استخدام قوالح وأحطاب الذرة فى إنتاج الخميرة

للدكتور أمين النواوى ، والدكتور محمد فهمى ، والدكتور يوسف عبد الملك

مقدمة

إن ما نحصل عليه سنويا من المواد الغذائية ، سواء للإنسان أو للحيوان ، يعادل تقريبا نصف الإنتاج الزراعى . أما الباقى فهو عبارة عن المتخلفات التى تشمل السوق والأوراق والأغلفة وغيرها . وتحتوى هذه البقايا عادة على نسبة ضئيلة من البروتين والمواد الدهنية ، لذلك كانت قيمتها الغذائية قليلة نسبيا ولكنها تمتاز بما تحتوى عليه من نسبة عالية من المركبات الكربوهيدراتية ، مثل السيليلوز والبنتوزانات ، وكلها مركبات ذات طاقة حرارية عالية من الممكن استغلالها بما يزيد من قيمتها الاقتصادية بتحويلها إلى طاقة إنتاجية عالية . وتتطلب السياسة الزراعية الحديثة الاستفادة من هذه الثروة باعتبارها المادة الخام لإنتاج الكثير من المنتجات الهامة كالوقود وكثير من الكيماويات والمواد الغذائية عن طريق الأحياء الدقيقة التى تلعب دورا هاما فى تصنيع بعض هذه المتخلفات بالاستفادة بما تحتوى عليه من مواد كربوهيدراتية .

وتعتبر قوالح وأحطاب الذرة من أهم متخلفات محاصيل الحبوب التى يمكن الاستفادة منها كمواد أولية فى صناعات مختلفة .

ولقد كان الهدف من هذا البحث دراسة إمكان استغلال قوالح الذرة فى إنتاج خميرة غنية بالبروتينات والأحماض الأمينية الأساسية والفيتامينات. وتحتوى قوالح الذرة على نسبة عالية من الكربوهيدرات (تبلغ حوالى ٦٥ — ٧٠ ٪ من وزنها الجاف)، من بينها حوالى ٤٠ ٪ فى صورة بنتوزانات والباقى فى صورة هكسوزانات.

● الدكتور أمين النواوى : مدير قسم بحوث ميكروبيولوجيا المتخلفات الزراعية ، بوزارة الزراعة .
● الدكتور محمد فهمى : عميد المعهد الزراعى العالى ، بالزقازيق .
● الدكتور يوسف عبد الملك : رئيس قسم النبات الزراعى ، وأستاذ البكتريولوجيا ، بكلية الزراعة ، جامعة القاهرة .

وهذه الكربوهيدرات يمكن تحليلها مائيا بواسطة الأحماض إلى سكريات أحادية تستطيع الخميرة استعمالها أثناء عملية التكاثر . وحيث إن تحليل الهكسوزانات (السيليلوز) عملية مكلفة إذ تحتاج لاستخدام تركيز عال من حامض الكبريتيك (٧٠ — ٨٠ ٪) فى حين أن تحليل البنتوزانات (٣ ، ٤) يتطلب تركيزا مخففا من الحامض (١ — ٣ ٪) الأمر الذى دعا إلى التفكير فى الانتفاع بالبنتوزانات الموجودة فى إنتاج الخائر . وقد تضمنت الدراسة النقط الآتية :

(١) التحليل المائى للبنتوزانات إلى سكريات خماسية والعوامل التى تؤثر على سرعة ودرجة تحليلها .

(٢) إيجاد سلالة من الخميرة لها القدرة العالية على استخدام السكريات الخماسية الناتجة من التحليل المائى للقوالح كمصدر للطاقة اللازمة لنموها .

(٣) دراسة العوامل المختلفة التى تؤثر على إنتاج محصول الخميرة .
(٤) تحديد أنواع الأحماض الأمينية الموجودة بالخميرة الناتجة .

نتائج التجارب

أولا — التحليل المائى للبنتوزانات والعوامل المؤثرة على سرعة درجة تحليلها إلى السكريات الخماسية :

درست أهم العوامل المؤثرة على تحليل البنتوزانات إلى سكريات خماسية وهى :

(ا) تركيز حامض الكبريتيك : ١و٠ — ٢و٠ س .
(ب) مدة التحليل المائى المناسبة : ١٥ — ٣٠ — ٤٥ — ٦٠ — ٩٠ دقيقة .
(حـ) درجة الحرارة : ١٠٠ — ١٢٠ — ١٢٧ — ١٣٤° م .
(د) نسبة وزن القوالح إلى محلول الحامض المستعمل : ١/٥ — ١/١٠ — ١/٢٠ .

