إنتاج الخميرة الغذائية من مخلفات الأخشاب بعد تحويلها إلى مواد سكرية

الدكتور أحمد عليان والمهندس الزراعي وجدي هندي والدكتور عبد الغني وشاحي

مقدمة

لقد اتجهت أفكار كثير من العلماء منذ زمن بعيد إلى حل مشاكل نقص المواد الغذائية ، وعجزها النسبي عاما بعد عام عن سد حاجة السكان التي تتزايد أعدادهم بزيادة مطردة .

ونتيجة لذلك اتجه كثير من الأبحاث إلى تذليل وحل كثير من هذه المشاكل. ومن بين السبل التي سلكها كثير من العلماء للتوصل إلى حل حاسم لسد العجز الغذائي استخدام خامات رخيصة قليلة القيمة الغذائية والاقتصادية أو قد تكون أحيانا عديمة الفائدة ، وتحويلها إلى مصادر مناسبة للغذاء بواسطة إنماء بعض الأحياء الدقيقة عليها . وفي مقدمة هذه الكائنات الخميرة .

وقد نشط استخدام الخميرة في التغذية ، وخاصة عندما قلت المصادر البروتينية الرخيصة في فترات من تاريخ الإنسان والتي قامت فيها الحروب فأدت إلى هذا النقص . ثم تطور استخدام الخمائر الغذائية تطورا مطردا ، وابتكرت عدة طرق للاستفادة من المخلفات الزراعية والبقايا الصناعية والمواد الكربوايدراتية الرخيصة والقليلة القيمة الغذائية لتنمية الخميرة عليها ، وبذلك أمكن تحويلها إلى منتجات ذات قيمة غذائية عالية تستعمل في تغذية الحيوانات والطيور ، بل والإنسان أيضا ، وخاصة الأطفال ، حيث تمتاز أغلب الخمائر الغذائية بارتفاع محتواها البروتيني (وخاصة الأحماض الأمينية الضرورية) والفيتامينات إلى جانب الدهن (Prescott and Dunn ١٩٥٩) .

● الدكتور أحمد عليان : مدرس التخمرات الميكروبية ، بكلية الزراعة ، جامعة القاهرة .

● المهندس الزراعي وجدي هندي : بشركة القاهرة للخلاصات الغذائية والعطرية .

● الدكتور عبد الغني وشاحي : رئيس قسم طب الأطفال ، بكلية الطب ، جامعة عين شمس .

ولقد كان إنتاج الخائر الغذائية من نواتج تحليل مخلفات صناعة الخشب — التكون مصادر غنية لإمدادنا بالبروتينات والدهون والفيتامينات — موضوع اهتمام كبير خلال الحرب العالمية الثانية ، فأثناء هذه الحرب استهلكت ألمانيا عدة آلاف من أطنان الخميرة الغذائية، لكى تسد النقص فى كل من المواد البروتينية وكذا الفيتامينات (Saeman et al ١٩٤٥) .

وقد قام Ilse and Jose (١٩٦٥) بدراسة إنتاج الخميرة Hansenula anomala بالطريقة المستمرة وغير المستمرة ، مستعملا نواتج تحليل الخشب من أشجار الزيتون كمصدر للطاقة والكربون ، وقد أثبت أن نواتج تحليل هذا الخشب تتكون من الجلوكوز والزيلوز وكميات محدودة من الجالاكتوز والأرابينوز .

ويتكون الخشب أساسا من السليلوز والهيموسليلوز واللجنين . كما وجد أن التركيب الكيماوى للأخشاب المختلفة يختلف باختلاف نوع الخشب ، وحتى النوع الواحد من الخشب يعطى نسبا مختلفة من السكريات إذا ما اختلفت ظروف التحليل (Gustafson et al ١٩٥١) . وفى حالة التحليل الجزئى للخشب فإن أكثر مكونات الخشب تأثرا هو الهيمسليلوز ، وفى هذه الحالة فإن نسبة الجلوكوز للسكريات الأخرى فى المحلول تكون منخفضة ، بينما ترتفع نسبة البنتوزانات نسبياً .

ولما كانت الطرق السابقة بطيئة المفعول ، علاوة على أنها لا تؤثر إلا تحليلا جزئياً للخشب ، فقد استعمل كثير من العوامل المساعدة للحصول على تحليل أكثر كفاءة فى أقصر وقت ممكن ، مثل استخدام بعض الأنزيمات أو الأحياء الدقيقة (مثل بعض أنواع البكتريا والفطر) أو الأكسجين أو الضوء أو بعض الأملاح أو القلويات أو الأحماض العضوية أو غير العضوية (Peterson et al ١٩٤٥) .

