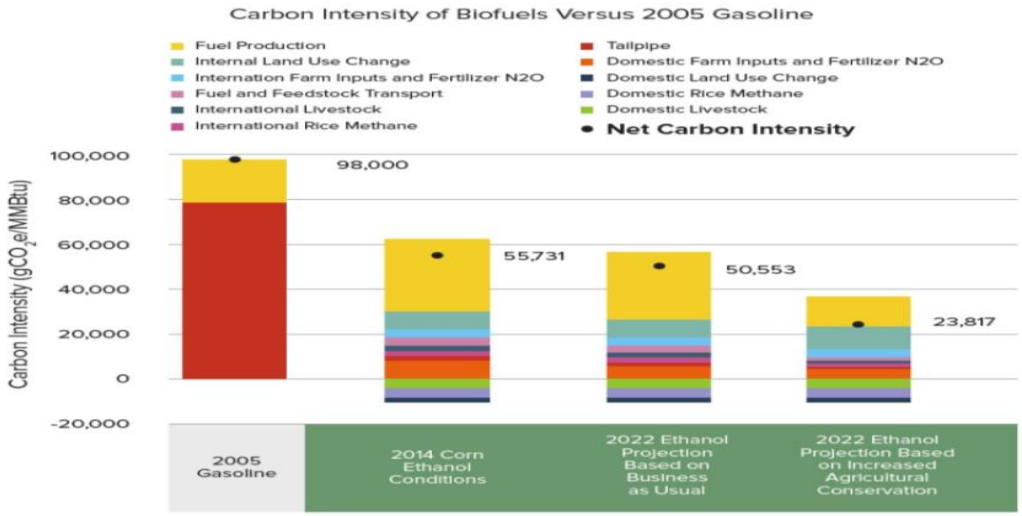
حيث توفر مصافي الإيثانول الحيوي وظائف تتطلب مهارات متقدمة و أجور مرتفعة في المجتمعات الريفية التي غالبا ما تواجه صعوبة في العثور على فرص عمل

يمثل انتاج الإيثانول و منتجات الأعلاف الثانوية سوقا ذات قيمة لهذه الثروة الزراعية حيث بحلول عام 2025 كان هناك أكثر من 79228 وظيفة في الولايات المتحدة مرتبطة بشكل مباشر بصناعة الإيثانول بالإضافة إلى 237292 وظيفة غير مباشرة و مستحدثة في مختلف قطاعات الاقتصاد حيث قد أسهمت هذه الصناعة بمبلغ 28 مليار دولار في دخل الأسر و حوالي 50 مليار دولار في الناتج المحلي الإجمالي للولايات المتحدة الأمريكية

9 – 2 من الناحية البيئية

يساهم الإيثانول في تقليل انبعاثات الكربون حيث يزيل ما يعادل إنبعاثات 12 مليون مركبة من الطريق سنويا في الوقت نفسه إنخفضت بشكل كبير الآثار البيئية لإنتاج الإيثانول فقد إنخفض إستهلاك الغاز الطبيعي و الكهرباء في مصانع الإيثانول الجافة بنسبة تقارب 40 % منذ عام 1995 بينما إنخفض إستهلاك المياه بمقدار النصف وقد زادت كمية الإيثانول المنتجة من كل وحدة قياس (بوشل)

الإيثانول يقلل من إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة تتراوح بين 44%و 52% مقارنة بالبنزين



رسم بياني 2-5 : يوضح مقارنة لكثافة الكربون بين البنزين التقليدي و الإيثانول عام 2005

9 – 3 تحقيق إستقلال الطاقة :

الإيثانول يمثل خيارا أرخص من البنزين التقليدي كما يقلل من الانبعاثات الضارة من المركبات وكذا يدعم فرص العمل ويحمي استقلالها في قطاع الطاقة

حيث في عام 2025 أسهم الإيثانول في تعزيز استقلال الطاقة في الولايات المتحدة حيث تم الإستغناء عن أكثر من 640 مليون برميل من النفط الخام المستورد

9- 4 في إنتاج الغذاء و الطاقة :

لا تقتصر مصافي الإيثانول على إنتاج الوقود بل تنتج أيضا الأعلاف الحيوانية عالية القيمة الغذائية مثل مخلفات تقطير الحبوب حيث يستخدم ثلث (بوشل) في هذه المصافي لإنتاج الأعلاف حيث تعد هذه الأعلاف المكون الأكثر طلبا في العالم نظرا لإنخفاض تكلفة التقطير وللقيمة الغذائية العالية

10-الخاتمة :

يتضح من خلال دراستنا في هذا الفصل أهمية الإيثانول حيث يعتبر مركبا متعدد الإستخدمات حيث تجعله خصائصه الكميائية مكونا أساسيا في منتجات العناية الشخصية و المذيبات و الوقود

الفصل الثالث

طرق انتاج الإيثانول من
التمر الفاسد

ت

1-مقدمة :

سنقوم في هذا الفصل بدراسة كيفية إنتاج الإيثانول من التمور التالفة وكيفية تحضيرها لعملية التخمر حيث تعتبر مرحلة التخمر هي المرحلة الأساسية لتحويل السكريات الموجودة في التمور إلى كحول ودور الكائنات الدقيقة في هذه العملية كما سنتطرق إلى دراسة نظرية لعملية التقطير وأنواعه وفي الأخير العوامل التي تؤثر على إنتاج الإيثانول

2-تحضير التمور الفاسدة : [34]

حيث تمر التمور الفاسدة بعدة مراحل لإستخلاص العصير و تهيئته ليصبح جاهز لعملية التخمير يمكن إختصارها في 6 مراحل :

2-1غسل التمور :

في هذه المرحلة تتم إزالة الأتربة و الشوائب بإستخدام ناقل مزود بأحواض ماء يسمى

Bucket conveyer

حيث تنقل التمور في الماء مع الرش لإزالة الشوائب و الـأوساخ

2-2عملية نزع النوى :

توضع التمور في آلة تتكون من أسطوانتين مجهزتين بأسنان أو شفرات حادة

تستخدم الأسطوانات لفتح التمر وفصل النوى عن التمر كما يمكن التعديل في المسافة بين الشفرات وهذا للتتناسب مع حجم التمر

2-3إستخلاص العصير :

توجد عدة أجهزة لإستخلاص العصير من التمر منها الأفقية ومنها العمودية حيث توضع التمور داخل أسطوانة

يضاف الماء الساخن للمساعدة على إذابة السكريات الموجودة في التمر

تتحرك التمور للأسفل بفعل الجاذبية مع التقليب أو الضغط

يتم فصل العصير من فتحات أو مصافي موجودة في الجهاز

الهدف من هذه المرحلة إنتاج عصير تمر مركز والإحتفاظ ببقايا التمر و النوى

2-54ترشيح العصير :

الهدف من هذه العملية هو الحصول على عصير نقي و متجانس حيث يتم تمرير العصير عبر مرشحات لإزالة الشوائب و الألياف و الجزيئات الصلبة

5-2 التجفيف :

وفي هذه المرحلة يتم تحويل اللب أو العصير المركز إلى آلات تجفيف بهدف تقليل محتوى الرطوبة و تحويله إلى منتج أكثر استقرارا و أسهل في عملية التخزين

6-2طحن النوى :

تهدف العملية إلى :

استخلاص بعض الزيوت

توفير أعلاف الحيوانات

كما يدخل في استخدامات صناعية أخرى

3-التخمر الكحولي :[35]

هي عملية يتم خلالها تحلل السكريات مثل الجلوكوز و السكروز و الفركتوز مما ينتج عنه إيثانول و ثاني أكسيد الكربون ونواتج ثانوية أيضية

يشار الى عملية التخمر الكحولي او تخمر الايثانول على انها عملية تنفذها الخميرة او بعض الكائنات الحية الدقيقة الأخرى مثل البكتيريا و الخميرة حيث تعمل الخميرة في ظروف

هوائية ولاهوائية أي في غياب الاكسجين

أثناء عملية التخمير الكحولي فان الخميرة تلجأ الى المسار اللاهوائي أي في حالة غياب الاكسجين وذلك ب :

نزع جزيء $co2$ من حمض البيروفيك مما ينتج عنه جزيء الأسيتالدهيد

إختزال الأستالدهيد إلى إيثانول

تستخدم عملية التخمير أيضا في صناعة الخبز و اللبن و المشروبات المخمرة كما تساعد في عملية حفظ الأغذية وتحسين الطعم و القيمة الغذائية

4-عملية التخمر الكحولي :[35]

حيث تبدأ هذه العملية في وجود السكر وتنتهي بالإيثانول و ثاني أكسيد الكربون ولفهم العملية يتم تقسيمها إلى سلسلة من الخطوات :

في المرحلة الأولى يتم تكسير الجلوكوز إلى جزيئين من حمض البيروفيك تسمى هذه العملية بالتحلل السكري

أما في المرحلة الثانية يتم تحويل جزئين من حمض البيروفيك إلى جزيئين من ثاني أكسيد الكربون و جزيئين من الإيثانول

يمكن كتابة معادلة التخمر الكحولي بالصيغة الكميائية التالية :

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$$

5-الجزيئات المشاركة في عملية التخمر الكحولي : [35]

5-1 البيروفيك :

البيروفات أو حمض البيروفيك هو حمض كربوكسيلي يستخدم لصنع الإيثانول يتم تكوين جزيئان منه عن طريق تكسير جزيء واحد من الجلوكوز تشارك كذلك نواقل الإلكترونات مثل NADH أيضا في هذه العملية

5 – 2 نواقل الإلكترون :

هي الجزيئات المسؤولة عن نقل الإلكترونات و الطاقة التي يتم إطلاقها أثناء التفاعل الكميائي

NAD هو ناقل الرئيسي للإلكترونات المشارك في هذه التفاعلات حيث يلتقط الإلكترونات خلال مرحلة تحلل الجلوكوز ويتم إختزاله إلى NADH يوفر هذا الشكل المختزل الإلكترونات أثناء تحويل حمض البيروفيك إلى إيثانول

معادلة تحلل الجلوكوز :

$$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ P_i + 2\ NAD^+ \rightarrow 2\ CH_3COCOO^- + 2\ ATP + 2\ NADH + 2\ H_2O + 2\ H^+$$

2 CH3COCOO− (pyruvate molecules)

2 NADH (acceptor molecule)

2 Pi (inorganic phosphate)

معادلة تحويل البيروفات إلى إيثانول :

يتم هذا التحويل في مرحلتين :

المرحلة الأولى :

تزال مجموعة الكربوكسيل من البيروفات وتطلق على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون ناتج هذا التفاعل هو الأسيتالدهيد

معادلة التفاعل االاول :

$$CH_3COCOO^- + H^+ \rightarrow CH_3CHO + CO_2$$

المرحلة الثانية :

يتم إختزال جزيء الأستالدهيد ينقل جزيء واحد من NADH الكترونه إلى الأسيتالدهيد مكونا الإيثانول يتم تجديد جزيء NAD خلال هذه العملية

معادلة التفاعل :