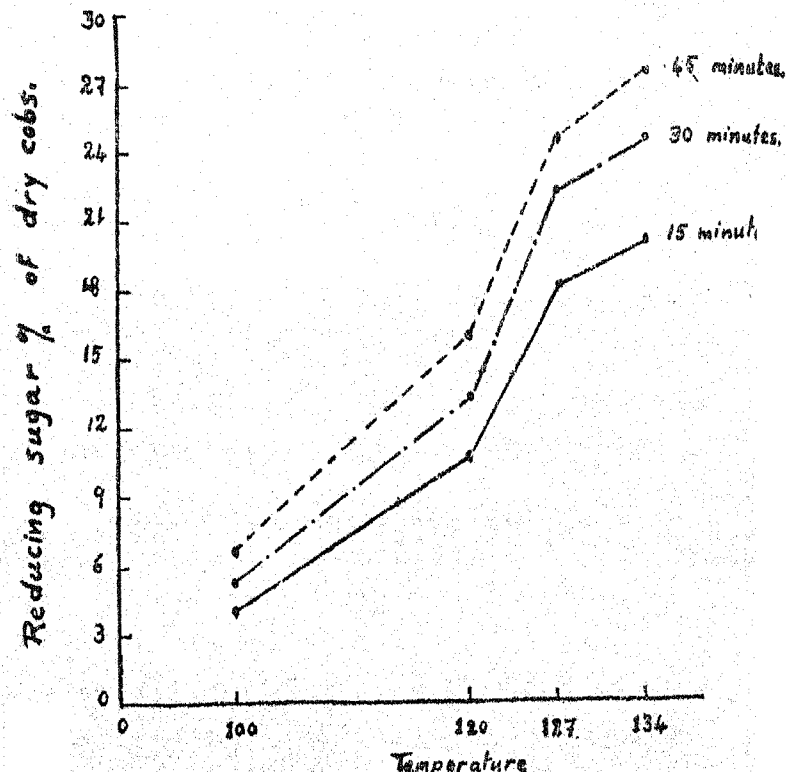
وقد ظهر من النتائج (شكل ١ ، شكل ٢) أن البنتوزانات تتحلل تحليلا كاملا بالتسخين مع حامض كبريتيك ١و٠ أساسى لمدة ساعة على درجة حرارة ١٣٤° م عندما تكون نسبة وزن القوالح لمحلول الحامض المستعمل ١ : ١٠

وقد وجد أنه فى أثناء التحليل المائى للبنتوزانات إلى سكريات خماسية المقدرة بطريقة Somogyi (١٣) يتكون فيرفورال مقدرا بطريقة Duncan (٢) بنسب بسيطة تتراوح بين ٣ — ٨ ٪ من البنتوزانات الكلية ، وتتزايد بزيادة تركيز الحامض ومدة التحليل المائى .

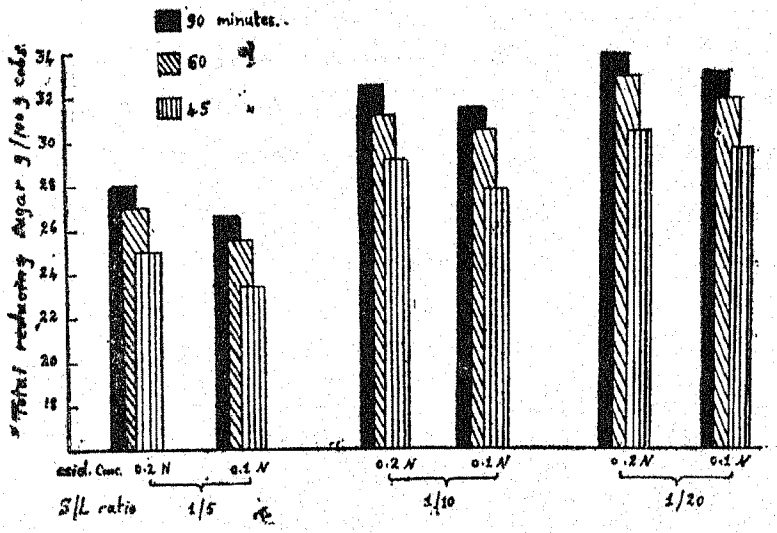
وكنتيجة لهذه التجارب يمكن القول بأن كل ١٠٠ جم من القوالح تعطى ٣٠ — ٣٥ جم سكريات مختزلة — أغلبها سكريات خماسية — ذائبة فى المحلول المائى للقوالح ، ويمكن الاستفادة بها فى تنمية الخميرة .

