



Doctoral Thesis

Biologische Herstellung von Acetoin und Butandiol sowie Produktabtrennung mittels Pervaporation

Author(s):

Dettwiler, Bernhard

Publication Date:

1991

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000592985> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

24. April 1991

Diss. ETH Nr. 9372

**BIOLOGISCHE HERSTELLUNG
VON ACETOIN UND BUTANDIOL
SOWIE PRODUKTABTRENNUNG
MITTELS PERVAPORATION**

Abhandlung

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

BERNHARD DETTWILER

Dipl. Chem.-Ing. ETH
geboren am 1. Januar 1961
von Langenbruck BL

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J.R. Bourne, Referent
Prof. Dr. F. Widmer, Korreferent
PD Dr. I.J. Dunn, Korreferent

Zürich 1991
Zentralstelle der Studentenschaft

bis
24 April 1991

Kurzfassung

Gegenstand dieser Arbeit war die biologische Herstellung von Acetoin und Butandiol mit *B. subtilis* sowie die Produktabtrennung mit Pervaporation.

In einem ersten Schritt wurde ein Medium, bestehend aus Melasse und Mineralsalzen, entwickelt. Dieses ist einerseits günstig und kann andererseits in hohen Substratkonzentrationen eingesetzt werden, was die Erzielung hoher Produktgehalte in der Fermentationslösung ermöglicht.

Die Fermentation wurde in Batch- und in kontinuierlicher Kultur untersucht. In Batchversuchen wurde mit maximal 250 g L^{-1} Melasse eine Produktkonzentration von 40 g L^{-1} bei vollständigem Zuckerumsatz erreicht. In kontinuierlicher Kultur ergaben sich maximal 30 g L^{-1} Produkte.

Weitere Versuche zeigten, dass Acetoin ab ca. 25 g L^{-1} und Butandiol ab ca. 60 g L^{-1} zu deutlicher Produktinhibition führt.

Das Auftreten von Produktinhibition legte die Einbeziehung einer in-situ Aufarbeitung - speziell für Acetoin - nahe. Die Pervaporation mit organophilen Membranen schien vom Verfahren her am besten geeignet.

Es konnte gezeigt werden, dass für Acetoin eine Anreicherung bei physiologischen Temperaturen grundsätzlich möglich ist, während Butandiol bei diesen Temperaturen einen zu geringen Dampfdruck aufweist.

Kommerzielle Membranen aus Polydimethylsiloxan (PDMS) zeigten zu kleine Trennleistungen. Diese waren vergleichbar mit denjenigen von porösen Teflon-Membranen, wie sie bei der Transmembrandestillation eingesetzt werden. Dagegen konnte mit einem Polymerfilm aus PEBAX eine Acetoinanreicherung um den Faktor 2 erzielt werden. Dieses Polymer war aber nicht als kommerzielle Membran verfügbar.

Zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit eines gekoppelten Prozesses trotz bisher fehlender Membranen wurde ein Simulationsmodell erstellt. Dieses umfasste im biologischen Teil unter anderem die Produktinhibition und Diauxieeffekte, wie sie im Komplexmedium auftraten. Am Modell konnte gezeigt werden, dass bereits Anreicherungsfaktoren von 2 bis 3 operative Vorteile bringen. Zudem führt die Prozesskopplung zu einem Zellrückhalt, der die Biomassekonzentration und die Produktivität im Reaktor erhöht.

Abstract

Scope of this work was the bioproduction of acetoin and butanediol with *B. subtilis* and the product separation by pervaporation.

First a culture medium based on molasses and some mineral salts was developed. This medium is cheap and can be applied in high substrate concentrations yielding high product contents in the fermentation broth.

The fermentation was investigated in batch and continuous culture. In batch experiments product concentrations of 40 g L^{-1} were obtained on 250 g L^{-1} of molasses in the media. Thereby sugar was completely converted. In continuous culture the maximum product yield was 30 g L^{-1} .

Further experiments showed that acetoin in concentrations above 25 g L^{-1} and butanediol above about 60 g L^{-1} is inhibitory to growth.

The incidence of product inhibition indicated an in-situ product separation, especially for acetoin. Pervaporation using organophilic membranes appeared to be the most promising method.

It could be shown that an enrichment of acetoin by pervaporation at physiological temperatures is in principle possible. For butanediol the vapor pressure at such temperatures is too low.

Commercially available membranes of poly-dimethyl-siloxane (PDMS) exhibited only poor separation effects, comparable to those of porous Teflon membranes used in trans-membrane distillation. Better results could be obtained using a polymer film made of PEBAX. An enrichment factor of 2 for acetoin could be reached. Unfortunately this polymer is not yet available as a membrane.

A simulation model was developed to estimate the performance of a coupled process in spite of the lack of suitable membranes. In the biological part the product inhibition and effects of the complex substrate, leading to diauxies, were considered. With this model it could be shown that already enrichment factors of 2 to 3 in the pervaporation module lead to operational advantages. Additionally the module acts as a cell retention system which results in higher biomass concentrations and a higher productivity.