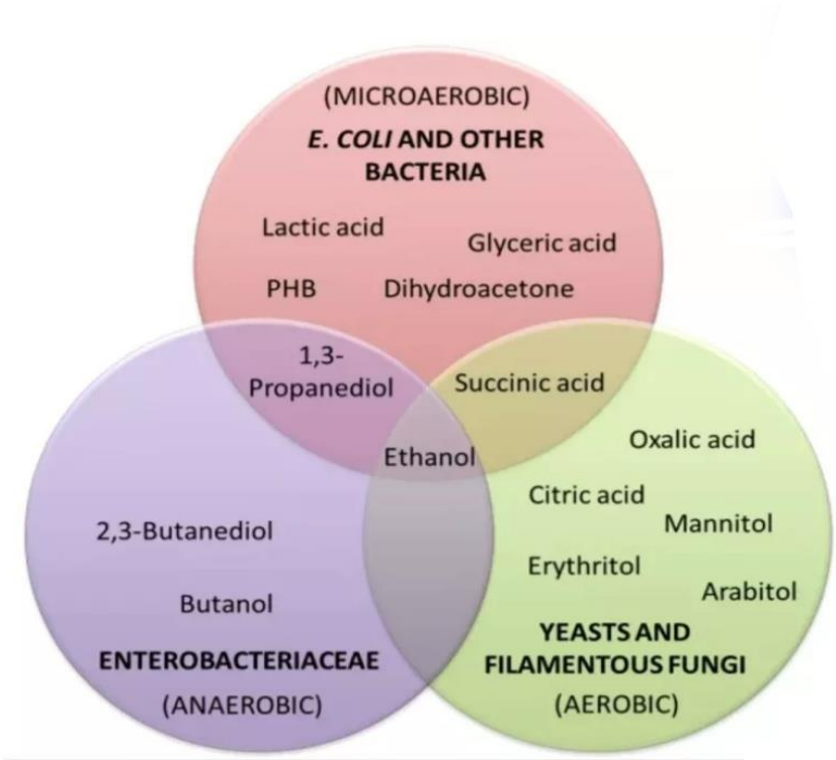
$$CH_3CHO + NADH + H^+ \rightarrow C_2H_5OH + NAD^+$$

6-دور الكائنات الدقيقة في عملية التخمير :

التخمير عملية طبيعية معروفة استخدمها الإنسان لآلاف السنين بهدف أساسي هو إنتاج المشروبات الكحولية، بالإضافة إلى الخبز ومشتقاته. من وجهة نظر كيميائية حيوية بحتة، يُعد التخمير عملية أيض مركزية يقوم فيها الكائن الحي بتحويل الكربوهيدرات، مثل النشا أو السكر، إلى كحول أو حمض. على سبيل المثال، تقوم الخميرة بالتخمير للحصول على الطاقة عن طريق تحويل السكر إلى كحول. كانت عمليات التخمير تحدث تلقائيًا قبل فهم العملية الكيميائية الحيوية فهمًا كاملًا. في خمسينيات وستينيات القرن التاسع عشر، أصبح الكيميائي وعالم الأحياء الدقيقة الفرنسي لويس باستور أول عالم يدرس التخمير، عندما أثبت أن هذه العملية تتم بواسطة خلايا حية. تُجرى عمليات التخمير لإنتاج النبيذ والبيرة وعصير التفاح تقليديًا باستخدام سلالات الخميرة Saccharomyces cerevisiae، وهي الخميرة الأكثر شيوعًا وتوفرًا تجاريًا. تشتهر هذه الخميرة بسلوكها التخميري وخصائصها التقنية التي تسمح بالحصول على منتجات ذات جودة موحدة ومعيارية. تنتج العديد من المنتجات الصناعية الهامة الأخرى عن التخمير، مثل الزبادي والجبن والخبز والقهوة. كما تلعب الخمائر دورًا رئيسيًا في معالجة مياه الصرف الصحي أو إنتاج الوقود الحيوي. من وجهة نظر كيميائية حيوية، يتم التخمير بواسطة الخمائر (وبعض أنواع البكتيريا) عندما يتحلل البيروفات الناتج عن استقلاب الجلوكوز إلى إيثانول وثاني أكسيد الكربون

الخمائر كائنات دقيقة حقيقية النواة تعيش في بيئات متنوعة، لا سيما في الماء والتربة والهواء وعلى أسطح النباتات والفواكه. ولعلّ البيئة الأخيرة هي الأكثر إثارة للاهتمام، إذ تتدخل الخمائر مباشرةً في تحلل الفاكهة الناضجة وتشارك في عملية التخمر. في هذه البيئة الطبيعية، تستطيع الخمائر القيام بعمليات الأيض والتخمر بكفاءة عالية، لتوافر العناصر الغذائية والمواد اللازمة لها . على المستوى الغذائي، لا تُعدّ الخمائر متطلبة بشكل خاص مقارنةً بكائنات دقيقة أخرى، مثل بكتيريا حمض اللاكتيك. ومع ذلك، فإن نموها يعتمد على وجود مركبات أساسية كالسكريات القابلة للتخمر والأحماض الأمينية والفيتامينات والمعادن، بالإضافة إلى الأكسجين. من الناحية المورفولوجية، تتميز الخمائر بتنوعها الكبير، حيث تُعدّ الأشكال الدائرية والإهليلجية والبيضاوية الأكثر شيوعًا. في الواقع، يُعدّ الفحص المجهري الوسيلة الأولى في عمليات التعرّف على الخمائر، يليه اختبارات أخرى أكثر دقة، كالاختبارات الميكروبيولوجية والكيميائية الحيوية. في المرحلة التالية، يشمل التصنيف التقليدي اختبارات أخرى أكثر تعقيدًا، مثل اختبارات تخمير السكريات واستيعاب الأحماض الأمينية كما يُعد إنتاج الإيثانول والأحماض العضوية وثاني أكسيد الكبريت، وتحملها، أدوات مهمة للتمييز بين الأنواع. تتكاثر الخمائر بشكل أساسي عن طريق التبرعم، مما ينتج

عنه خلية جديدة متطابقة وراثيًا. يُعد التبرعم أكثر أنواع التكاثر اللاجنسي شيوعًا، على الرغم من أن انشطار الخلايا سمة مميزة للخمائر التي تنتمي إلى جنس .Schizosaccharomyces تؤدي ظروف النمو التي تُسبب نقصًا في المغذيات، مثل نقص الأحماض الأمينية، إلى تحفيز التبوغ، وهي آلية تستخدمها الخمائر للبقاء على قيد الحياة في الظروف القاسية. نتيجةً للتبوغ، تعاني خلايا الخميرة من التباين الوراثي. في عمليات التخمير الصناعية، يُنصح بالتكاثر اللاجنسي للخمائر لضمان الحفاظ على النمط الوراثي والحفاظ على سلوك تخمير مستقر لا ينبثق منه لأطول فترة ممكنة. على المستوى الأيضي، تتميز الخمائر بقدرتها على تخمير طيف واسع من السكريات، من بينها الجلوكوز والفركتوز والسكروز والمالتوز والمالتوتريوز، وهي سكريات سائدة موجودة في كل من الفاكهة الناضجة والحبوب المصنعة. إضافة إلى ذلك، تتحمل الخمائر البيئات الحمضية ذات قيم الأس الهيدروجيني التي تبلغ حوالي 3.5 أو أقل [36]



الشكل 3-1 :صورة توضح الكائنات الحية المخمرة

7-أهم الكائنات الحية الدقيقة :

البكتيريا : لها القدرة على القيام بتخمر حمض اللاكتيك و إنتاج حمض الأسيتيك

الخميرة : تستخدم في إنتاج الكحول

الفطريات : يستخدم في إنتاج الأحماض

8- البكتيريا و التخمر :

دائما ما يكون مذاق بعض الأطعمة حامضا أو تكون بعض المضادات الحيوية فعالة وهذا راجع إلى بكتيريا التخمير

هذه البكتيريا لها القدرة على تحويل السكريات إلى منتجات ثانوية معينة :

8 – 1 بكتيريا حمض اللاكتيك :

تلعب بكتيريا حمض اللاكتيك دورًا محوريًا في الفوائد الصحية للألبان ومنتجات الألبان المخمرة. توجد هذه البكتيريا بشكل طبيعي في بعض منتجات الألبان، أو تُضاف كبادئ تخمير، أو كمكونات/إضافات جديدة لتعزيز خصائصها، لا سيما قدرتها على تعزيز البروبيوتيك، على الرغم من وجود بعض الجوانب غير الواضحة. بكتيريا حمض اللاكتيك هي مجموعة من البكتيريا التي توجد غالبًا في منتجات الألبان المخمرة، وتشمل أجناسًا مثل العصيات اللبنية، واللاكتوكوكوس، والبيديوكوكوس، والمعوية، والعقدية [37]. معظم البكتيريا المستخدمة كمُعززات حيوية تنتمي إلى أنواع بكتيريا حمض اللاكتيك، وتحديدًا جنس العصيات اللبنية (مثل العصيات اللبنية الحمضية، والعصيات اللبنية المخمرة، والعصيات اللبنية الكازية، والعصيات اللبنية الريوتيرية، والعصيات اللبنية الرامنوسية، والعصيات اللبنية الهيلفيتيكية، والمكورات اللبنية، والعصيات اللبنية المقرمشة، والعصيات اللبنية الجاسيرية، والمكورات اللبنية النباتية) وجنس المكورات المعوية (مثل المكورات المعوية البرازية والمكورات المعوية البرازية) [38]. ونظرًا لاستخدام بادئات بكتيريا حمض اللاكتيك لسنوات عديدة في تخمير الأغذية والحليب، تُعتبر هذه البكتيريا عمومًا "آمنة بشكل عام" (GRAS) [39].

تُعدّ مصادر الحليب المستخدمة (نوع الحيوان، النظام الغذائي، العمر، إلخ) وعمليات تصنيع الأغذية (درجة الحرارة، ظروف التخزين، إلخ) من أهم العوامل المؤثرة على القيمة الغذائية لمنتجات الألبان. إضافةً إلى ذلك، تُعدّ أنواع البروبيوتيك المستخدمة في التخمير من العوامل التي تؤثر بشكل مباشر على القيمة الغذائية لمنتجات الألبان المخمرة [40]. تُصنّف البروبيوتيك عمومًا إلى ثلاث مجموعات: البروبيوتيك التقليدية القائمة على بكتيريا حمض اللاكتيك، والبروبيوتيك غير القائمة على بكتيريا حمض اللاكتيك، وبروبيوتيك الجيل الجديد. على الرغم من استخدام كائنات دقيقة أخرى في منتجات الألبان المخمرة، إلا أن بكتيريا حمض اللاكتيك تحتل مكانةً بارزة. تشمل منتجات الألبان الرئيسية التي تُستخدم فيها بكتيريا حمض اللاكتيك: الحليب المخمر، والزبادي، وحليب الأطفال، والجبن، والزبدة والقشدة، والآيس كريم [41،42]. تُعتبر منتجات الألبان عمومًا مصادر غذائية أساسية لبكتيريا حمض اللاكتيك كبروبيوتيك، والتي يمكن أن توجد بشكل طبيعي أو تُضاف لاحقًا [43].