ثانيا — البحث عن سلالة من الخميرة لها القدرة على النمو على المحلول المائى للقوالح:

تم عزل ٣٥ سلالة من الخمائر من بعض مصادرها الطبيعية (عنب متخمر وتين



شكل (١) تأثير مدة التحليل المائى ودرجة الحرارة على درجة تحلل البنتوزانات الى سكريات خماسية



شكل (٢) تأثير تركيز الحامض ومدة التحليل المائى ودرجة تخفيف المحلول (ق/ح) على تحليل البنتوزانات على درجة ١٣٤°م

متخمر وقش أرز متحلل) واختبرت هذه السلالات بعد تنقيتها للصفات الآتية :

(ا) القدرة على استعمال البنتوزات كمصدر للجهود والطاقة ، حيث إن أغلب الخمائر الموجودة فى الطبيعة لا تستعمل إلا الهكسوزات .

(ب) القدرة على النمو فى تركيزات مختلفة من المحلول المائى للقوالح بدون التأثر ببعض المواد المبطئة للتخمير مثل الفيرفورال والتى تتكون أثناء عملية التحليل المائى.

(جـ) الكفاية العالية فى المحصول الناتج مع ارتفاع نسبة البروتين .

وعلى أساس الاختبارات السابقة تم اختيار سلالتين تتوفر فيهما الشروط المطلوبة على استعمال البنتوزات ، وبمقارنتهما بسلالتين مستوردتين من الخمائر المستعملة بكثرة فى صناعة إنتاج الخمائر المغذية وهما **C. utilis & C. lipolytica** ثبت تفوق السلالتين المحليتين بدرجة كبيرة ، سواء من ناحية الكفاية فى استعمال البنتوزات والقدرة على النمو فى تركيزات عالية من المستخلص المائى للقوالح مع زيادة تحمل المواد المثبطة للنمو وتفوقها فى المحصول وكمية البروتين جدول (١) .

جدول (١) : مقارنة بين السلالتين المحليتين بالسلالتين المستوردتين عند تنميتهما على المستخلص المائى للقوالح

سلالة الخميرة	درجة النمو فى المستخلص المائى المحتوى على ١٫٢٥ ٪ سكريات	متوسط وزن الخميرة الناتج جم/لتر	متوسط وزن البروتين الناتج جم/لتر
سلالة ١٨	+++	٨٫٧	٣٫٤٦
» ٣	+++	٨٫٥	٣٫٠٥
C. utilis	++	٣٫٥	١٫٢٣
C. lipolytica	—	—	—

وقد تم تصنيف الخميرتين باتباع تصنيف Lodder (٩) وثبت أنهما سلالتان من جنس C. pelliculosa ، وبالنسبة لأن السلالة رقم ١٨ أعطت دائما محصولا أعلى ونسبة بروتين أكبر من السلالة رقم ٣ لذلك انتخبت لإجراء التجارب التالية:

