الاختمار والخمائر

عرف القدماء الاختمار[1] اجمالاً منذ آلاف من السنين كان المصريون يصنعون الخمر والكحول ذلك بانهم كانوا يتركون السوائل السكرية فتختمر و يأخذون منها ما شاؤا . وكانوا يعرفون ضرورة اختمار العجين بوضع الخميرة[2] فيهِ ليصنعوا منهُ خبزاً صالحاً الاَّ انهم لم يفقهوا التغيرات الكيماوية التي تحدث اثناء الاختمار وهكذا كانت الحال عند غيرهم من الامم القديمة

ظلت حقائق الاختمار محجوبة عن العلماء حتى اوائل القرن السابع عشر فابتدأت ابحاثهُ تتضح شيئاً فشيئاً اذ ثبت ان فان هلمونت[3] حاول في اوائل القرن المذكور ان يكشف سبب اختمار العجين ولكنهُ لم يوفق لنتيجة ور بما كان سبب ذلك عدم وجود المكروسكوب حيث كان لم يكتشف بعد . وفي سنة ١٦٨٠ تمكن لوڤنهوك بواسطة المكروسكوب الذي صنعهُ من مشاهدة خلايا الخميرة في السوائل المختمرة ولاحظ ان هذه الخلايا يتصاعد منها فقاقيع غازية . وفي سنة ١٨٣٠ يوم كانت ابحاث العلماء متجهة الى كشف القناع عن التغيرات الكيماوية الخاصة بعمل القناة الهضمية وكيفية هضم الطعام فيها استخرج دوبرنفوت[4] عصيراً من حبوب الشعير المستنبتة اذا اضيف الى المادة النشوية يحولها الى مادة سكرية . وبعد ثلاث سنوات من ذلك تمكن العالمان پاين[5] و پرسوز[6] من فصل مادة من العصير المذكور بترسيبها بواسطة الكحول واطلقا عليها اسم ديستاز[7] وامكنهما تجفيفها وحفظها وقالا انها تفعل ما يفعلهُ العصير المذكور بتأثير اقوى

وفي سنة ١٨٣٦ اكتشفت مادة البپسين[8] في العصارة المعدية وعرف انهُ وجودها ضروري لتفتيت المواد البروتينية واذابتها . وبعد ذلك بعام رأى العالمان شوان ولاترر بعد ابحاث خصوصية اجريا بها ان الاختمار الكحولي مسبب عن نفس خلايا الخميرة التي شاهدها لوڤنهوك من قبل وان الخلايا المذكورة يتم تكاثرها بالتبرعم[9] فقوبل هذا الرأي بوشذر من الكيماويين بالاستهزاء ولم يرد ليبج الكيماوي الشهير ان يحول عن رأيهِ القائل ان الاختمار مجرد تفاعل كيماوي لا تأثير لخلايا الخميرة فيهِ وان هذه الكائنات الحية التي توجد في المادة المختمرة انما هي شوائب وجدت اثناء الاختمار . فعارض العلامة باستور رأي ليبج

---

(١) Fermentation (٢) Yeast (٣) Van Helmont (٤) Dubrunfaut
(٥) Payen (٦) Persoz (٧) Diastase (٨) Pepsin (٩) Budding

ومن تابعهُ في سنة ١٨٥٧ واثبت ان الاختمار الكحولي مسبب عن وجود الخميرة وتكاثرها في السوائل السكرية وان الاختمار اللبني والاختمار السمني والاختمار النشادري كلها مسببة عن وجود مكروبات مخصوصة تتطرق الى السوائل من الهواء لا مجرد تفاعلات كيماوية

وقد لاحظ باستور في ابحاثهِ المذكورة ان الاحياء الدنيا المسببة للاختمار حسب تجاربهِ السالفة تعمل عملها بدون حاجة الى اكسجين الهواء او مع حاجة الى القليل منهُ فقال ان الاختمار «حياة بلا اكسجين» وفي الواقع يتم الاختمار في الغالب على هذا النحو الاَّ انهُ في بعض الاحيان لا يتم الاَّ بواسطة مكروبات هوائية اذا عدمت الهواء فلا تعمل عملها كما هي الحال في الاختمار الخلي

لاحظ العلماء اوجه شبهٍ بين ما يقع في الاختمار الكحولي بواسطة الخميرة وبين التغيرات الناتجة عن عمل مادتي الديستاز والپپسين السالفتي الذكر في ان كلاًّ منها تغير كيماوي مسبب عن اصل فعَّال فقالوا لا مانع من درج هذه التغيرات اجمالاً تحت عمليات الاختمار ولكنهم فرقوا بينها باطلاق اسم خميرة حية[1] على النبات او المكروب المسبب للاختمار واسم خميرة غير حية[2] على الديستاز والشالز يعني انهم ميزوا نوعين من الخمائر حية وغير حية