8 – 2 الأسيتوباكتر :

تنتمي بكتيريا حمض الخليك (AAB) إلى عائلةAcetobacteraceae ، التي تضم عدة أجناس وأنواع. تُصنف حاليًا إلى تسعة عشر جنسًا، تشملAcetobacter :، وAcidomonas، وAmeyamaea، وAsaia، وBombella، وCommensalibacter، وEndobacter، وGluconacetobacter، وGluconobacter، وGranulibacter، وKomagataeibacter، وKozakia، وNeoasaia، وNeokomagataea، وNguyenibacter، وSaccharibacter، وSwaminathania، وSwingsia، و Tanticharoenia[44] وتنتمي الأنواع الرئيسية المسؤولة عن إنتاج الخل إلى أجناس

Acetobacter، وGluconacetobacter، وGluconobacter، وKomagataeibacter، وذلك لقدرتها العالية على أكسدة الإيثانول إلى حمض الخليك ومقاومتها العالية لحمض الخليك المُفرز في وسط التخمر [45 .46] ...الأنواع الأكثر شيوعًا في إنتاج الخل تشملAcetobacter aceti ، Acetobacter cerevisiae، Acetobacter malorum، Acetobacter oeni، Acetobacter Pasteurianus، Acetobacter pomorum، Gluconacetobacter entanii، Gluconacetobacter liquefaciens، Gluconobacter oxydans، Komagataeibacter europaeus، Komagataeibacter hansenii، Komagataeibacter intermedius، Komagataeibacter medellinensis، وKomagataeibacter oboediens، وKomagataeibacter xylinus [47.48]

8 – 3 بروبيونيباكتريوم :

عنصر أساسي ضروري للإنسان في العديد من العمليات الفيزيولوجية. يُستخلص هذا الفيتامين من مصادر حيوانية، مما يُصعّب على النباتيين الحصول على الكمية الموصى بها يوميًا. وقد تم تسليط الضوء على أهمية فيتامين ب12 في إنتاج خلايا الدم الحمراء، وتخليق الحمض النووي، ووظائف الدماغ. وقد بحثت دراسات حديثة في طرق مختلفة لإنتاج فيتامين ب12، مثل التخمر الميكروبي. وأظهرت بكتيريا بروبيونيباكتيريوم شيرماني وبكتيريا الزائفة النازعة للنيتروجين إمكانات ملحوظة كمصادر مُخمرة لفيتامين ب12. وبالمقارنة مع المصادر التقليدية، فإن التوافر الحيوي لفيتامين ب12 المُنتَج بواسطة هاتين البكتيريتين أكثر فعالية في تلبية الاحتياجات الغذائية. ويمكن لبكتيريا بروبيونيباكتيريوم شيرماني إنتاج فيتامين ب12 طبيعيًا، فهي تمتلك الإنزيمات والمسارات الأيضية اللازمة لإنتاج هذا الفيتامين الحيوي. كما أن تخمير العديد من المواد الغذائية بواسطة بكتيريا بروبيونيباكتيريوم شيرماني يُحسّن من التوافر الحيوي للعناصر الغذائية. تُنتج بكتيريا P. shermanii إنزيمات أثناء التخمر تُساعد في تكسير العناصر الغذائية المعقدة، مما يُسهّل امتصاصها واستخدامها من قِبل الجسم [49]

9-أهمية الكائنات الحية الدقيقة في عملية التخمر :

حفظ الطعام :

حيث تؤثر الأحماض التي تنتجها على البكتيريا الضارة فتمنع نموها

تطوير النكهة :

تساعد الكائنات الحية الدقيقة على نقل النكهات وقوام محدد إلى المواد المضيفة مثل الخبز من خلال العجن أو التخمير

الفوائد الصحية :

بعض أنواع البكتيريا مثل بكتيريا حمض اللاكتيك تدعم الأمعاء وتعزز جهاز المناعة في الجسم

التطبيقات الصناعية :

في إنتاج الوقود الحيوي و البلاستيك الحيوي والفيتامينات و مجموعات أخرى

10 - التقطير :

التقطير عملية كيميائية لفصل مكونات خليط سائل عن طريق الغليان وجمع الأبخرة المتكثفة. يستخدم الكيميائيون التقطير لتنقية المركبات في المحاليل أو لفصل مخاليط المواد المذابة. على سبيل المثال، تختلف درجات غليان المركبات المختلفة، مما يعني أن المركب الأكثر تطايرًا يتبخر عند درجة حرارة أقل من المركب الأقل تطايرًا. يُعد التقطير عملية معروفة في الصناعة الكيميائية لفصل المخاليط السائلة، إذ يُمثل حوالي 95% من جميع عمليات فصل السوائل.[50] في هذه العملية، توجد قوة دافعة كبيرة لانتقال الكتلة والحرارة بين أعلى وأسفل عمود التقطير، مما يُساهم في فقدان كبير للطاقة. في ظل هذا الوضع، فإن أي مساهمة في خفض استهلاك الطاقة باستخدام تقنيات موفرة للطاقة لن تُحسّن الجدوى الاقتصادية فحسب، بل ستُحسّن أيضًا الرفاه الاجتماعي والبيئي [51؛ 52؛ 53؛54] من المهم ملاحظة أن التقطير ليس تفاعلًا كيميائيًا، ولكنه يُمكن اعتباره عملية فصل فيزيائية. في عملية التقطير التقليدية، تُضخ كمية كبيرة من الطاقة في المُسخّن، ويُهدر معظمها في المُكثّف. يُمكن لعملية التقطير بالضغط الحراري المتغير (VRHP) رفع مستوى الطاقة لتلبية متطلبات الطاقة عالية الجودة.

يُمكن تقليل استهلاك الطاقة في عملية التقطير بالضغط الحراري المتغير (VRHP) بشكل ملحوظ نظرًا لكفاءتها الديناميكية الحرارية العالية وانخفاض كمية الحرارة الخارجية المُدخلة[55]. تُمثل عمليات الفصل ما يقارب 50-70% من الطاقة المُستخدمة في صناعة المواد الكيميائية على نطاق واسع [56]

11-أنواع عمليات التقطير :

من المفاهيم الخاطئة الشائعة أن كل مكون في خليط سائل عند ضغط معين يغلي عند درجة الغليان الموافقة لهذا الضغط، وأن أبخرة كل مكون تتجمع بشكل منفصل ونقي. إلا أن هذا لا يحدث حتى في النظام المثالي. تخضع نماذج التقطير المثالية أساسًا لقانوني راؤول ودالتون، وتفترض الوصول إلى حالة توازن بين البخار والسائل. عندما يصل ضغط البخار الكلي إلى الضغط المحيط بالسائل، يحدث الغليان ويتحول السائل إلى غاز في معظمه. يكون النموذج المثالي دقيقًا في حالة السوائل المتشابهة كيميائيًا، مثل البنزين والتولوين. في حالات أخرى، تُلاحظ انحرافات كبيرة عن قانوني راؤول ودالتون، وأشهرها في خليط الإيثانول والماء

التقطير تقنية شائعة الاستخدام لتنقية المخاليط السائلة عن طريق غليها ثم تكثيف أبخرتها، مما يسمح بفصل مكوناتها بناءً على درجات غليانها. يُمارس التقطير منذ القدم، ويلعب دورًا محوريًا في العديد من الصناعات، بما في ذلك صناعات البترول والبتروكيماويات والأدوية. يقوم مبدأه الأساسي على تسخين السائل إلى درجة غليانه، وتحويله إلى بخار، ثم تبريد البخار لجمعه كسائل - تُمكّن هذه العملية من عزل المكونات الفردية من المخاليط بكفاءة عالية.

توجد أنواع مختلفة من التقطير، مثل التقطير البسيط والتقطير التجزيئي والتقطير الفراغي، ولكل منها استخدامات ومخاليط مختلفة. على سبيل المثال، يُعد التقطير التجزيئي مفيدًا بشكل خاص لفصل السوائل ذات درجات الغليان المتقاربة، بينما يُخفض التقطير الفراغي درجات الغليان عن طريق تقليل الضغط، مما يجعله مثاليًا للمواد الحساسة للحرارة[57]

11-1التقطير التجزيئي :

في التقطير التجزيئي، يُغلى مزيج من السوائل، فتصعد الأبخرة الناتجة عبر أنبوب زجاجي يُسمى "عمود التقطير التجزيئي" وتنفصل. يوضع عمود التقطير التجزيئي بين القارورة الحاوية على المزيج ومحول "Y"، ويُملأ عادةً بخرز زجاجي أو بلاستيكي، مما يُحسّن فصل السوائل المُقطّرة. يُؤدي التقطير التجزيئي إلى فصل أفضل من التقطير البسيط، لأن الخرز الزجاجي في عمود التقطير التجزيئي يُشكّل "أسطحًا نظرية" تتكثف عليها الأبخرة، ثم تتبخر، ثم تتكثف مرة أخرى، مُقطّرةً المزيج بشكل متكرر. يُعادل كل سطح نظري دورة تبخير وتكثيف واحدة، وهي تُعادل عملية تقطير بسيطة واحدة. تتحرك السوائل الأكثر تطايرًا تدريجيًا نحو أعلى عمود التقطير التجزيئي، بينما تبقى السوائل الأقل غليانًا في الأسفل، مما يُحسّن فصل السوائل. يصل البخار في النهاية إلى المكثف، حيث يبرد ثم يتقطر في وعاء التجميع. توجد عدة طرق لتصنيف الأجزاء المفيدة المستخلصة من النفط الخام. إحدى الطرق العامة هي تقسيمها إلى ثلاث فئات: أجزاء خفيفة، ومتوسطة، وثقيلة. تتكثف المكونات الأثقل عند درجات حرارة أعلى وتُزال من أسفل العمود. أما الأجزاء الأخف فتستطيع الصعود إلى أعلى في العمود قبل أن تبرد إلى درجة حرارة تكثفها، مما يسمح بإزالتها من مستويات أعلى قليلاً [57]

11-2 التقطير البسيط :

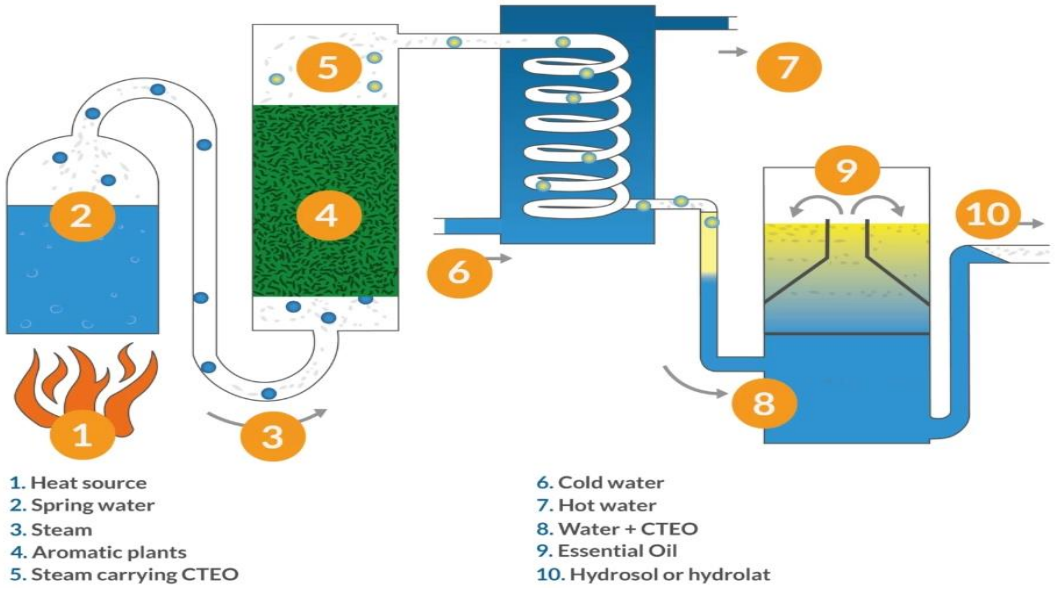
التقطير البسيط هو أحد أبسط عمليات التقطير، حيث تُبخر المادة الرئيسية المراد تنقيتها مع الشوائب عند درجة حرارة مرتفعة، ثم يُنقل البخار الناتج إلى وعاء، حيث يتكثف عند درجة حرارة منخفضة[58]. ويعود تأثير التنقية إلى اختلاف التركيب بين الخليط السائل المراد فصله والبخار المتوازن معه. عادةً ما يُقيّم تأثير الفصل نظريًا باستخدام معادلة رايلي [59؛60]. ويُحدّ من تطبيق هذه المعادلة شرطُ المزج الكامل للسائل.