وقد قام أمين النواوى (١٩٥٩) بدراسة تحليل المخلفات الحقلية الغنية بالبنتوزانات القابلة للتحليل ، مثل أحطاب وقوالح الذرة حيث توصل إلى أن أحسن نتائج يمكن الحصول عليها لتحليل البنتوزانات تحليلا كاملا هو استخدام

التسخين مع حامض كبريتيك ١,٠ أساس لمدة ساعة على ١٣٤°م عندما تكون نسبة وزن القوالح إلى محلول الحامض المستعمل ١ — ١٠ .

وقد ذكر Doronin (١٩٦٠) طريقة صناعية لإنتاج خمائر الأعلاف Fodderyeast من مخلفات الأخشاب، ووجد أن هذه الخمائر تحتوى على ٤٥-٥٠٪ بروتين ، ٢٠ — ٣٠ ٪ كربوايدرات ، ٣ - ٥ ٪ دهون ؛ ٨ - ١٣ ٪ أملاح معدنية (أغلبها بوتاسيوم وفوسفور) ، كما وجد أن هذه الخمائر غنية فى فيتامينات أفراد مجموعة ف B وأن قيمتها الحرارية ٤٢٥٠ سعر / كجم .

الطرق التجريبية والمواد المستعملة

(١) تم تقدير السكريات المختزلة باستخدام (iodimetric titration) واتباع طريقة Schoorl .

(٢) تم تقدير الكحول باستخدام أطباق Conwey وهى الطريقة المعروفة باسم King's lée (Asataine ١٩٥٧) .

(٣) قدر الوزن الجاف للخميرة بالطريقة الموصوفة فى (A.O.A.C.) .

(٤) تم تقدير نسبة البروتين فى الخميرة باستخدام طريقة كلداهل المذكورة فى (A.O.A.C.) .

(٥) تم تحويل نشارة الخشب إلى سكريات مختزلة على مرحلتين متعاقبتين ، حيث يتم فى المرحلة الأولى: معاملة نشارة الخشب بحامض الكبريتيك ذات التركيزات المرتفعة، وذلك لتحليل الهيمسليلوز وتحويل السليلوز إلى Oligossaccharides . ويتم فى المرحلة الثانية : تخفيف المحلول الناتج من المرحلة السابقة بالماء وذلك لتخفيف تركيز الحامض ثم التسخين لإكمال عملية التحلل إلى السكريات البسيطة:

ولإجراء المرحلة الأولى استخدمت عدة دوارق زجاجية نظيفة سعة لترين وضع فى كل منها وزن معلوم من نشارة الخشب الأبيض المطحونة، ثم عوملت النشارة بتركيزات مختلفة من حامض كبريتيك بارد تتراوح بين ٥٠ — ٨٠ ٪ مع مراعاة

اختلاف نسبة الحامض إلى النشارة فى الدوارق المختلفة بنسب تتراوح بين ٥ : ١ و ١٠ : ١ ، مع استعمال الرج ومساعدة التفاعل بتدفئة الخليط إلى درجة ٢٥م لمدد من ١٥ — ٣٠ دقيقة .

وقد كان أنسب الظروف لإجراء هذا التفاعل بإضافة حمض كبريتيك بارد بتركيز ٧٠٪ إلى نشارة الخشب بنسبة ٧ : ١ مع الرج والتدفئة على درجة ٢٥م لمدة ٣٠ دقيقة ، حيث تم التفاعل بكفاءة دون أى أثر للتفحم مع إحداث إذابة تكاد تكون كاملة وتبقى نسبة ضئيلة من المتخلفات غير الذائبة .

ولإجراء المرحلة الثانية : جهزت عدة محاليل Oligosaccharides ناتجة من تحليل أوزان معلومة من نشارة الخشب الجاف بمعاملتها بحامض الكبريتيك المركز حسب أنسب الظروف السابق ذكرها ، ثم خففت المحاليل الناتجة من الخطوة السابقة بكميات مختلفة من الماء لتعطى تخفيفات مختلفة للحامض تتراوح بين ٣ — ٥٪ . وعوملت المحاليل المختلفة المخففة بالحرارة حتى الغليان فى حمام مائى لمدة تتراوح بين ٤٥ — ٧٥ دقيقة مع استخدام مكثف عاكس . وأجرى بعد ذلك ترشيح لهذه المحاليل، وكذا معادلتها بالجير ، ثم أعيد ترشيحها، وأخيرا تم تقدير كمية السكر المختزل الناتج فى كل حالة .

وكان أنسب الظروف لتحليل Oligosaccharides إلى سكريات مختزلة استخدام التخفيف حتى ٤٪ حامض كبريتيك مع التسخين على درجة الغليان لمدة ٦٠ دقيقة ، حيث أعطت سكريات مختزلة تقدر بحوالى ٥٩,٢٪ من وزن الخشب الجاف .