لم تبقَ هذه التسمية زمناً طويلاً بل انتقدها العالم تروب[3] وغيرهُ من الفسيولوجيين في سنة ١٨٥٨ وقال انهُ لا وجه لهذا التمييز اذ الخمائر الحية لا تعمل عملها في الاختمار الاَّ بتأثير مادة غير حية ذائبة في البروتوپلاسم داخل خلاياها . وبذلك وقع اللبس بين العلماء في استعمال اسمي خمائر حية وخمائر غير حية مع ان تروب المذكور لم يتمكن من فصل هذه المادة من خلايا الخمائر . واقترح كوهن ان تطلق كلمة انزيم[4] على ما يسميهِ العلماء بالخمائر الغير الحية تمييزاً لها عن الخمائر الحية ثم جاء بوخنر[5] فتمكن سنة ١٨٩٦ من فصل عصير من خلايا الخميرة مجرد عن الكائنات الحية اذا اضيف الى محلول من السكر حوَّلهُ الى كحول وثاني اكسيد الكربون . ثم رشَّح من هذا العصير مادة اطلق عليها اسم زيمار[6] تعمل عمل العصير المذكور ان بوخنر اعلن هذا عضد رأي تروب وسهَّل ادراك حقيقة الاختمار . وعليهِ فالاختمار عملية كيماوية فسيولوجية مسببة عن عمل الانزيمات المكونة في خلايا الكائنات الحية

الانزيمات — الانزيمات مواد آلية تروجينية تكون دائماً في اجسام الكائنات الحية

(١) Organized Ferment (٢) Unorganized Ferment (٣) Traube

(٤) Enzyme (٥) Buchner طبيب وفيلسوف المانيّ عاش (١٨٦٤ — ١٨٩٩) (٦) Zymase

نباتات كانت او حيوانات او مكروبات لم يهتدِ الكيماويون الى تحضيرها كيماوياً ولم تفصل الى الآن من الاجسام الحية التي تتكون فيها بشكل مستقل نقي . من خواص الانزيمات انها تذوب في الماء وان كمية قليلة منها تكفي لاحداث الانحلال في كميات عظيمة من المركبات الكيماوية المختلفة التي تتأثر بها وعملها هذا لا يفقدها شيئاً من تركيبها تقريباً . ومن المرجح ان الانزيمات تعمل عملها المذكور بدون ان تتحد مع المواد التي يقع فيها التفاعل الكيماوي فهي تشبه الحوامض والقلويات القوية من جهة انها تحدث تفاعلاً كيماوياً مثلها الا ان تأثيرها اشد

والانزيمات كثيرة متنوعة لكل نوع منها تأثير خاص في مركب واحد وان كان لبعضها تأثير في جملة مركبات مختلفة والكثير منها يقاوم المؤثرات الخارجية اكثر من مقاومة الخلايا الحية التي تتكون منها . فمثلاً مركب الحامض الفنيك والكلوروفورم يقتل المكروبات ولا يؤثر في الانزيمات الا اثراً قليلاً وكذلك بعض المركبات الكيماوية السامة الاخرى الا ان بعض المركبات الاخرى مثل الفورم الشديد يعدم قوتها

والبيئة الصالحة للانزيمات حتى تبقى حافظة لقواها هي البيئة الخالية من الحوامض والقلويات . وهناك بعض انزيمات تعمل عملها في البيئات القليلة الحموضة او في البيئات القلوية . والمعروف ان الانزيمات غير حية ومع ذلك فهي تتأثر بالحرارة كما تتأثر بالبيئة وتأثرها يكون عظيماً على درجات معينة من الحرارة . فالتي تعيش في اجسام الحيوانات تناسبها الدرجة ٣٧ سنتيجراد والتي تعيش في اجسام النباتات تناسبها درجة اقل من ذلك هي ٢٥ سنتيجراد تقريباً والتي تكون في اجسام المكروبات تناسبها درجة تتراوح بين ٣٥ و٤٥ سنتيجراد . واذا ترك محلول من الانزيمات في درجة حرارة بين ٧٠ و٨٠ سنتيجراد مدة قليلة تتلف الانزيمات التي فيه . على ان الانزيمات في حالة الجفاف تحتمل حرارة اشد من ذلك فقد تحتمل درجة تتراوح بين ١٠٠ و١٢٠ سنتيجراد . وانخفاض درجة الحرارة يوقف عمل الانزيمات ولا يتلفها فقد ثبت انها تحتمل الدرجة ١٩٠ تحت الصفر . اما ضوء الشمس واشعة اكس واشعة الراديوم فانها تعطل عمل الانزيمات غالباً ولا يستثنى منها الا محاليل الانزيمات التي تحلل المواد النشوية

اذا كان من الصعب ان توصف الانزيمات باوصاف عامة اكثر وضوحاً مما سبق لدقة ابحاثها وتعدد انواعها فمن الممكن ان نقسم اجمالاً بنسبة انواع التغيرات الكيماوية التي تحدثها الى اربعة اقسام هي : —

(القسم الاول) الانزيمات الهيدروليتية[1] وتحلل المركبات المعقدة الى مركبات ابسط منها باضافة عنصري الماء وتنقسم الى خمسة انواع هي : —

(١) الاستيرازات[2] وتحلل المواد الدهنية الى جليسرين وحوامض دهنية ومنها الليباز[3] او الستيابسن[4]