تحدث هذه الخطوات الثلاث في آنٍ واحد وتعتمد على بعضها البعض في نظام مغلق للتبخير والتكثيف. يتحدد معدل التبخير في هذا النظام بدرجات حرارة التبخير والتكثيف، والمقاومات الهيدروليكية لحجرتي التبخير والتكثيف والأنبوب الواصل بينهما [61]

11-3 التقطير بالبخار :

التقطير بالبخار عملية تهدف إلى تنقية أو فصل أو عزل المركبات الحساسة للحرارة، مثل المركبات العطرية الطبيعية. يُضاف البخار أو الماء إلى جهاز التقطير، وبفضل خصائص السوائل غير القابلة للامتزاج، يمكن إجراء العملية عند درجات حرارة منخفضة (أقل من درجة تحلل المكونات). تتم هذه الطريقة بتمرير بخار ساخن عبر الخليط المُسخن قليلاً لتبخير جزء منه. يتكثف البخار عند تقطير المركبات العضوية لأنها غير قابلة للامتزاج. بعد غلي السائل غير القابل للامتزاج باستخدام البخار، يضمن البخار عدم تجاوز درجة حرارة المركبات درجة غليانها [62]، وبالتالي يمكن جمع البخار

المتكثف. يتكون السائل الناتج من طورين: المركب العضوي والماء المقطر. ينفصل هذان المركبان نظرًا لخصائص السوائل غير القابلة للامتزاج، ويمكن فصلهما فيزيائيًا عن طريق التصريف أو باستخدام قمع الفصل. تُستخدم هذه الطريقة عمومًا لعزل الزيوت العطرية من المنتجات الطبيعية (زيت الكافور من الكافور، وزيت الحمضيات من قشر الليمون أو البرتقال، إلخ)، والتقطير بالبخار في مصافي البترول لفصل المركبات العضوية [63] وتُستخدم المنتجات المصنعة باستخدام التقطير بالبخار على نطاق واسع في صناعة العطور والكولونيا، وكذلك في بعض مواد الطهي.



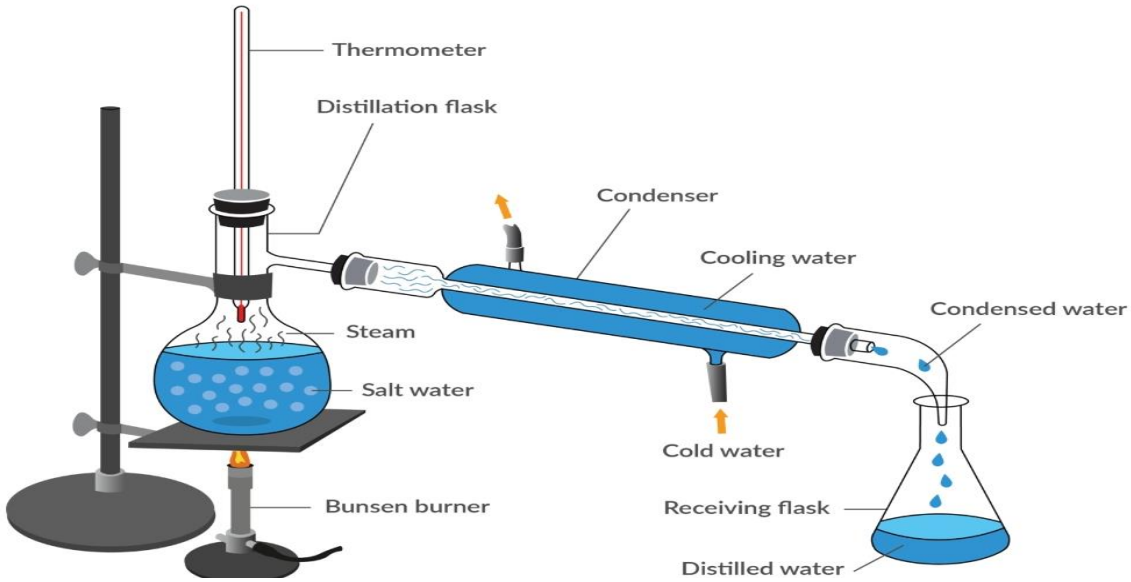
الوثيقة 3-2: صورة توضح مراحل عملية التقطير بالبخار [65]

4-11 التقطير الفراغي :

التقطير الفراغي هو تقنية تُستخدم لفصل المكونات ذات درجة الغليان العالية من النفط الخام. وتتشابه النظرية والعملية الأساسية مع تلك المستخدمة لفصل المكونات الأخف في عملية التقطير الجوي. ويكمن الفرق بين هاتين الطريقتين الفيزيائيتين للفصل في أن التقطير الجوي يتم تحت الضغط الجوي، بينما يتم التقطير الفراغي عند ضغط منخفض للغاية، مما يُخفض درجة غليان المادة. وبالتالي، يمكن غلي المكونات ذات درجة الغليان العالية عند درجات حرارة أقل، دون خطر التكسير. وتكون أبراج التقطير الفراغي أقصر بكثير من أبراج التقطير الجوي لتقليل فرق الضغط من الأعلى إلى الأسفل. وعمومًا، يتراوح الضغط المستخدم في التقطير الفراغي بين 50 و100 ملم زئبق، على الرغم من أن بعض أنواع زيوت التشحيم قد تتطلب ظروف تشغيل بضغط أقل. وعادةً ما تُقسم المكونات المستخلصة من عملية التقطير الفراغي إلى زيت غاز، وزيت تشحيم، وأسفلت. إن الجمع بين عمليات التقطير الجوي والتقطير الفراغي هو خطوة أولى مهمة في تحويل النفط الخام إلى منتجات مفيدة وذات قيمة اقتصادية [64]

12-عملية التقطير :

تتضمن عملية التقطير الخطوات التالية: التبخير، والتكثيف، ونقل المادة المُبخرة من منطقة التبخير إلى منطقة التكثيف. تحدث الخطوات الثلاث جميعها في آنٍ واحد وتعتمد على بعضها البعض في نظام مغلق للتبخير والتكثيف. ويتحدد معدل التبخير في هذا النظام بدرجات حرارة التبخير والتكثيف، والمقاومات الهيدروليكية لحجرتي التبخير والتكثيف والأنبوب الواصل بينهما



الوثيقة 3-3: صورة لمراحل عملية التقطير [65]

❖ **تحويل السائل المطلوب من خليط إلى بخار :**

تعتمد هذه المرحلة على تسخين جزيئات السائل المراد تقطيره مما يؤدي إلى تحفيز تبخره فمثلا درجة غليان الإيثانول الذي نحن بصدد دراسته هي 78,37 درجة مئوية هذا يعني أنه لا ينبغي السماح لمزيج التمر المخمر الذي يحتوي على كمية كبيرة من الماء بالغليان عند 100 درجة مئوية أي درجة غليان الماء وإلا سيتبخر الماء مع الإيثانول فيجب الحفاظ على درجة الحرارة عند درجة غليان الإيثانول

❖ **تبريد البخار و تكثيفه :**

يمر البخار المتحصل عليه في المرحلة الأولى عبر أنبوب به ماء بارد يسمى مكثف يعمل المكثف على تقليل من درجة حرارة البخار مما يؤدي إلى تحوله من حالته الغازية إلى حالته السائلة ويعاد توجيهه إلى دورق على شكل قطرات

❖ **تجميع السائل المكثف :**

وهي المرحلة الأخيرة حيث يجمع السائل المكثف في وعاء إما لتخزين أو للمعالجة
قد يحتوي الناتج النهائي على بعض الشوائب وللحصول على ناتج أكثر نقاء فمن الضروري القيام بعملية تقطير أخرى

13- **الإستخدمات:**

13 – 1 الماء المقطر:

يُعدّ الحصول على مياه نظيفة وعذبة مشكلة رئيسية تواجه العالم اليوم. في الدول المطلة على المحيط، يُستخدم تحلية مياه البحر أحيانًا لتوفير مياه الشرب. يُعدّ التقطير أحد الطرق الرئيسية المستخدمة لتنقية مياه البحر، وهو فعال نظرًا لأن الأملاح والكائنات الدقيقة والمكونات الأخرى لمياه البحر غير متطايرة. تتمثل العيوب الرئيسية لتقطير المياه في أن العملية تتطلب كمية كبيرة من الطاقة، وإذا لم يتم تصميمها بشكل مبتكر، فقد تشكل الجدوى الاقتصادية عائقاً كبيراً أمام استخدام هذه الطريقة. غالباً ما تُستخدم الحرارة المنبعثة من محطات توليد الطاقة لتوفير الطاقة اللازمة لتقطير مياه البحر، وتعتمد المملكة العربية السعودية وإسرائيل بشكل أساسي على محطات توليد الطاقة ومعامل التقطير المتصلة ببعضها البعض للحصول على ما يقارب نصف المياه العذبة اللازمة لبلديهما [66]

13 – 2 العطور:

كان من أوائل استخدامات التقطير صناعة العطور، والتي بدأت حوالي عام 3500 قبل الميلاد. تُستخلص روائح النباتات والأعشاب المختلفة من خلال ما يُعرف بالزيوت العطرية، والتي يمكن استخلاصها عن طريق التقطير. إلا أن العديد من النباتات العطرية تميل إلى التحلل عند درجات الحرارة العالية، لذا فإن فصلها بالتقطير التقليدي غير عملي. في هذه الحالات، يُمرر البخار عبر المادة النباتية لاستخلاص الزيوت العطرية دون حرق الخليط. ثم يُجمع البخار ويُكثف كما في التقطير التقليدي [67]

13 – 3 المنكهات الغذائية:

المنكهات هي مواد تُغير أو تُحسّن طعم الطعام، ويمكن إنتاجها بالتقطير. تتكون من مجموعة متنوعة من المركبات الطبيعية والمصنعة، وقد تتكون من مادة كيميائية واحدة، ولكنها في الغالب تكون مخاليط معقدة من المركبات. وتشمل أنواعها: مواد النكهة الطبيعية (المستخلصة من مواد خام نباتية أو حيوانية)، ومواد النكهة المطابقة للطبيعة (المُصنّعة أو المعزولة من خلال عمليات كيميائية)، ومواد النكهة الاصطناعية (غير الموجودة في منتج طبيعي مُعدّ للاستهلاك البشري، أو التي لم يُعالج المنتج)[68] [69]

13 – 4 المنتجات البترولية:التقطير هو أكثر تقنيات الفصل استخدامًا في صناعة البترول

13 – 4 – 1 البنزين:

البنزين وقود يكون سائلًا في خزان الوقود وفي حاقنات الوقود (أو المكربن في المحركات القديمة)، ويُبخّر بالهواء قبل حقنه في غرفة الاحتراق. البترول خليط من مركبات عضوية تحتوي على عنصرين فقط [الكربون والهيدروجين]. يتسرب النفط طبيعيًا إلى باطن الأرض عبر الصدوع والشقوق في الصخور، ويتراكم مكونًا القطران والأسفلت وبرك القار.

13 – 4 – 2 الديزل:

الديزل أي وقود يُستخدم في محركات الديزل. يُنتج الديزل بالتقطير التجزيئي بين 392 و662 درجة فهرنهايت. يتميز الديزل بكثافة أعلى من البنزين، كما أنه أسهل في التكرير من النفط الخام. ويُستخدم بشكل شائع في قطاع النقل[70].

