



Doctoral Thesis

Leistungsvergleich von Bioreaktoren für mycelförmiges Wachstum

Author(s):

Wagner, Bernhard

Publication Date:

1987

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000412561> →

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](#).

Diss. ETH Nr. 8225 1987

**LEISTUNGSVERGLEICH
VON BIOREAKTOREN
FÜR MYCELFÖRMIGES WACHSTUM**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Naturwissenschaften

der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH**

vorgelegt von

Bernhard Wagner

Dipl.Chemiker

geboren am 17. Oktober 1956

in Heidelberg

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. A. Fiechter, Referent
Prof. Dr. G. Hamer, Korreferent

10. ZUSAMMENFASSUNG

Die direkte Übertragung von physikalischen Messungen zur Charakterisierung von Bioreaktoren ist nicht uneingeschränkt möglich. Vor allem die morphologische Entwicklung des Zellwachstums und deren Auswirkung auf Rheologie und Stofftransport lassen sich in Modellmedien nicht beurteilen. Diese Problematik tritt bei Züchtungen von mycelbildenden Pilzen klar zutage. Hier verändern sich sämtliche, im Zusammenhang mit der Zellstruktur stehenden Eigenschaften radikal im zeitlichen Verlauf. Ein Vergleich zwischen verschiedenen Reaktor-konstruktionen ist nur unter Einbeziehung dieser Aspekte sinnvoll, das heißt durch Erarbeiten mit biologischen Methoden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung eines biologischen Testsystems, bestehend aus einem mycelbildenden Pilz und einem, für diesen Zweck geeigneten Medium. Dieses System sollte im zweiten Teil für einen Vergleich zwischen dem herkömmlichen Rührkesselreaktor und verschiedenen Schlaufenreaktoren eingesetzt werden. Dabei war die analytische Erfassung der morphologischen Entwicklung des Pilzes und der Mediumsrheologie von besonderer Wichtigkeit.

Der mycelbildende Pilz *Chaetomium cellulolyticum* sowie ein halb-synthetisches Medium mit 5% Glucosegehalt erwiesen sich für diesen Zweck als geeignet. Die Biomasseproduktivität ist linear gekoppelt mit der Sauerstofftransferrate und die biologischen Kenngrößen sind über weite Bereiche als konstant zu betrachten. Mit einer hohen Wachstumsgeschwindigkeit ($\mu_m = 0.3 \text{ h}^{-1}$) werden hohe Biomasseausbeuten ($Y_{X/S} = 0.5$) und ausreichende Zelldichten ($X_{\max} = 25 \text{ g l}^{-1}$)

erreicht. Die Viskosität steigt bis zu Zelldichten von etwa 10 g l^{-1} stark an, und es ergibt sich strukturviskoses rheologisches Verhalten.

Es konnte festgestellt werden, daß der geschwindigkeitsbestimmende Schritt des Sauerstofftransfers für den eingesetzten Mycelbildner nicht beim Übergang von der gasförmigen zur flüssigen Phase, sondern bei der Aufnahme in die Zelle liegt. Als Folge davon liegen die in den verschiedenen Reaktoren maximal erreichten Sauerstofftransferraten trotz unterschiedlicher Leistungseinträge durchweg zwischen 1.4 und $1.8 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Nur im Rührkesselreaktor lassen sie sich durch eine erhöhte Begasung bis auf $2.4 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ steigern. Auch die Sauerstoffeintragungseffizienz in den einzelnen Reaktoren unterscheidet sich nicht wesentlich.

Die unterschiedlich starken Scherbelastungen durch die Rührorgane führen zu verschiedenen morphologischen Entwicklungen, die mit den Beobachtungen zu den rheologischen Eigenschaften in Einklang stehen. Lange, dünne Einzelfilamente ergeben höhere Viskositätswerte als die kürzere und dickere oder die pelletierte Mycelform.

Bei den durchgeführten satzweisen Kultivationen ergaben sich keine Beschränkungen für den Einsatz des neu entwickelten Testsystems. Die biologischen Wachstumsparameter bleiben von den reaktorspezifischen Belastungen unbeeinflusst. Insgesamt wurden Versuche in vier bauartlich verschiedenen Reaktoren und in einem Maßstab zwischen 30 l und 3000 l durchgeführt. Auch praktische Gesichtspunkte wie die Tendenz zu Wandwachstum, die Ausbildung von Inhomogenitäten oder Totzonen und der Aufwand für die Reinigung lassen sich mit dem eingesetzten Testsystem vergleichend beurteilen.