(٢) الكربوهيدرازات[5] التي تحلل المواد الكربوهيدراتية وهي كثيرة اهمها : —

(ا) الاميلاز[6] او الديستاز و يحلل النشا الى مالتوز[7] ودكسترين[8]

(ب) والانيولاز[9] ويحلل الانيولين[10] الى ليفولوز[11] (سكر الفاكهة)

(ج) والسيتاز[12] ويحلل السليلوز الى مالتوز[13] وجلكتوز[14]

(د) والمولتاز[15] ويحلل المالتوز الى جلوكوز[16] (سكر العنب)

(ه) واللكتاز[17] و يحلل اللكتوز[18] (سكر اللبن) الى جلوكوز وجلكتوز

(و) والانفرتاز[19] ويحلل السكروز[20] (سكر القصب) الى جلوكوز وليفولوز

(ز) والبكتتاز[21] و يحلل البكتوز[22] الى عربتوز[23]

(٣) الانزيمات التي تحلل المواد الجلوكوسيدية[24] واهمها : —

(ا) الإملسين[25] ويحلل الامجدلين[26] الى جلوكوز وحامض هيدروسيانيك[27] وبنزالدهيد[28]

(ب) والميروسين[29] ويحلل ميرونات البوتاسيوم[30] الى الّيل ايزوثايوسينات[31] وجلوكوز وكبريتات البوتاسيوم الهيدروجيني

(ج) والفيتاز[32] ويحلل الفيتن[33] الى اينوسيت[34] وحامض فصفوريك

(٤) الانزيمات التي تحلل المواد البروتينية وهي كثيرة اهمها : —

---

(١) Hydrolytic (٢) Esterases (٣) Lipase (٤) Steapsin (٥) Carbohydrases

(٦) Amylase (٧) Maltose (٨) Dextrin (٩) Inulase (١٠) Inulin

(١١) Levulose (١٢) Cytase (١٣) Maltose (١٤) Galactose (١٥) Maltase

(١٦) Glucose (١٧) Lactase (١٨) Lactose (١٩) Invertase (٢٠) Saccrose

(٢١) Pectinase (٢٢) Pectose (٢٣) Arabinose (٢٤) Glucosides (٢٥) Emulsin

(٢٦) Amygdalin (٢٧) Hydrocyanic acid (٢٨) Benzaldehyde (٢٩) Myrosin

(٣٠) Potassium Myronate (٣١) Allylisothiocyanate (٣٢) Phytase

(٣٣) Phytin (٣٤) Inosite

(أ) البيسين في العصارة المعدية ويحلل المواد البروتينية الى مواد البيومورية[٣٥] وبپتونية[٣٦]

(ب) والتريسين[٣٧] في العصارة البنكرياسية ويحلل المواد البروتينية الى موادّ پوليپپتيدية[٣٨] وحوامض امينية[٣٩]

(ج) والاربسين[٤٠] في العصارة المعوية ويعمل عمل التربسين

(د) والبروملين[٤١] في عصير ثمر الاناناس ويعمل عمل التربسين

(ه) والپاپين[٤٢] في عصير ثمر البطاطا ويعمل عمل التربسين

(٥) اليوريازات[٤٣] التي تحلل اليوريا او الكرباميد[٤٤] الى نشادر وثاني اكسيد الكربون ومثالها اليوريز[٤٥]

(القسم الثاني) الانزيمات المخمّرة[١] وتنقسم الى ثلاثة انواع هي : —

(١) الانزيمات التي تسبب الاختمار الكحولي في انواع كثيرة من السكر ومثالها الزيماز

(٢) الانزيمات التي تسبب اختمار سكر اللبن الى الحامض اللبنيك

(٣) الانزيمات التي تسبب اختمار الحامض اللبنيك فتحوله الى الحامض السكنيك

(القسم الثالث) الانزيمات المجمّدة[٢] واهمها : —

(أ) الرنن[٣] في العصارة المعوية وتجبن كازينوجن[٤] اللبن الى كازين

(ب) الثرومبين[٥] في الدم ويجمد الفبرينوجن[٦] الى فبرين

(ج) البكتاز ويجمد المواد البكتية النباتية

(القسم الرابع) الانزيمات المؤكسدة[٨] واهم انواعها

(١) الاكسيدازات[٩] التي تؤكسد الكحول الى حوامض كما في مكروب الحامض الخليك

(٢) الكتلازات[١٠] التي تطلق اكسجين البراكسيدات[١١] فتؤكسد به المركبات القابلة للتأكسد

محمود مصطفى الدمياطي
مدرس بمدرسة الزراعة العليا بالجيزة

Polypeptides (٣٨) Trypsin (٣٧) Peptones (٣٦) Albumoses (٣٥)
Ureases (٤٣) Papain (٤٢) Bromelin (٤١) Erepsin (٤٠) Amino-Acids (٣٩)
Urease (٤٥) Carbamide (٤٤)
Caseinogen (٤) Rennin (٣) Coagulating Enzymes (٢) Fermenting Enzymes (١)
Oxydising Enzymes (٨) Pectase (٧) Fibrinogen (٦) Thrombin (٥)
Peroxidases (١١) Catalases (١٠) Oxydases (٩)