13 – 4 – 3 الأسفلت:

يُستخدم الأسفلت عادةً في رصف الطرق. وهو عبارة عن غرواني من الأسفلتين والمالتين، يُفصل عن المكونات الأخرى للنفط الخام بالتقطير التجزيئي. بعد جمع الأسفلت، يُعالج في وحدة إزالة الأسفلت، ثم يخضع لعملية تُسمى "النفخ" حيث يتفاعل مع الأكسجين لتصلبه. يُخزن الأسفلت ويُنقل عادةً عند درجة حرارة حوالي 300 درجة فهرنهايت [70]

13 – 5 المشروبات الكحولية:

قد تحتوي المشروبات الروحية المقطرة أو المخففة بطريقة غير صحيحة على نواتج ثانوية للتخمر، مثل الميثانول، وقد تسبب مشاكل صحية خطيرة، بل ومهددة للحياة، عند الإفراط في تناولها. لا يُفترض أن يؤدي استخدام المكونات الطبيعية، كالأعشاب والماء والإيثانول، في المشروبات إلى تكوين نفايات خطرة أثناء عملية الإنتاج. مع ذلك، وُجد أن هذه النفايات تحتوي على معادن ثقيلة[71]. تُعتبر النفايات التي تحتوي على تركيز عالٍ من المعادن، مثل النحاس والحديد والنيكل والزنك والكادميوم والكروم، خطرة، وتتطلب معالجة قبل التخلص منها[72]

... يُعزى جزء من المحتوى المعدني إلى عملية الإنتاج، وجزء آخر إلى الأعشاب المنكّهة والاستخدام المزدوج لجهاز التقطير المعدني. ولأن الكحول يتميز بانخفاض درجة غليانه مقارنةً بالماء، يستطيع المقطرون تبخير الكحول (في الغالب) بشكل مستقل، ثم جمع الأبخرة في أنبوب، واستخدام درجات حرارة منخفضة لتكثيف الكحول مرة أخرى إلى سائل. هذه الطرق القياسية بسيطة وتستخدم أجهزة منخفضة التكلفة، لكنها تستغرق وقتًا طويلاً وتتطلب مراقبة مستمرة، مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية [73]

14-العوامل المؤثرة على إستخلاص الإيثانول :

درجة الحرارة :

تُعدّ درجة الحرارة عاملاً هاماً يُنظّم بدقة أثناء عملية التخمير، إذ تؤثر بشكل كبير على العملية وإنتاج الإيثانول. وقد أشارت الدراسات إلى أن إنتاج الإيثانول يعتمد على درجة حرارة التخمير، وأن تركيزه يزداد إلى حد ما مع ارتفاع درجة الحرارة [74]. مع ذلك، تُعتبر درجات الحرارة المرتفعة عاملاً مُجهداً للكائنات الدقيقة، مما يُعيق نموها. إذ تُنتج هذه الكائنات بروتينات الصدمة الحرارية استجابةً لارتفاع درجة الحرارة، مما يُعطّل الريبوسومات. إضافةً إلى ذلك، تُنظّم أنشطة الكائنات الدقيقة وعملية التخمير بواسطة إنزيمات مختلفة حساسة أيضاً لدرجات الحرارة المرتفعة، لأنها تُغيّر بنيتها الثلاثية، مما يُؤدي في النهاية إلى تعطيلها [75،76]. علاوةً على ذلك، تتمتع الكائنات الدقيقة المستخدمة في عملية التخمير بنطاق حراري أمثل لنموها الأمثل. لذلك، من الضروري تحديد درجة الحرارة المثلى مسبقاً أثناء التخمير لضمان نمو الكائنات الدقيقة بشكل سليم، فضلاً عن زيادة إنتاجية الإيثانول. يُعتقد عمومًا أن نطاق درجة حرارة التخمير الأمثل يتراوح بين 20 و35 درجة مئوية، وأن ارتفاع درجة الحرارة في معظم عمليات التخمير يُسبب مشاكل [76،77]. تبلغ درجة حرارة التخمير المثلى للخلايا الحرة من خميرة Saccharomyces cerevisiae حوالي 30 درجة مئوية [76،78]، بينما تكون أعلى قليلًا للخلايا المُثبتة، ربما لقدرتها على نقل الحرارة من سطح الجزيئات إلى داخل الخلايا [79]. في دراسة أُجريت على عصير الذرة الرفيعة الحلوة باستخدام خلايا الخميرة المُثبتة، ذُكر أن إنتاج الإيثانول بلغ 75.79% عند 28 درجة مئوية، ثم ارتفع إلى أقصى إنتاجية (89.89%) عند 37 درجة مئوية [79]. في دراسة أخرى أُجريت على سلالة

Saccharomyces cerevisiae BY4742 في عملية تخمير دفعية، قام لين وآخرون... أفاد [80] أن أعلى معدل نمو خلوي نوعي وإنتاجية نوعية للإيثانول وُجدت عند درجة حرارة تتراوح بين 30 و45 درجة مئوية، مع انخفاض ملحوظ في نمو الخلايا وإنتاج الإيثانول عند 50 درجة مئوية. وفي حالة بكتيريا Z. mobilis، وُجد أن أفضل تركيز للإيثانول (55.57 غ/لتر) عند 30 درجة مئوية، بينما وُجد أدنى تركيز (4.6 غ/لتر) عند 40 درجة مئوية [81]. وبالمثل، لاحظ العديد من الباحثين [82،83] تأثيرًا ضارًا على تركيز الإيثانول عند استخدام هذه الكائنات الدقيقة عند درجات حرارة أعلى من 37 درجة مئوية

درجة PH :

يمكن تحسين إنتاج الإيثانول عن طريق التخمير من خلال التحكم في درجة حموضة ، إذ تُعدّ درجة الحموضة أحد العوامل الرئيسية لإنتاج الإيثانول، ولها تأثير مباشر على الكائنات الحية وعملياتها الخلوية [84،85]. عمومًا، يُمكن أن تُغيّر تركيزات أيونات الهيدروجين في مرق التخمير الشحنة الكلية للغشاء البلازمي، مما يؤثر على نفاذية بعض العناصر الغذائية الأساسية إلى الخلايا. يتراوح نطاق درجة الحموضة الأمثل لخميرة Saccharomyces cerevisiae المستخدمة في التخمير لإنتاج الإيثانول بين 4.0 و5.0 [80،86]. مع ذلك، أُفيد مؤخرًا أن هذه الخميرة المعروفة قادرة على إنتاج الإيثانول من عصائر التمر حتى عند درجة حموضة 3.8 [87]، على الرغم من أن درجة الحموضة الحرجة لهذا الكائن الحي هي 2.3 [84]. من جهة أخرى، تم الحصول على أعلى إنتاجية للإيثانول باستخدام خميرة Z. mobilis عند ضبط نطاق درجة حموضة بين 5.0 و6.0 [88]. كما تم الإبلاغ عن نطاق درجة الحموضة الأمثل المختلفة للعديد من المواد الأولية مثل 2.8 إلى 3.4 لعصير قصب السكر [89] و 4.0 إلى 4.5 للسكروز [90]

تأثير الأكسجين :

في هذه العملية لا نحتاج إلى الأكسجين لأنها عملية لا هوائية حيث في حال وجود الأكسجين تقوم الخميرة بكسر السكر وتحويله إلى جزيئات ماء و ثاني أكسيد الكربون وتسمى هذه العملية بالتنفس أما في غياب الأكسجين فتقوم الخميرة بكسر السكر وتحويله إلى كحول إيثيلي وثاني أكسيد الكربون وتسمى هذه العملية بعملية التخمر

مدة التخمير:

يؤدي قصر مدة التخمير إلى عدم كفاية نمو الكائنات الدقيقة، مما ينتج عنه تخمير غير فعال. من جهة أخرى، تؤدي زيادة مدة التخمير إلى تأثير سام على نمو الميكروبات، خاصةً في التخمير الدفعي، نظرًا لارتفاع تركيز الإيثانول في المرق المخمر. وقد حصل نادر وآخرون [91] على أعلى تركيز للإيثانول بعد 64 ساعة، حيث بلغ 40.11 غ/لتر، ثم انخفض إلى 37.24 غ/لتر بعد 72 ساعة من التخمير، وذلك أثناء دراستهم للذرة الرفيعة الحلوة. إضافةً إلى ذلك، يتطلب التخمير وقتًا أطول عند درجات حرارة منخفضة، على الرغم من أن إنتاجية الإيثانول تكون في أدنى مستوياتها. فعلى سبيل المثال، لم يُستهلك سوى 44.0% من السكر خلال أكثر من 240 ساعة، مما أنتج أقل كمية من الإيثانول عند إجراء التخمير عند 15 درجة مئوية [92]

معدل التحريك:

يلعب التحريك دورًا هامًا في زيادة إنتاجية الإيثانول أثناء التخمير، وذلك من خلال زيادة نفاذية العناصر الغذائية من وسط

التخمير إلى داخل الخلايا، وفي الوقت نفسه، إزالة الإيثانول من داخل الخلايا إلى وسط التخمير. كما يزيد التحريك من استهلاك السكر ويقلل من تثبيط الإيثانول للخلايا. يُعد معدل التحريك الأمثل لخلايا الخميرة أثناء التخمير هو 150-200 دورة في الدقيقة. وقد أفاد ليو وشين [79] بتحقيق أعلى إنتاجية للإيثانول (85.73%) عند معدل تحريك 200 دورة في الدقيقة. مع ذلك، فإن زيادة معدل التحريك عن الحد المسموح به لا يُناسب إنتاج الإيثانول بسلاسة نظرًا لمحدودية النشاط الأيضي للخلايا.

تركيز السكر:

يُعدّ تركيز السكر الأولي عاملاً مؤثراً هاماً، إذ يؤثر بشكل مباشر على معدل التخمر وعدد الخلايا الميكروبية. وتُعتبر العلاقة الفعلية بين محتوى السكر الأولي ومعدل التخمر أكثر تعقيداً. عموماً، يزداد معدل التخمر مع زيادة تركيز السكر حتى مستوى معين. لكن التركيز العالي جداً للسكر يتجاوز قدرة الخلايا الميكروبية على امتصاصه، مما يؤدي إلى ثبات معدل التخمر. في التخمر الدفعي، يمكن الحصول على إنتاجية وعائد أعلى للإيثانول عند تركيز سكر أولي أعلى، لكن ذلك يستغرق وقتاً أطول للتخمر، وبالتالي يزيد من تكلفة الاستخلاص. وبناءً على هذه الحقائق، حُدِّد تركيز السكر الأمثل في التخمر الدفعي عند 24 درجة بركس (ما يعادل 190.0 غ/لتر) [93]. وبالمثل، ذُكر أن النسبة المثلى لتركيز السكر إلى تركيز الكائنات الدقيقة هي 200.0 غ/لتر و30.0 غ/لتر على التوالي، في دراسة أجريت على تخمير عصير التمر [88]

نسبة الكائنات الحية الدقيقة :

لا تؤثر نسبة الكائنات الحية الدقيقة بشكل ملحوظ على تركيز الإيثانول النهائي، ولكنه تؤثر بشكل كبير على معدل استهلاك السكر وإنتاجية الإيثانول [93]. ومع ذلك، فقد أشارت التقارير إلى زيادة إنتاج الإيثانول مع زيادة عدد الخلايا الأولي من 1 × 10^4 إلى 1 × 10^7 خلية/مل، ولم يُلاحظ فرق يُعتد به إحصائيًا في إنتاج الإيثانول بين 10^7 و10^8 خلية/مل. كما أن زيادة تركيز الخلايا ضمن نطاق معين تُقلل من زمن التخمر بشكل كبير نظرًا للنمو السريع للخلايا في وسط التخمر، والتي تستهلك السكريات المُغذّاة فورًا لإنتاج الإيثانول. وقد ذكر بريشا [94] أن زيادة تركيز الخميرة من 3.0% إلى 6.0% أدت إلى تقليل زمن التخمر من 72 ساعة إلى 48 ساعة

15-الخاتمة :

درسنا في هذا الفصل أهم عمليتين للحصول على إيثانول نقي وهما عملية التخمر و التقطير حيث ركزنا على تخمر السكريات الموجودة في التمر وأهم التفاعلات التي تحدث في هذه المرحلة والعمل الجوهري الذي تقوم به الخميرة

