

Bioethanolproduktion aus lignocellulosehaltiger Biomasse

Limitierende Faktoren der Bioethanolproduktion der zweiten Generation

„High-solids“ Bioethanolproduktion

Eine hohe Feststoffbelastung (>15% w/w) ist maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit des gesamten Bioethanolprozesses. Eine Erhöhung der Feststoffbelastung führt jedoch zu einer Vielzahl ungewollter Nebeneffekten, die den gesamten Prozess negativ beeinflussen und die Ethanolausbeute signifikant reduzieren kann [1]. Diese Limitierungen können in physikalische und biologische Faktoren unterteilt werden:

Physikalische Limitierung

- Immobilisierung von Enzymen durch eine unproduktive Bindung an Lignin
- Endproduktinhibition durch eine inhomogene Verteilung von Enzymen und hydrolytischen Abbauprodukten
- Geringe Verfügbarkeit von freiem Wasser zur Spaltung der glykosidischen Bindungen

Biologische Limitierung

- Konzentration toxischer Stoffe (Inhibitoren) wie z.B. organischen Säuren, Furfural und phenolischen Verbindungen, die während der hydrothermalen Vorbehandlung der Biomasse entstehen [2].

Überwindung limitierender Faktoren

Um die **physikalischen Limitierungen** eines „high-solids“ Prozesses genauer zu verstehen wurden Experimente mit veränderten Prozessparametern durchgeführt. Durch Optimierung der enzymatischen Hydrolyse konnten die physikalischen Limitierungen signifikant reduziert werden, wodurch eine Feststoffbelastung von >35% w/w ermöglicht wurde. Wichtiger Bestandteil war dabei die **Reduzierung der Faserlängen** der Substrate.

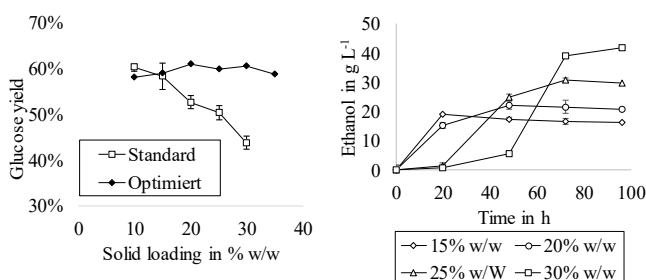


Fig.1: Glucoseausbeute in Abhängigkeit der Feststoffbelastung vor und nach einer Prozessoptimierung (links). Ethanolausbeute während der Fermentation von Hydrolysaten mit steigenden Feststoff- und Inhibitorkonzentrationen (rechts).

Biologische Limitierungen

Im Prozess entstehen Hydrolysate, die abhängig vom verwendeten Substrat unterschiedliche Konzentrationen an Inhibitoren beinhalten. Dies beeinträchtigt den Fermentationsprozess.

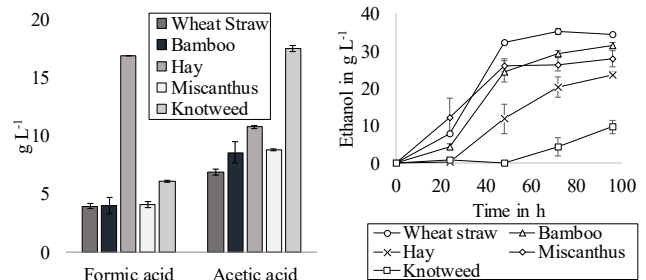


Fig.2: Konzentrationen von Inhibitionsstoffen in Hydrolysaten verschiedener Substrate (links). Ethanolausbeute während der Fermentation aus unterschiedlichen Substraten (rechts).

Zur Reduktion der Inhibition wurden biotechnologische Lösungen entwickelt, die dabei helfen können eher ungeeignete Substrate für die Bioethanolproduktion nutzbar zu machen. Die Lösungsstrategien umfassten:

- Mikrobielle Vorbehandlung der Biomasse zum Abbau von Inhibitoren
- Optimierte Prozessführung zur Steigerung der Ethanolausbeute
- Einsatz genetisch optimierter, resistenter Hefe-Stämme

Table.2: Biologischer Abbau von Inhibitoren durch Mikroorganismen

Inhibitor	Unit	Untreated	Detoxified
Acetic Acid	g L ⁻¹	7,40 ± 0,57	0,50 ± 0,05
Phenolic content	g L ⁻¹	0,40 ± 0,00	0,13 ± 0,01

Ausblick

- Fermentation von C5-Zuckern mithilfe von industriellen GMO-Hefen (Cellux™ 4, Lesaffre, France)
- Übertragung des Prozesses auf einen großtechnischen Maßstab und Etablierung einer State-of-the-art second-generation Bioethanolproduktion
- Weiterführende Forschung zur Prozessoptimierung in einem großtechnischen Maßstab

Literatur

- [1] Da Silva et al., Constraints and advances in high-solids enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass: a critical review, *Biotechnology for biofuels* 13 (2020) 58. <http://dx.doi.org/10.1186/s13068-020-01697-w>
- [2] Kim, Physico-Chemical Conversion of Lignocellulose: Inhibitor Effects and Detoxification Strategies: A Mini Review, *Molecules (Basel, Switzerland)* 23 (2) (2018). <http://dx.doi.org/10.3390/molecules23020309>