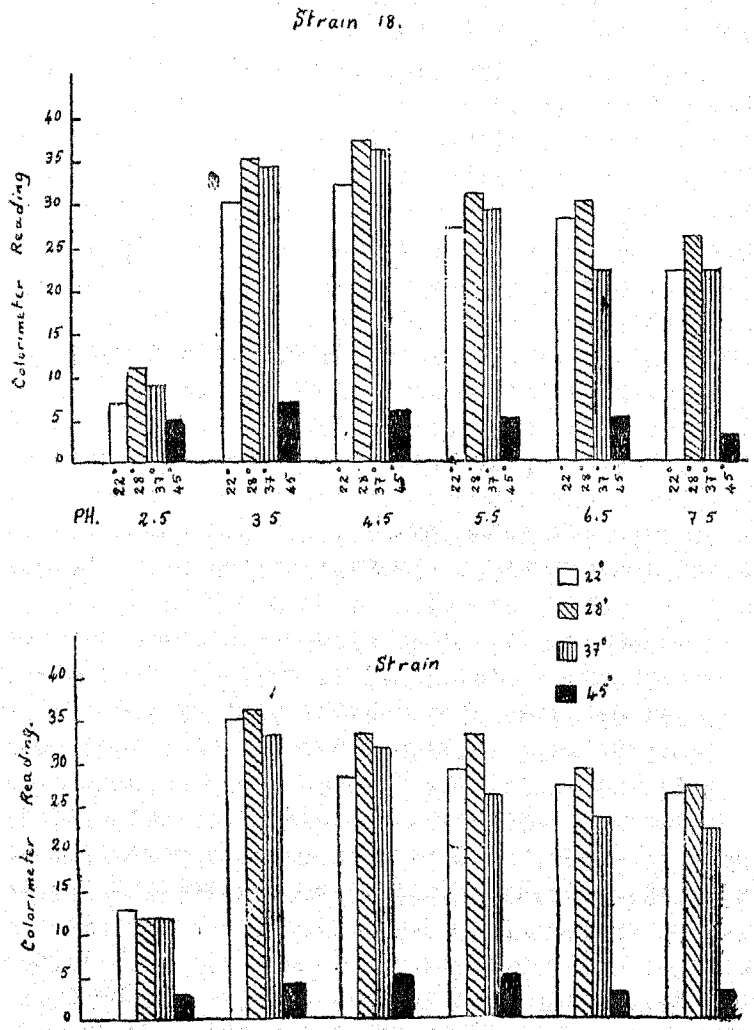
ثالثا — العوامل المؤثرة على إنتاج السلالة المنتخبة من الخميرة باستعمال بيئة المستخلص المائى للقوالح :

(١) درجة حموضة البيئة ودرجة حرارة النمو : يظهر فى شكل (٣) قوة نمو الخميرة المنماة على بيئة المستخلص المائى للقوالح — المحتوية على ١ ٪ سكريات مختزلة) ، ٠٫٢ ٪ فوسفات أمونيوم قاعدية — على درجات حموضة مختلفة بين ٢٫٥ — ٧٫٥ وفى درجات حرارة من ٢٠ — ٤٥° م . ويظهر من هذه النتائج أن أحسن نمو للخميرة على درجة حرارة ٢٥ — ٣٧° م وحموضة ٤٫٥ .

(٢) التهوية : وجد أن للتهوية تأثيرا على زيادة كفاية الخميرة على استهلاك السكريات فى المحلول المائى، فكلما زادت التهوية كلما زاد المحصول الناتج من الخميرة، وأنسبها ما كان بمعدل ١٥ — ٢٠ لتر هواء/ لتر بيئة فى الساعة ، كما وجد أن الخميرة الناتجة محليا تحت نفس الظروف تتفوق فى الوزن الناتج على السلالة C. utilis وتظهر النتائج فى شكل (٤) .

(٣) تركيز المحلول المائى للقوالح : لما كان نمو الخميرة يتأثر بدرجة تركيز السكر

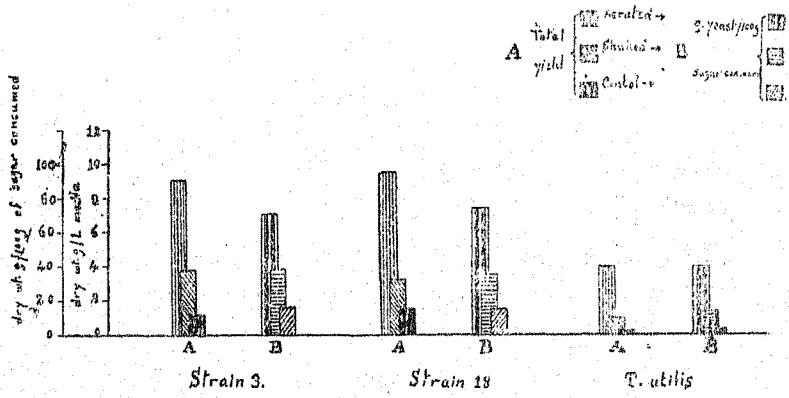
(٧) وبوجود بعض المواد المثبطة للنمو مثل الفيرفورال (٩) الذى يتكون أثناء عملية التحليل المائى للبنتوزانات لذلك فقد اختبرت كفاية السلالة ١٨ على النمو



شكل (٣) قوة نمو سلالتى الخميرة رقم ١٨ ورقم ٣ فى درجات الحرارة والحموضة المختلفة .