كما تطرقنا إلى كيفية استخلاص الإيثانول بواسطة عملية التقطير و أنواع عملية التقطير وأهميتها في الصناعات البتروكيميائية و الدوائية

الفصل الرابع

الجزء العلمي :

استخلاص الإيثانول مخبريا

1-المقدمة :

يحتوي التمر على نسبة مثالية من السكريات تؤهله لإنتاج إيثانول عالي النقاء كما يحتوي على العديد من العناصر الغذائية اللازمة التي تحتاجها الخميرة لأداء وظائفها وتساهم هذه الخصائص الموجودة في التمر في تعزيز كفاءة استخلاص الإيثانول منه وتحسين مردود الإنتاج حيث تطرقنا في هذا الجزء إلى كيفية استخلاص الإيثانول من التمور الفاسدة مخبريا وذلك باتباع الخطوات التالية :

2-خطوات العمل :

المواد المستخدمة	الأدوات المستخدمة
التمور الفاسدة المادة البيولوجية : الخميرة	جهاز PH محرك مغناطيسي جهاز التقطير جهاز ALCOOLMETER جهاز تسخين قارورة للتخمير أنابيب ميزان ثلج حوض مائي ميزان حراري /جهاز FTIR IN

2-1 تحضير العينة :

نقوم بجمع 100 غرام من التمر الفاسد ثم نقوم بطحنه



الشكل 4-1 : صورة للتمور الفاسدة



الشكل 4-2 : صورة للتمور الفاسدة بعد الطحن

2-2 تحضير محلول التمر :

نحضر قارورة زجاجية ونضيف إليها 500 مل من الماء المقطر و 100 غرام من التمر المسحوق ونحرك جيدا حتى يذوب المزيج و يتجانس



الشكل 4-3 : عصير التمر

3-2 تحضير الخميرة :

نحضر في بيشر يحتوي على ماء دافئ من 2 إلى 3 غرامات من الخميرة التجارية ونضيف إليها القليل من السكر لتنشيطها ونتركها مدة 5 دقائق إلى 15 دقيقة حتى تتشكل رغوة كثيفة أي تم تنشيط الخميرة وجاهزة لوضعها في محلول التمر





الشكل 4-4 :صورة توضح خميرة نشطة بالسكر

4-2إضافة الخميرة النشطة :

بعد تنشيط الخميرة تضاف مباشرة إلى القارورة التي تحتوي على التمر و السكر ويتم إغلاق الزجاجة بإحكام ونثقب أعلى الزجاجة ونخرج أنبوبا لتصريف غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ماء له درجة حرارة ثابتة

لتوفير النيتروجين للخميرة بهدف تحسين نموها في خليط التمر ولكن تم الإستغناء عنها لأن التمر يحتوي على جميع العناصر الغذائية التي تحتاجها الخميرة (يمكن إضافة NH_3)

5-2 التخمير :

نترك المزيج يتخمر لمدة يومين إلى ثلاثة أيام ونحركها من حين إلى آخرى أو نترك مخلاط مغناطيسي لكي لا تترسب الخميرة في القاع

(إذا لاحظنا أن قيمة pH منخفضة نضيف كمية قليلة من NAOH لتعديل الحموضة لأن درجة pHالمثالية تكون بين 4 و 5 مع الحرص على المراقبة المستمرة لقيمة pH وذلك بإستخدام جهاز pH)

كما يمكن إضافة كاشف الفينول فيثالين لمعرفة طبيعة الوسط حيث يكون في الوسط الحامضي و المعتدل عديم اللون وفي الوسط القاعدي وردي أو بنفسجي



الشكل 4-5 : مرحلة التخمير

6-2 الترشيح :

نرشح المحلول النهائي بإستخدام أوراق الترشيح أو قطن أو بإستخدام شاش ونتحصل على محلول صافي نهائي



الشكل 4- 6 : صورة لعملية الترشيح

7-2 التقطير :

نسخن المحلول النهائي ونحاول ضبط درجة الحرارة ما بين 70 إلى 80 درجة مئوية

حيث تكون القارورة الزجاجية التي لها المحلول مثقوبة من الأعلى ومتصلة بأنبوب يمر عبر المكثف إلى بيشر مغطى

للحصول على الكحول الإيثيلي

(نقوم بتغطية البيشر لضمان عدم تبخر الإيثانول في الهواء)



الشكل 4-7:صورة لعملية التقطير بإستخدام جهاز التبخير الدوار

3-تحليل النتائج و مناقشتها :

حيث تم قياس درجة الكحول و الكثافة و المردود و حجم الإيثانول النقي

3-1 درجة الكحول :

- تم تحديد تركيز الإيثانول بإستخدام جهاز alcoholmeter وقمنا باتباع المراحل التالية :حيث قمنا بوضع العينة المستخلصة بعملية التقطير في أسطوانة مدرجة
- ثم قمنا بتثبيت درجة الحرارة عند 20 درجة مئوية
- نقوم بوضع الجهاز في السائل وننتظر حتى يستقر ونقرأ الرقم على مستوى السطح



الشكل 4-8: جهاز alcohol meter



الشكل 4-9:طريقة القياس بجهاز ALCOHOL METER

ABV%=65% درجة الكحول تساوي :

بلغت درجة الكحول في العينة المستخلصة 65%، وهي تدل على نجاح عمليتي التخمر والتقطير في إنتاج الإيثانول من التمور الفاسدة. ويمكن تفسير هذه النسبة بارتفاع محتوى التمور من السكريات القابلة للتخمر مثل الجلوكوز والفركتوز، والتي استغلتها الخميرة لتحويلها إلى إيثانول وثاني أكسيد الكربون. كما أن هذه النسبة قد تكون تأثرت بعوامل مثل مدة التخمير، ونشاط الخميرة، ودرجة الحرارة، وكفاءة عملية التقطير.

2-3 حساب الكثافة :

قمنا بحساب كثافة الإيثانول بتحديد الحجم و الكتلة وذلك

بإستخدام العلاقة التالية

$$\boldsymbol{\rho = \frac{m}{v}}$$

أولا : نقوم بحساب الكتلة

الحجم المأخوذ : 24.785

كتلة السائل هي : 22.079

$$\rho = \frac{22.079}{24.789}$$

$$\rho = 0.891 g/ml$$

بلغت كثافة العينة g/mL0.891 ، وهي أعلى من كثافة الإيثانول النقي عند 20 .(≈0.789 g/mL) °Cويشير هذا الاختلاف إلى أن العينة ليست إيثانولًا نقيًا بالكامل، وإنما تحتوي على نسبة من الماء أو بعض المركبات العضوية الأخرى الناتجة عن عملية التخمير، كما قد يرجع ذلك إلى عدم اكتمال عملية التقطير أو وجود شوائب ذائبة.

3-3 حساب حجم الإيثانول النقي :

يمكن حساب حجم الإيثانول النقي في المحلول بالإعتماد على درجة الكحول المحددة سابقا و الحجم الكلي

للإيثانول الناتج من عملية التقطير حيث تم تطبيق العلاقة التالية :

$$V = V \times ABV\ \% \ /100$$

$$V = 60 \times 65\ \% / 100$$

$$V = 39\ ml$$

وبالتالي فإن حجم الإيثانول النقي هو : 39 ml

بلغ حجم الإيثانول النقي mL39 ، وهو يعكس كمية الإيثانول الناتجة من الكمية المستعملة من التمور. ويرتبط هذا الحجم مباشرة بنسبة السكريات القابلة للتخمر الموجودة في المادة الخام، إضافة إلى كفاءة عملية التخمير والتقطير.

4-3 حساب المردود :

$$\boldsymbol{R = \frac{v(ep)}{v(th)} . 100}$$

V (ep)حجم الإيثانول النقي

V(th) حجم الإيثانول المتوقع من كمية السكر الموجودة في التمور الفاسدة

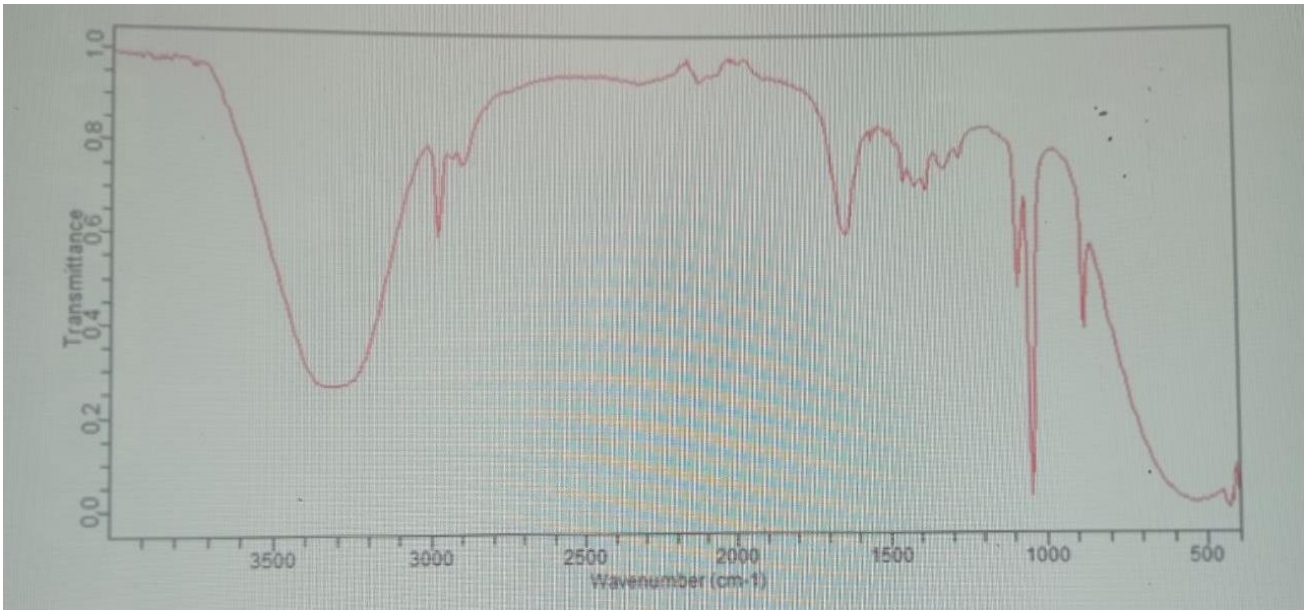
5-3 التحليل الطيفي بإستخدام الأشعة تحت الحمراء :

تم أخذ عينة من الإيثانول الناتج وتحليله بإستخدام تقنية مطيافية الأشعة تحت الحمراء حيث تم وضع قطرات على مساحة القياس ثم أجرينا التحليل الطيفي للعينة وهذا لتحديد المجموعات الوظيفية المميزة للإيثانول



الوثيقة 4-10: جهاز FTIR IN

حيث تم الحصول على الرسم البياني التالي :



رسم بياني 4-1 : طيف الأشعة تحت الحمراء

أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء وجود حزمة واسعة لمجموعة الهيدروكسيل(OH) ، بالإضافة إلى قمم مميزة لروابط C–H وC–O، وهي مجموعات وظيفية مميزة للإيثانول. وتؤكد هذه النتائج نجاح عملية الاستخلاص، كما تتوافق مع التركيب الكيميائي المعروف للإيثانول.