(٦) إعداد بيئة التنمية : ضبطت نسبة السكر فى المحلول السكرى الناتج بعد التحليل كما سبق إلى تركيز ٢,٥٪ سكريات مختزلة ، وأضيف إليه بعض المغذيات ، وهى فوسفات الأمونيوم الحامضية (٥ جم/لتر) وفوسفات البوتاسيوم الحامضية (٢ جم/لتر) وكبريتات المغنسيوم (٢ جم/لتر) وكبريتات الأمونيوم (٤ جم/لتر) . ثم ضبطت درجة الـ pH للبيئة على ٥ وذلك باستخدام محلول مخفف من كربونات الصوديوم وحامض اللاكتيك . وأجريت التنمية فى دوارق مخروطية سعة لتر وضع فيها ٢٥٠ سم٣ من المحلول السابق بعد تعقيمه ، ثم استخدمت مضخة تفريغ مائية

كوسيلة للتهوية بحيث تسحب تيارا من الهواء يمر خلال حامض الكبريتيك ٤٠٪ قبل مروره فى البيئة وذلك لتعقيمه .

واستمرت التجربة لمدة ٩ أيام بعد إضافة البادىء بنسبة ١٠٪ على درجة حرارة الغرفة (حوالى ٣٠ م) وأخذت العينات يوميا للتحليل .

(٧) البادىء المستخدم : استعملت مزرعتان نقيتان من الخميرة ، هما : Saccharamyces fragilis (665) و Torulopsis mangolia (2024) وذلك بعد أقلمتها على البيئة السابقة .

النتائج ومناقشتها

كانت النتائج المتحصل عليها تتبع تقدير نسبة السكر ، ونسبة الكحول ، والتغيرات فى الوزن الجاف للبيئة فى خلال التسعة أيام التى استغرقتها التجربة كما فى الجدول (١) .

ومن هذه النتائج يتبين أنه نتيجة لنمو الخميرة يحدث انخفاض تدريجى فى نسبة السكر ، يبدأ قليلا فى أول التجربة ثم يسرع استهلاك السكر بنسبة كبيرة نظرا لزيادة نمو ونشاط الخميرة ، ثم يبدأ بعد ذلك معدل الانخفاض فى السكر يقل ، وذلك إما لقلة حيوية ونشاط الخميرة ، أو لنقص المواد الغذائية عموما فى البيئة ، أو لتجمع نواتج التمثيل التى تؤثر على نشاط الخميرة . وكذلك يلاحظ زيادة الكحول المتكون فى البيئة نتيجة حدوث تخمر كحولى للسكر بواسطة الخميرة .

وأما الوزن الجاف للخميرة فيلاحظ فيه زيادة تدريجية تبدأ بمعدل قليل ، ثم بمعدل سريع ، ثم يقل ثانية معدل الزيادة ، وفى حالة عمل نسبة بين هذا الوزن الجاف للخميرة الناتجة إلى وزن السكر المستخدم نجد أن S. fragilis أنتجت حوالى ٥٠٪ من وزن السكر فى البيئة و T. mangolia أنتجت حوالى ٤٧٪ من وزن السكر فى البيئة .

هذا ويلاحظ أن معدل النشاط بصفة عامة (التغيرات فى السكر والكحول) والزيادة فى الوزن الجاف بصفة خاصة ، يكون أغلبه منحصرا فى الأربعة أو الخمسة أيام الأولى . أما بعد ذلك فإن النشاط عموما يقل بزيادة عمر المزرعة ، ويعلل طول فترة التنمية نسبيا فى هذه التجربة إلى عدم كفاية التهوية .

جدول (١)

تنمية الخميرة على بيئة مخلفات الأخشاب بعد تحويلها إلى مواد سكرية

السلالة S. fragilis (665)

الأيام	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
تركيز السكر (جم / ١٠٠ مل)	٢٫٤٠	٢٫١٥	١٫٧٠	١٫٣٠	١٫٠٠	٠٫٨٠	٠٫٦٠	—	٠٫٤٠	٠٫٣٠
نسبة الكحول (مل / ١٠٠ مل)	٠٫١	—	٠٫٢	—	٠٫٣	—	٠٫٤	—	—	٠٫٥
الوزن الجاف للخميرة (جرام/لتر)	١٫٦	٢٫٩	٥٫٩	٨٫٣	٩٫٥	١٠٫٢	١٠٫٩	—	١١٫٧	١٢٫٠

السلالة Torulopsis mangolia (2024)