Die erarbeiteten Ergebnisse zeigen, daß die verschiedenen Schlaufenreaktoren in der vorliegenden Form dem Rührkessel nur in einigen, speziellen Kriterien überlegen sind. Wegen seines geringen Leistungsbedarfs kommt der JLR für Prozesse in Frage, bei denen die Enrgiekosten minimal gehalten werden müssen. Der COLOR zeigt die geringste Abhängigkeit von den Mediumseigenschaften und könnte dementsprechend bei extremen Viskositäten oder bei starker Schaumentwicklung zum Einsatz kommen. Die größte Variabilität in der Beeinflussung des Prozeßgeschehens bietet jedoch der STR, und auch die Sauerstofftransportleistungen sind für das eingesetzte Testsystem unerreicht. Aus diesen Gründen sind die vorgestellten Schlaufenreaktoren für einen technischen Einsatz bei entsprechenden Prozessen insgesamt nicht in allen Teilen konkurrenzfähig.

SUMMARY

The use of physical measurements for the characterization of bioreactors does not allow fully comprehensive descriptions to be developed. For example, it is not possible to assess the morphological changes in the growing cells and their effects on rheology and mass transfer. This problem is particularly evident when considering the cultivation of mycelial organisms that produce high and increasing viscosity of the culture broth with respect to time. To take such aspects into account, the performance of different reactor types has to be considered in growing cultures.

The first aim of this work was to develop a biological test system using a mycelial fungus growing in an appropriate medium. The second aim was to use this system to obtain a comparison between a conventional stirred tank reactor (STR) and three different types of loop reactors. Characterization of morphological properties and their effect on broth rheology was considered to be of particular importance.

The mold *Chaetomium cellulolyticum* and a semisynthetic medium containing 5 % glucose appeared to be well suited for this purpose. The biomass productivity is a linear function of the oxygen transfer rate and biological parameters are constant over a wide range of conditions. Good biomass yields ($Y_{x/s} = 0.5$) and high cell densities ($X_{\max} = 25 \text{ g l}^{-1}$) can be achieved at a high growth rate ($\mu_m = 0.3 \text{ h}^{-1}$). There is a marked change in rheological properties up to a biomass concentration of 10 g l^{-1} , when the flow behaviour becomes pseudoplastic.

The rate determining step for oxygen transfer was found to be controlled by the liquid film resistance at the hyphae and not the liquid

film resistance at the bubble as is the case for unicellular organisms. As a result of this, the maximal oxygen transfer rates in the different reactors tested lie between 1.4 and 1.8 g l⁻¹ h⁻¹. Increases in oxygen transfer rates with higher gas flow rates do not occur, with the exception of the STR, where 2.4 g l⁻¹ h⁻¹ can be reached. The oxygen input efficiency also differs less than expected for the considered reactors.

The different stirring devices in the reactors result in different disruptive shear forces on the mycelium. This causes several morphological forms which correspond to changes in rheology. Higher viscosities result from long, thin filaments whereas lower viscosities result from either thicker filaments or pellets.

No restrictions with respect to the use of the new developed test system have been found during various batch cultivations. Four bioreactors with different designs have been examined, and their volumes have been varied between 30 l and 3000 l. In addition, wall growth tendency, formation of inhomogenities, reactor compartmentation and ease of cleaning have also been considered.

The results of the evaluation show that the different loop reactors exhibit some special advantages in comparison with the STRs. Changing medium properties are of the least influence on the reactor performance in the compact loop reactor (COLOR), thereby indicating the value of such designs for either extremely viscous culture broths or when excessive foam formation occurs. Because of its low power demand, the jet loop reactor (JLR) is preferred when energy costs have to be minimized. The STR has the largest potential effect on process performance, and oxygen transfer rates are higher than in the other reactors. Hence, the loop reactors evaluated are, at the moment, non-competitive for technical-scale process operation.