حزمة واسعة لمجموعة OH cm⁻¹.3600–3200

قمم C–H للألكانات بين 2850 cm⁻¹.3000–

قمم C–O للكحول بين cm⁻¹.1100–1000

h

5-الأفاق المستقبلية :

التخمير بمساعدة الأمواج الفوق صوتية لإنتاج الإيثانول الحيوي :

حيث تساعد هذه التقنية على كسر الكربوهيدرات المعقدة خلال مرحلة التخمير إلى سكريات بسيطة مما يسهل العمل للخميرة لتحويلها إلى إيثانول

تطوير الخمائر :

يمكن أن يؤدي التعديل الجيني للكائنات الدقيقة إلى زيادة إنتاجية عملية التخمر

تطوير عمليات التقطير :

تعد مرحلة التقطير من المراحل المهمة في عملية إنتاج الإيثانول كما تستخدم هذه العملية في العديد من الصناعات من أهم مزايا هذه العملية القدرة العالية على فصل المكونات بناء على درجات غليانها

وعلى الرغم من أن التقطير تقنية فعالة للغاية إلا أنها تواجه بعض القيود و التحديات منها :

- الإستهلاك الكبير للطاقة
- و تكاليف رأس المال و الصيانة
- التحكم الدقيق للعملية
- خطر الحريق و الإنفجار

ويعد تطوير هذه التقنية أمرا بالغ الأهمية لتحسين جودة المنتج النهائي

6-الخاتمة :

من خلال هذا الجزء تناولنا بالتفصيل مراحل العمل بدءا من تحضير التمور إلى عملية تقطير الإيثانول مع توفير كل الظروف المناسبة لنجاح هذا العمل

الخلاصة

العامة

تعد الجزائر واحدة من أكبر الدول المنتجة لتمور في العالم حيث تم في هذا العمل استغلال التمور الفاسدة منها أو التمور الغير قابلة للإستهلاك البشري والتي تحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية و السكريات التي يمكن إعادة تحويلها إلى العديد من المواد ذات منفعة و قيمة هامة للبلاد

حيث تم في هذا العمل البسيط انتاج الإيثانول انطلاقا من التمور الفاسدة بطريقة التخمر و التقطير

إن تطوير هذا العمل له أهمية بالغة تتمثل في توفير دخل اقتصادي وطني إضافي للبلاد و بيئة مناسبة للإنسان فمثلا عند استخدام 5 % فقط من الإيثانول كوقود لسيارات فإنه يساعد على خفض نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو بنسبة 30 %

بالإضافة فإن قطاع التمور يوفر منتجات لا تستطيع الدول المتقدمة انتاجها و هذا لغياب المنتج الزراعي الخام الذي يشكل أساس هذه المنتجات مثل دبس التمر و عجينة التمر و غيرها من المنتجات التي قد تساهم في تطوير الاقتصاد

تعتبرهذه العملية منظفة للبيئة حيث يستخدم فيها الفضلات الزراعية والتمور رديئة النوعية و الفاسدة التي تلوث البيئة ويتم تحويلها إلى مواد نافعة إقتصاديا

من خلال الدراسات التي قمنا بها والتي تطرقنا إليها في الفصول الأربعة يمكننا أن نستنتج أهمية هذه التمور و المنتجات المصنعة و المستخرجة منها والتي تعود بفوائد كثير على اقتصاد الجزائر

تعتبر بسكرة أول ولاية انطلقت في انتاج الكحول الطبي اعتمادا على التمور كمادة أولية ويعد المصنع المتواجد ببسكرة الثالث عالميا الذي يعتمد على التمر كمادة أولية لإستخلاص الكحول الطبي

تعد ولاية تقرت و ورقلة من المناطق المعروفة بإنتاج التمور وعليه يمكن استغلال هذه الثروة في :

- القيام بدراسة لهذا المشروع في ولايتي ورقلة و تقرت لإنتاج الكحول الإيثيلي
- الإعتماد على الإيثانول كمصدر للطاقة المتجددة
- التطوير من تقنيات التقطير

الملخص :

يعد انتاج كحول الإيثانول في الوقت الراهن حلا معتبرا على الصعيد الاقتصادي حيث يهدف هذا العمل المتواضع على استغلال التمور الفاسدة وغير صالحة للإستهلاك البشري و الغنية بالسكريات والعناصر الغذائية و القابلة للتحويل والإعتماد عليها كمصدر ثاني لطاقة المتجددة

فقد تم بعد عملية فرز وطحن التمور و التخمير و التقطير الحصول على نسبة 65% من الكحول اللإيثيلي

Résumé:

La production d'éthanol représente actuellement une solution économique viable, car cette initiative modeste vise à valoriser les dattes abîmées et impropres à la consommation humaine, riches en sucres et en nutriments, et à les transformer en une source secondaire d'énergie renouvelable. Après tri, broyage, fermentation et distillation des dattes, un rendement de 65 % d'alcool éthylique a été obtenu.

Summary:

The production of ethanol is currently a viable economic solution, as this modest endeavor aims to utilize spoiled and unfit-for-human-consumption dates, which are rich in sugars and nutrients and can be converted into a secondary source of renewable energy. After sorting, grinding, fermenting, and distilling the dates, a yield of 65% ethyl alcohol was obtained.

1. حسام حسن علي. (د.ت.). التصنيف النباتي والوصف المورفولوجي والتركيب التشريحي لنخلة التمر (**Phoenix dactylifera, L**.). إدارة الإرشاد والتسويق الزراعي والثروة الحيوانية.

2. وزارة الفلاحة والتنمية الريفية. (2015). إحصائيات زراعة النخيل في الجزائر. التمور الجزائرية**.**

3. مجلة اقتصاد المال والأعمال. (2018). إحصائيات النخيل والتمور في الجزائر. مجلة اقتصاد المال والأعمال، جامعة الشهيد حمة لخضر، الوادي، الجزائر**.**

4. Zeddour, H., & Mohamed Drahim, M. (2011). Marketing de la datte en Algérie : Cas de quelques wilayas [Mémoire de magister, Université Abou Bakr Belkaid]. Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion.

5. عزاوي، عمر. (2002). استراتيجية تسويق التمور في الجزائر. مجلة الباحث 44-50**.**

6. **Future's Land Food**. (2025، مارس 28). دقلة نور: سيدة التمور الجزائرية والتونسية – أصلها، تاريخها، إنتاجها وفوائدها.

7. إبراهيم، عبدالباسط عودة. (1436هـ). التمور وأجزاء النخلة الأخرى منظومة غذائية وصحية وعلاجية متكاملة. الرياض: المركز الوطني للنخيل والتمور**.**

8. عدنان وهاب المظفر ، تكنولوجيا التمور و السكر، دار الكتب ووثائق ، بغداد،ص62 –ص63 2019، م.

9. الحمدان، عبدالله بن محمد. (2016، 23-25 مايو). دور الاستثمار في صناعات التمور ومنتجات النخلة في تعزيز واقع الأمن الغذائي وآفاق الخزن الاستراتيجي بدول مجلس التعاون الخليجي [ورقة مؤتمر]. مؤتمر الاستثمار في قطاع النقل والتمور (الواقع والآفاق)، مسقط، سلطنة عمان**.**

10. Mohammadi, M., M. Soltani, A. Siahpoosh and M. Shamsaie. 2018. Effects of dietary supplementation of date palm (Phoenix dactylifera) seed extract on body composition, lipid peroxidation and tissue quality of common carp (Cyprinus carpio) juveniles based on the total volatile nitrogen test. Iran. J. Fisheries Sci. 17: 394-402

11. Uddin, M. S. and Z. Nuri. 2021. Nutritional values and pharmacological importance of date fruit (Phoenix dactylifera Linn): A review. J. Curr. Res. Food Sci. 2: 27-30.

12. Niazi, S., I. M. Khan, I. Pasha, S. Rasheed, S. Ahmad and M. Shoaib. 2017. Date palm: Composition, health claim and food applications. Nat. Prod. Nanotechnol. 2: 9-17.

13. Al-Mssallem, M. Q. 2020. The role of date palm fruit in improving human health. J. Clin. Diagn. Res. 14: OE01-OE06

14. د-عدنان قشلان،0791، أسس البيولوجيا العامة للصف الأول، منشورات جامعة حلب كلية الطب، سوريا، ص: 49-42

15. هنية زبيدي.حنان غدير عمر،مذكرة "تحديد نسبة السكاروز في لسكر بالإستقطاب " ليسانس أكاديمي .الوادي 2111/2117.

16. **https://openstax.org/books/biology-ap-courses/pages/3-2-carbohydrates**

17. السعداوي، عيسى عبد. (2016، 24 يناير). السكريات الثنائية .(Disaccharides) في الكيمياء الحيوية النظري (ص ص 78-82).

18. علي الهلالي. (2023، 11 نوفمبر). السكريات المتعددة. في الكيمياء الحياتية (ج 1، ص 93-98). تاريخ الاسترداد من[https://almerja.com/more.php?idm=216454]
19. Clifton, J. (2022, January 7). What is alcohol in chemistry? ReAgent Chemicals. https://www.chemicals.co.uk/blog/what-is-alcohol-in-chemistry
20. The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2026, May 30). Alcohol. Encyclopaedia Britannica. https://www.britannica.com/science/alcohol
21. Bevill, K. 2008. “Building the ‘Minnesota Model’.” Ethanol Producer Magazine, April, pp. 114-120
22. أ.د. عبد الباسط عودة إبراهيم، التمور مصدر بديل لإنتاج الوقود الحيوي (الوقود النباتي)، 2013، ص1، www.iraqi-datepalms.net.
23. Budavari S (ed.) - The Merck Index. 13 éd. An encyclopaedia of chemicals, drugs and biologicals. Whitehouse Station, NJ : Merck and Co., Inc. e ; 2001 ; 261 p
24. Fire protection guide to hazardous materials. 13 e éd. NFPA (National Fire Protection Agency)
25. Chemical and Physical Characteristics of Ethanol and Hydrocarbon fuels, page 10.
26. https://www-nedstar-com.translate.goog/blog/what-is-ethanol-used-for?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ar&_x_tr_hl=ar&_x_tr_pto=tc
27. J. Goettemoeller؛ A. Goettemoeller (2007). Sustainable Ethanol: Biofuels, Biorefineries, Cellulosic Biomass, Flex-Fuel Vehicles, and Sustainable Farming for Energy Independence. Prairie Oak Publishing, Maryville, Missouri. ص. 42. ISBN:978-0-9786293-0-4.
28. America and Brazil Intersect on Ethanolنسخة محفوظة 2007-09-26 على موقع واي باك مشين Renewable Energy Access, 15 May 2006.
29. "How to manage our oil addiction - CESP". Cesp.stanford.edu. مؤرشف من الأصل في 2008-10-29. اطلع عليه بتاريخ 2011-08-27.
30. New Rig Brings Brazil Oil Self-Sufficiency The Washington Post, 21 April 2006.نسخة محفوظة 2023-05-21 على موقع واي باك مشين
31. J. Duailibi (27 Apr 2008). "Ele é o falso vilão". Veja Magazine (بالبرتغالية). Archived from the original on 2008-05-06. Retrieved 2008-05-03.
32. Kris Bevill (15 نوفمبر 2011). " How ethanol moves and where it's going". Ethanol Producer Magazine.
33. [الوقود الحيوي-لنور الدين محمد الرقيعي-41:00-1151052101-bdf-].
34. prpduction-of-alcohol-from-date-1.pdf https://iraqi-datepalms.net/wp-content/uploads/2018/11/prpduction-of-alcohol-from-date-1.pdf
35. https://alevelbiology.co.uk/notes/alcohol-fermentation/
36. Walker, G. M., & Stewart, G. G. (2016). Saccharomyces cerevisiae in the production of fermented beverages. Beverages, 2(4), 30. https://doi.org/10.3390/beverages2040030
37. Pessione, E. (2012). Lactic acid bacteria contribution to gut microbiota complexity: Lights and shadows. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 2, 86. https://doi.org/10.3389/fcimb.2012.00086
38. Mulaw, G., Sisay Tessema, T., Muleta, D., & Tesfaye, A. (2019). In vitro evaluation of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from some traditionally fermented Ethiopian food products. International Journal of Microbiology, 2019, 7179514. https://doi.org/10.1155/2019/7179514