الأيام	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
تركيز السكر (جم / ١٠٠ مل)	٢٫٤٠	٢٫٢٠	١٫٨٠	١٫٣٥	١٫١٠	٠٫٩٠	٠٫٧٥	—	٠٫٥٥	٠٫٤٥
نسبة الكحول (مل / ١٠٠ مل)	٠٫١	—	٠٫٢	—	٠٫٣	—	—	—	—	٠٫٤
الوزن الجاف للخميرة (جرام/لتر)	١٫٣	٢٫٦	٥٫١	٧٫٧	٩	٩٫٧	١٠٫٣	—	١١٫١	١١٫٤

ويلاحظ أيضا من الجدول أن معدل النشاط من ناحية استهلاك السكر وزيادة الوزن الجاف وزيادة نسبة الكحول يكون عنـــد S. fragilis أكبر منه فى T. mangolia ، ومع أن هـذا الفرق ليس كبيرا إلا أنه يدل على أن السلالة الأولى أنشط وأقوى من ناحية الأكسدة والتخمير من السلالة الأخرى على هذه البيئة ، ويلاحظ أن نسبة الكحول المتكونة فى البيئة بصفة عامة كبيرة نسبيا بالنسبة للتنمية الهوائية للخميرة ، إلا أن ذلك يعلل بأن التهوية لم تكن كافية لأكسدة كل السكر المستهلك أكسدة تامة ، وكذا لتثبيط التخمر . وكذلك لأن نسبة السكر المستعملة كانت كبيرة نسبيا .

كما وجد أن نسبة البروتين بالنسبة للوزن الجاف للخميرة ٤٤,٣٪ بالنسبة لسلالة S. fragilis و ٤٨,٨٪ بالنسبة لسلالة T. mangolia ، أى أن نسبة البروتين أقل فى السلالة الأولى بالرغم من أنها أنشط من الثانية فى استهلاكها للسكر وإنتاج الكحول ، وكذا فى إنتاجها للخلايا (الوزن الجاف) وقد يعلل ذلك بأن معدل ترسيب المواد الغذائية فى الخلايا يكون بطريقة عكسية لسرعة نشاطها وتكاثرها .

الملخص

تم تحليل نشارة الخشب باستخدام حامض الكبريتيك وذلك على مرحلتين ، فى المرحلة الأولى استخدمت عدة تركيزات ومعاملات لاستخدام الحامض المركز ، كان أنسبها تركيز ٧٠٪ لمدة ٣٠ دقيقة والتدفئة إلى ٢٥°م ، ونسبة الحامض إلى النشارة ١ : ٧ ، وفى المرحلة الثانية أجريت عدة معاملات لتكملة التحليل عن طريق التخفيف والتسخين فكان أنسبها التخفيف إلى ٤٪ والتسخين حتى الغليان لمدة ٦٠ دقيقة باستخدام مكثف عاكس . وأجريت معادلة للحموضة بواسطة الجير ثم الترشيح لفصل الرواسب المتكونة وقيست كمية السكر الناتجة من التحليل فكانت ٥٩,٢٪ .

وقد أمكن تنمية الخائر S. fragilis و T. mangolia على المحلول السكرى السابق تحضيره بعد تخفيف نسبة السكريات به إلى ٢,٥٪ وإضافة بعض الأملاح اللازمة إليه لنمو الخميرة وضبط درجة الـ pH له . حيث أعطت خميرة

S. fragilis ٥٠٪ خميرة جافة (من وزن السكر المستخدم) فيها ٤٤,٣٪ بروتين فى حين أن خميرة T. mangolia أعطت ٤٧٪ خميرة جافة بالنسبة للسكر أيضاً ، فيها ٤٨,٨٪ بروتين .

المراجع

(1) Association of Official Agricultural Chemists (1960) Methods of Analysis, 10th ed. A.O.A.C., Washington: D.C.

(2) Asataine, B.S. (1957) Photometry of Biochemistry. Moscow : U.S.S.R., 511 pp. (In Russian).

(3) Doronin, N. (1966) Nets, Puits, Paper 4, pp. 17-20.

(4) Gustafson, S. et al (1951) Paperi gapuu, No. 10, p. 300.

(5) Ilse, Schnabel, and M. G. Jose (1965) Rev. Ciene. Aple, Madrid, 19 (4).

(6) Peterson, W. H., J. F. Snell, and W. C. Frazier (1945) Ind. Eng. Chem. 37: 30-35.

(7) Prescott, S., and C. Dunn (1949) Industrial Microbiology. New York : McGraw-Hill Book Co.

(8) Saeman, J. F., E. G. Locke, G. K. Dickerman (1945) Fiat Final Rpt. 499, No. 14.

(٩) أمين الحسينى الدواوى ، محمد فهمى ، يوسف عبد الملك (١٩٦٦) الفلاحة ، عدد مارس / ابريل .

* * *