

氏名(本籍)	上野孝 (東京都)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博甲第1,342号
学位授与年月日	平成7年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
審査研究科	農学研究科
学位論文題目	バレイショ残渣の有効利用としての新規乳酸発酵プロセスの開発
主査	筑波大学教授 工学博士 田中秀夫
副査	筑波大学教授 工学博士 片岡廣
副査	筑波大学教授 工学博士 向高祐邦
副査	筑波大学教授 農学博士 前川孝昭

論文の要旨

北海道では毎年26万トンの澱粉を生産するために、13万トンのバレイショ残渣が副成されているが、現在、その残渣は飼料や堆肥の原料としてそのまま利用されているだけで、付加価値を高めるための微生物による有用物質生産にはほとんど利用されていない。本研究では、バレイショ残渣中に含まれる澱粉を利用して生分解性プラスチックの原料となる乳酸を生産するために、3通りの新規乳酸発酵プロセスを提唱し、それぞれについて実験および検討を行った。本研究の内容は以下のような項目にまとめられる。

①膜複合型リアクターシステムによるバレイショ残渣からの乳酸生産

同時糖化発酵は通常1つのリアクターで酸素要求性の異なる糖化菌と発酵菌の混合培養により行われるため、酸素供給を含む適切な培養環境の制御が困難になる。新規に開発した膜複合型リアクターシステムは、澱粉糖化菌の *Aspergillus awamori* と乳酸菌の *Lactococcus lactis* を別々のリアクターで培養し、培養液だけを循環しながら、限外ろ過システムによって各菌株をそれぞれのリアクター内に閉じこめることにより、この問題を克服した。本システムを使用してバレイショ澱粉およびバレイショ残渣からの乳酸生産を行ったところ、2菌株の細胞増殖を別々にしかも定量的に測定することが可能になった。バレイショ澱粉を使用した場合、消費糖当りの乳酸生産の収率は他の乳酸発酵プロセスよりも高く、培養条件の個別制御を可能にした本システムが乳酸生産に適していることが明らかとなった。バレイショ残渣は繊維質を除去することにより、本システムの基質として用いることができた。実用化においては、装置が複雑であることから、本システムは小規模でより付加価値の高い有用物質生産プロセスへの応用が期待できる。

②新規な温度制御システムを用いた回転ドラム型固体発酵リアクターの開発とその利用

固体発酵においては微生物の増殖に伴って増加する基質含水率を一定に維持する必要がある。本研究では、蓄積した代謝熱によって基質温度が設定値を越える場合に、通気速度を速めて基質の過剰な水分を蒸発させることにより、温度と含水率を目標範囲内に維持するための新規な温度制御システムを開発した。本システムを回転ドラム型リアクターに装備し、*Rhizopus japonicus* を用いたバレイシヨ残渣からのグルコアミラーゼ生産に利用した。非温度制御培養では含水率の増加によって基質の多くがリアクター壁面に付着し、均一な攪拌ができなかった。これに対し、温度制御培養ではこのような問題は生じず、基質の温度と含水率を目標範囲内に維持できた。さらに、バレイシヨ残渣からの乳酸生産において、この発酵で生産された固体培養物を糖化酵素源として利用したところ、乳酸生産を短時間で終了することができた。固体発酵と液体培養を組み合わせた本プロセスはスケールアップも比較的容易であるため、実用化の可能性は高いと思われる。

③超音波照射生澱粉からの乳酸生産

加熱処理をしない超音波照射生澱粉からの乳酸生産において、先の固体培養物を糖化酵素源として利用するプロセスを提案した。グルコアミラーゼによる糖化実験では、未処理の生澱粉よりも超音波照射澱粉の方が4.8倍多く糖化された。また、超音波照射澱粉の粒子表面には細かな傷が多数発見された。これらのことから、超音波照射はエキソ型のグルコアミラーゼが加水分解できる部位の増加、例えば $\alpha 1 \rightarrow 4$ や $\alpha 1 \rightarrow 6$ 結合の切断などを引き起こすと共に、澱粉粒子の表面を傷つけてグルコアミラーゼが吸着できる表面積を増大させたのではないかと推察された。そこで、固体培養物と *L. lactis* を用いて、超音波照射生澱粉からの乳酸生産を行った。その結果、未処理の澱粉培地のような雑菌汚染は観測されず、2倍の乳酸が生産された。蒸煮に比べて大きな消費電力を必要としない超音波照射は、太陽エネルギー発電と併用することにより、発展途上国など電気のない地域での発酵産業の発展を促進するものと思われる。

以上の結果から、バレイシヨ残渣を積極的に利用し、経済的に大量の乳酸を生産するためには、スケールアップの容易な固体発酵と液体培養を組み合わせた第2番目のプロセスが最も適していると思われる。

審 査 の 要 旨

本論文はバレイシヨ澱粉の製造行程で生じるバレイシヨ残渣の有効利用として、3つの新規な乳酸発酵プロセスを構築し、実験を通して各プロセスの特徴を明らかにした上で、それに基づいた実用化の可能性を探究したものである。

膜複合型リアクターは澱粉糖化菌と乳酸菌を別々のリアクターで培養し、限外ろ過システムを用いて培養液だけを循環させることにより、従来の同時糖化発酵では困難であった2菌株の増殖過程の定量的な測定に成功している。しかも、酸素供給を含む培養条件の個別制御を可能にして高い収率を達成したことは、他の培養系への本システムの応用においても大きな可能性を有していることから高く評価できる。

新規な温度制御システムを装備した回転ドラム型リアクターの注目すべき点は、従来、複雑なシステムを必要とした固体発酵における基質含水率の制御を、簡単な温度制御だけで達成したところにある。さらに、その固体培養物の一部を同時糖化発酵における糖化酵素源として使用することにより、バレイショ残渣からの乳酸生産を極めて短時間のうちに終了できたことは実用化の面から評価に値する。

超音波照射生澱粉からの乳酸生産は、酵素や微生物の性質に依存していた従来の生澱粉の糖化方法から脱却し、超音波照射を用いた物理的前処理法により酵素糖化率を飛躍的に向上した点において評価できる。しかも、固体培養物を同時糖化発酵における糖化酵素源として使用することにより、雑菌汚染を回避しながら乳酸の生産性を高めることに成功した点は、実際の培養系への適用の可能性を広げる上で注目に値する。

以上、3つの乳酸発酵プロセスはそれぞれ独創性に富んでおり、いずれも実用化を視野に入れた実験結果から様々な発酵プロセスに発展することが期待される。特に、固体発酵と液体培養を組み合わせたバレイショ残渣からの乳酸発酵プロセスは、スケールアップの可能性が最も高いプロセスとして高く評価できる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。