39. Marcial-Coba, M. S., Knöchel, S., & Nielsen, D. S. (2019). Low-moisture food matrices as probiotic carriers. FEMS Microbiology Letters, 366(1), fnz006. https://doi.org/10.1093/femsle/fnz006
40. Ershidat, O. T. M., & Mazahreh, A. S. (2009). Probiotics bacteria in fermented dairy products. Pakistan Journal of Nutrition, 8(7), 1107–1113. https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1107.1113
41. Gao, J., Li, X., Zhang, G., Sadiq, F. A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., & Sang, Y. (2021). Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(4), 3937–3982. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12755
42. Oh, S. (2015). Probiotics in dairy products. In M.-T. Liong (Ed.), Beneficial microorganisms in food and nutraceuticals (Vol. 27, pp. 203–219). Springer International Publishing. (Microbiology Monographs)
43. Reuben, R. C., Roy, P. C., Sarkar, S. L., Alam, A. S. M. R. U., & Jahid, I. K. (2020). Characterization and evaluation of lactic acid bacteria from indigenous raw milk for potential probiotic properties. Journal of Dairy Science, 103(2), 1223–1237. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17092
44. Trček, J., & Barja, F. (2015). Updates on quick identification of acetic acid bacteria with a focus on the 16S–23S rRNA gene internal transcribed spacer and the analysis of cell proteins by MALDI-TOF mass spectrometry. International Journal of Food Microbiology, 196, 137–144. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.003
45. Andrés-Barrao, C., Benagli, C., Chappuis, M., Ortega Pérez, R., Tonolla, M., & Barja, F. (2013). Rapid identification of acetic acid bacteria using MALDI-TOF mass spectrometry fingerprinting. Systematic and Applied Microbiology, 36(2), 75–81. https://doi.org/10.1016/j.syapm.2012.09.002
46. Nakano, S., & Fukaya, M. (2008). Analysis of proteins responsive to acetic acid in Acetobacter: Molecular mechanisms conferring acetic acid resistance in acetic acid bacteria. International Journal of Food Microbiology, 125(1), 54–59. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.05.015
47. Fernández-Pérez, R., Torres, C., Sanz, S., & Ruiz-Larrea, F. (2010). Rapid molecular methods for enumeration and taxonomical identification of acetic acid bacteria responsible for submerged vinegar production. European Food Research and Technology, 231(5), 813–819. https://doi.org/10.1007/s00217-010-1331-6
48. Yetiman, A. E., & Kesmen, Z. (2015). Identification of acetic acid bacteria in traditionally produced vinegar and mother of vinegar by using different molecular techniques. International Journal of Food Microbiology, 204, 9–16. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.013
49. Food Science & Nutrition, 12(11), 8675–8691. https://doi.org/10.1002/fsn3.4428
50. G. Hewitt, J. Quarini, M. Morrell, More efficient distillation. Chem. Eng. 1999, 16-19
51. I. Dejanovic, L. Matijasevic, Z. Olujic, Dividing wall Column-a breakthrough towards sustainable distilling. Chem. Eng. Process. 49, 2010, 559-580
52. R. Premkumar, G.P. Rangaiah, Retrofitting conventional column systems to dividing-wall columns. Chem. Eng. Res. Des. 87, 2009, 47-60
53. I. Dejanovic, L.J. Matijasevic, I.J. Halvorsen, S. Skogestad, H. Jansen, B. Kaibel, Z. Olujic, Designing four-product dividing wall columns for separation of a multicomponent aromatics mixture. Chem. Eng. Res. Des. 89, 2011, 1155-1167
54. N.V.D. Long, M. Lee, Review of retrofitting distillation columns using thermally coupled

distillation sequences and dividing wall columns to improve energy efficiency. J. Chem. Eng. Jpn. 47, 2 2014, 87-108
55. W.F. Davidson, W.v.L. Campagne, Save by absorption heat pumping, Hydrocarbon Processing 66 (1987) 30–32
56. Adler, S. Beaver, E. Bryan, P. Robinson, S. and Watson, J. "Vision 2020: 2000 Separations Roadmap," Ctr. for Waste Reduction Technologies, Amer. Inst. of Chem. Eng's, New York City (2000).
57. R. Wolfson. (May 25, 2015) Energy, Environment and Climate, 2nd ed. New York, U.S.A. Norton, 2012, pp. 97-98
58. Gel'perin, N.I., Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii (Basic Processes and Apparatuses in Chemical Technology), Moscow: Khimiya, 1981.
59. Devyatykh, G.G. and Elliev, Yu.E., Vvedenie v teoriyu glubokoi ochistki veshchestv (Introduction to the Theory of Ultrapurification), Moscow: Nauka, 1981.
60. Petukhov, A.N., Vorotyntsev, V.M., Shablykin, D.N., Vorotyntsev, I.V., and Suvorov, S.S., Dependence of the effective coefficient of separating a mixture of NH3–O2 and NH3–N2 on the rate of distillation, Russ. J. Phys. Chem., 2013, vol. 87, no. 9, pp. 1570–1574.
61. Kirillov, Yu.P., Shaposhnikov, V.A., Kuznetsov, L.A., Shiryaev, V.S., and Churbanov, M.F., Modeling of the evaporation of liquids and condensation of their vapor during distillation, Inorg. Mater., 2016, vol. 52, no. 11, pp. 1183–1188. doi 10.1134/S0020168516110066
62. https://sciencing.com/steam-distillation-vs-simple-distillation-8407975. html
63. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/75185/mod_resource/content/0/Distillation pdf
64. Flammable and Combustible Liquids, Eric Stauffer, ... Reta Newman, in Fire Debris Analysis, 2008
65. https://www.chemicals.co.uk/blog/what-is-the-distillation-process
66. https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Book%3A_Organic_Chemistry_Lab_Techniques_(Nichols)/05%3A_Distillation
67. https://sciencing.com/practical-uses-distillation-6111781.html
68. https://en.wikipedia.org/wiki/Flavor
69. Flavoring exposure in food manufacturing, Brian D Curwin, Jim A Deddens & Lauralynn T McKernan, Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology volume 25, pages324–333(2015)
70. https://uret.com.tr/en/uret-blog-en/distillation-of-crude-oil-oil-products/
71. A. Tsakiris, Potographia, Psychalos Publications, Athens, 1994, pp. 9–29.
72. A. Moutsatsou, L. Halarakis, S. Tsimas, P. Lillis, in: Proceedings of the 1st International Conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries on Retention of Metals from a Distillation Waste by Treatment with Sawdust, Vol. 1, Halkidiki, Greece, 1998, p. 501.
73. W. Horwitz, G.W. Latimer, Official Methods of Analysis of AOAC International, eighteenth ed. Gaithersburg, 2005.
74. Mallouchos, A., Komaitis, M., Koutinas, A., & Kanellaki, M. (2003). Wine fermentations by immobilized and free cells at different temperatures: Effect of immobilization and temperature on volatile by-products. Food Chemistry, 80(1), 109–113.

75. McMeekin, T. A., Olley, J., Ratkowsky, D. A., & Ross, T. (2002). Predictive microbiology: Towards the interface and beyond. International Journal of Food Microbiology, 73(2–3), 395–407. https://doi.org/10.1016/s0168-1605(01)00663-8
76. Phisalaphong, M., Srirattana, N., & Tanthapanichakoon, W. (2006). Mathematical modeling to investigate temperature effect on kinetic parameters of ethanol fermentation. Biochemical Engineering Journal, 28(1), 36–43.
77. Ballesteros, M., Oliva, J. M., Negro, M. J., Manzanares, P., & Ballesteros, I. (2004). Ethanol from lignocellulosic materials by a simultaneous saccharification and fermentation process (SFS) with Kluyveromyces marxianus CECT 10875. Process Biochemistry, 39(12), 1843–1848.
78. Torija, M. J., Rozès, N., Poblet, M., Guillamón, J. M., & Mas, A. (2003). Effects of fermentation temperature on the strain population of Saccharomyces cerevisiae. International Journal of Food Microbiology, 80(1), 47–53. https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00144-7
79. Liu, R., & Shen, F. (2008). Impacts of main factors on bioethanol fermentation from stalk juice of sweet sorghum by immobilized Saccharomyces cerevisiae (CICC 1308). Bioresource Technology, 99(4), 847–854. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.01.009
80. Lin, Y., Zhang, W., Li, C., Sakakibara, K., Tanaka, S., & Kong, H. (2012). Factors affecting ethanol fermentation using Saccharomyces cerevisiae BY4742. Biomass and Bioenergy, 47, 395–401.
81. Cazetta, M. L., Celligoi, M. A. P. C., Buzato, J. B., & Scarmino, I. S. (2007). Fermentation of molasses by Zymomonas mobilis: Effects of temperature and sugar concentration on ethanol production. Bioresource Technology, 98(15), 2824–2828. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.08.026
82. Lee, K. J., Skotnicki, M. L., Tribe, D. E., & Rogers, P. L. (1981). The effect of temperature on the kinetics of ethanol production by strains of Zymomonas mobilis. Biotechnology Letters, 3(6), 291–296.
83. Lyness, E., & Doelle, H. W. (1981). Fermentation pattern of sucrose to ethanol conversions by Zymomonas mobilis. Biotechnology and Bioengineering, 23(7), 1449–1460.
84. Kasemets, K., Nisamedtinov, I., Laht, T.-M., Abner, K., & Paalme, T. (2007). Growth characteristics of Saccharomyces cerevisiae S288C in changing environmental conditions: Auxo-accelerostat study. Antonie van Leeuwenhoek, 92(1), 109–128. https://doi.org/10.1007/s10482-007-9141-y
85. Piršelová, K., Šmogrovičová, D., & Baláž, S. (1993). Fermentation of starch to ethanol by a co-culture of Saccharomyces cerevisiae. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 9(3), 338–341. https://doi.org/10.1007/BF00383075
86. Zhang, K. C. (1995). Alcohol and distilling wine craft. China Light Industry Press.
87. Louhichi, B., Belgaib, J., Benamor, H., & Hajji, N. (2013). Production of bio-ethanol from three varieties of dates. Renewable Energy, 51, 170–174.
88. Onsoy, T., Thanonkeo, P., Thanonkeo, S., & Yamada, M. (2007). Ethanol production from Jerusalem artichoke by Zymomonas mobilis in batch fermentation. KMITL Science and Technology Journal, 7, 55–60.
89. Fukushima, S., & Yamade, K. (1988). A novel process of ethanol production accompanied by extraction of sugar in cane chips. Journal of Fermentation Technology, 66(4), 423–426.
90. Isono, Y., & Hoshino, A. (2000). Production of ethanol using granulated yeast cells

prepared by a spray dryer. The Journal of General and Applied Microbiology, 46(4), 231–234. https://doi.org/10.2323/jgam.46.231
91. Nadir, N., Mel, M., Karim, M. I. A., & Yunus, R. M. (2009). Comparison of sweet sorghum and cassava for ethanol production by using Saccharomyces cerevisiae. Journal of Applied Sciences, 9(17), 3068–3073.
92. Jones, A. M., Thomas, K. C., & Ingledew, W. M. (1994). Ethanolic fermentation of blackstrap molasses and sugarcane juice using very high gravity technology. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42(5), 1242–1246.
93. Laopaiboon, L., Thanonkeo, P., Jaisil, P., & Laopaiboon, P. (2007). Ethanol production from sweet sorghum juice in batch and fed-batch fermentations by Saccharomyces cerevisiae. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 23(10), 1497–1501. https://doi.org/10.1007/s11274-011-0848-6
94. Breisha, G. Z. (2010). Production of 16% ethanol from 35% sucrose. Biomass and Bioenergy, 34(8), 1243–1249.