فى تركيزات مختلفة من المستخلص المائى الخالى من الفيرفورال أو المحتوى على نسب مختلفة مع مقارنتها بسلالة C. utilis

ويتضح من النتائج المتحصل عليها أن هذه السلالة يمكنها النمو على تركيز عال من السكريات يصل إلى ١,٥ ٪ وتحمل نسبة من المواد المثبطة أعلى من التى تحملها سلالة C. utilis ، كما يمكنها النمو على تركيزات أعلى ولكن بكفاية أقل .



شكل (٤) تأثير التهوية على نمو الخميرة

أما عن الاحتياجات الغذائية المعدنية ، فيعتبر الأزوت والفوسفور من أهم المصادر المعدنية اللازمة لنمو الخميرة ، وباختبار سلفات الأمونيوم والبوريا بتركيزات مختلفة كمصدر الأزوت اللازم لنمو الخميرة ظهر أن كليهما يعطى نفس الناتج النهائى بدون فروق معنوية ، كما ظهر أن أنسب تركيز هو ٢,٢ جم سلفات أمونيوم أو ٠,٩ جم يوريا لكل لتر من المحلول المائى المحتوى على ١,٢٥ ٪ سكريات مختزلة ، ولم يكن لزيادة التركيز عن ذلك أى تأثير معنوى على نمو الخميرة.

كما أنه عند دراسة تأثير إضافة فوسفات البوتاسيوم الحامضية كمصدر للفوسفات اتضح أن أنسب تركيز هو ٠,٦ جم فى اللتر من المحلول المائى المحتوى على ١,٢٥ ٪ سكريات مختزلة ، ولم يكن لزيادة التركيز عن ذلك أى فرق معنوى ، سواء فى

المحصول أو فى البروتين . وبتوفير الظروف السابقة للخميرة أمكن الحصول على وزن من الخميرة يعادل ٧٢ ٪ من السكريات الموجودة ويحتوى على حوالى ٤٥ ٪ بروتينات فى خلال يومين . ولم تعط الزيادة فى فترة النمو أى زيادة معنوية فى المحصول النهائى للبروتين .

رابعاً — تحديد الأحماض الأمينية فى الخميرة الناتجة :

عند تحديد الأحماض الأمينية الموجودة بطريقة paper chromatography (٨) وجد ١٧ نوعا منها تشمل جميع الأحماض الأساسية ومن بينها الـ methionine الذى تفتقر إليه أغلب الخمائر .

خامساً — صلاحية أحطاب الذرة فى إنتاج الخميرة :

تحتوى الأحطاب على ١٨ — ٢٠ ٪ من وزنها الجاف بنتوزانات ، وقد أمكن تنمية الخميرة فى المستخلص المائى لحطب الذرة المحضر بالطريقة المستخدمة فى حالة القوالح مع توفير الشروط المناسبة حسب النتائج السابقة — وحصل على نتائج مماثلة للمتحصل عليها فى حالة القوالح .

الملخص

أولا — ظهر من البحث أن طريقة استخدام ضغوط عالية لرفع درجة الحرارة إلى ١٣٤°م تمتاز عن الطرق المستخدمة سابقا بما يأتى :

(١) استخدام كمية قليلة من الحامض : يعتبر تركيز الحامض المستخدم أقل من أى تركيز سبق استخدامه (٣ ، ٤ ، ١٢) .

(٢) كميات المواد المطلوبة لمعادلة الحامض أقل منها فى الطرق السابقة .

(٣) تكون كميات قليلة نسبيا من المواد المثبطة للخمائر مثل الفيرفورال نتيجة لاستخدام الحامض المخفف .

(٤) تحتاج عملية التحليل المائى إلى وقت قليل حوالى ½ الوقت المستعمل عادة تحت الضغط الجوى العادى (٤ ، ١٢) .

(٥) الاستغناء عن استخدام الأجهزة اللازمة للتحليل المائى فى الجو العادى بما تشمله من مكثفات .

ثانيا — عزلت سلالتان ذات كفاية أعلى من السلالة **C. utilis** والتى تعتبر أفضل السلالات فى إنتاج خمائر تغذية (٥ ، ٦ ، ١١ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦) وهما من جنس **C. pelliculosa** ولم يسبق استعمالها فى إنتاج الخميرة .

ثالثا — حددت أفضل الظروف البيئية والغذائية للحصول على أعلى إنتاج للخميرة المعزولة أثناء نموها على المستخلص المائى لقوالح الذرة .

بذلك يمكن استغلال قوالح وحطب الذرة التى تعتبر حاليا قليلة القيمة من الوجهة الغذائية (١) حيث إن نسبة البروتين بها تتراوح بين ١ — ٢٪ ، بعد معاملتها معاملات خاصة فى تنمية سلالة الخميرة المتحصل عليها وبذلك ترتفع نسبة البروتين بها إلى ١١ — ١٢٪ ، وبذا تتحول إلى علف رخيص عالى القيمة الغذائية، هذا علاوة على إمكان استخدامها فى إنتاج الخميرة ذاتها والاستفادة منها فى النواحى العلاجية كإنتاج الفيتامينات والأحماض الأمينية الأساسية .

ومن المعلوم أنه ينتج حاليا فى الجمهورية العربية المتحدة حوالى ٥٠٠ ألف طن من القوالح وحوالى ثلاثة ملايين طن من حطب الذرة، يقتصر الاستفادة بها فى الحريق بالقرى المصرية ، ومع افتراض عدم إمكان استغناء صغار المزارعين عن هذا الناتج فى الحريق سنجد أنه يمكن الاستفادة مبدئيا من حوالى ١٠٠ ألف طن من القوالح ، ٦٠٠ ألف طن من الأحطاب فى الناحية الصناعية .

وعند تقويم الناتج من طن القوالح يمكن القول بأنه من السهل الحصول من التحليل المائى لطن القوالح على ٣٠٠ كجم من سكر الزيلوز ، ٢٠ — ٢٥ كجم فيرفورال ، ويمكن بتنمية الخميرة على محلول الزيلوز الحصول على حوالى ٢٢٠ كجم خميرة تحتوى على ١٠٠ كجم بروتين . ويتبقى بعد التحليل المائى باقى القوالح وهى حوالى ٦٠٠ كجم فى صورة سليلوز ولجنين يمكن خلطها بالخميرة وتقديمها كعلف غنى بالبروتين والكربوهيدرات

المراجع

(1) Beason, W. M. (1950) Foodstuffs, 22: 20-21.

(2) Duncan, J. Y. (1943) Ind. Eng. Chem. (Anal. ed.), pp. 15-162.

(3) Dunning, J. W., and E. C. Lathrop (1945) Ind. Eng. Chem., 37: 24-29.

(4) Ibrahim, A. M. Y. (1956) Cairo Univ., Fac. of Agric., Ph. D. Dissertation.

(5) Ingram, M. (1955) An Introduction to the Biology of Yeasts. London: Pitman & Sons.

(6) Kurth, E. F. (1946) Ind. Eng. Chem., 38: 205-207.

(7) Kurth, E. F., and V. H. Cheldelin (1946) Ind. Eng. Chem., 38: 617-619.

(8) Lederer, E., and M. Lederer (1957) Chromatography, 2nd ed. London: Elsevier Publ. Co.

(9) Lodder, J., and Van Rij Kreger (1952) The Yeast, a Taxonomic Study. New York: Interscience Publ. Inc.

(10) Luers **et al** (1937) Z. Spirilusind, 60: 7. (Cited in Underkofler, 1, 1964).

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

(12) Somogyi, M. (1937) Jour. Biol. Chem., 117: 771.

(13) Thaysen, A. C. (1943) Nature, 151: 406-408.

(14) Thaysen, A. C. (1945) Food, May, pp. 116-119.

(15) U.S. Dept. Interior, Bur. Mines (1951) Report of Investigations 4772.

(16) Wiley, A. J. (1954) Food and feed yeast. **IN** Industrial Fermentations, vol. I.