



Nico Anders (Autor)

# Hydrolyse von agrarischen Rest- und Rohstoffen

## *Katalysatorscreening für die Verzuckerung von Weizenkaff*



### Hydrolyse von agrarischen Rest- und Rohstoffen

Katalysatorscreening für die Verzuckerung von Weizenkaff

Nico Anders



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6656>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



1	Einleitung.....	1
2	Aufgabenstellung.....	3
3	Theoretische Grundlagen.....	5
3.1	Nachwachsende Rohstoffe.....	5
3.1.1	Cellulose.....	6
3.1.2	Hemicellulose.....	8
3.1.3	Lignin.....	9
3.2	Hydrolyse der Zellwandbestandteile.....	11
3.2.1	Physikalische Hydrolyse.....	11
3.2.2	Chemische Hydrolyse.....	11
3.2.3	Biologische Hydrolyse.....	19
3.3	Historische Entwicklung / Stand der Technik.....	21
4	Experimentalteil.....	28
4.1	Material.....	28
4.1.1	Biomassen und Referenzstandards.....	28
4.1.2	Enzyme.....	30
4.2	Methoden.....	30
4.2.1	Biomassecharakterisierung.....	30
4.2.2	Bestimmung der Trockenmasse.....	31
4.2.3	Bestimmung des Stickstoffgehaltes.....	31
4.2.4	Bestimmung des Kohlenhydratgehaltes.....	32
4.2.5	Bestimmung des Ligningehaltes.....	32
4.2.6	Bestimmung des Aschegehaltes.....	32
4.3	Enzymcharakterisierung.....	32
4.3.1	Cellulase.....	33
4.3.2	Endo- $\beta$ -1,4-Glucanase.....	34
4.3.3	$\beta$ -1,4-Glucanase.....	34
4.3.4	Xylanase.....	35



## Inhaltsverzeichnis

4.3.5	Glucoseisomerase .....	36
4.3.6	Löslicher Proteingehalt .....	36
4.4	Chemischer Aufschluss .....	37
4.4.1	Berghof Aufschlusssystem .....	37
4.4.2	Parr-Reaktor .....	38
4.5	Enzymatischer Aufschluss.....	39
4.5.1	Vorbehandlungen .....	39
4.5.2	HT Infors Schüttler.....	40
4.6	Präparation amorpher Cellulose .....	40
4.6.1	Amorphe Cellulose durch Mahlen .....	40
4.6.2	Amorphe Cellulose durch Phosphorsäure .....	40
4.7	Analytik .....	41
4.7.1	Gaschromatographie gekoppelt mit massenselektiven Detektor .....	41
4.7.2	Gelpermeationschromatographie gekoppelt mit Brechungsindexdetektor .....	42
4.7.3	Ionenaustauschchromatographie gekoppelt mit amperometrischer Detektion ..	43
4.7.4	Hochleistungsflüssigchromatographie gekoppelt mit UV- und RI-Detektor.....	44
4.7.5	Hochleistungsdünnschichtchromatographie gekoppelt mit UV-Detektion.....	45
4.7.6	Photometer .....	46
4.8	Statistik .....	46
4.9	Auswertung.....	47
5	Ergebnisse und Diskussion .....	48
5.1	Analytik der Hydrolysate.....	48
5.2	Biomassencharakterisierung .....	50
5.2.1	Charakterisierung der Biomasse durch quantitative Hydrolyse .....	51
5.2.2	Optimierung quantitative Hydrolyse .....	54
5.2.3	Charakterisierung agrarischer Rest- und Rohstoffe .....	58
5.2.4	Zusammenfassung .....	59
5.3	Hydrolyse mit physikalischen Methoden .....	60



5.4	Hydrolyse mit chemischen Methoden .....	62
5.4.1	Sauer katalysierter Aufschluss .....	62
5.4.2	Alkalisch katalysierte Hydrolyse .....	68
5.4.3	Lösungsmittelbasierte Hydrolyse.....	69
5.4.4	Zusammenfassung.....	70
5.5	Enzymatische Hydrolyse .....	70
5.5.1	Charakterisierung der Enzyme .....	71
5.5.2	Vergleich der Substrate Cellulose und Xylan .....	75
5.5.3	Einfluss der Kristallinität des Substrates.....	78
5.5.4	Einfluss des Substratgehaltes .....	86
5.5.5	Inhibierung der Cellulasen .....	88
5.5.6	Hydrolyse von Reststoffen.....	96
5.5.7	Zusammenfassung.....	98
5.6	Kopplung von Hydrolyseverfahren .....	100
5.6.1	<i>Liquid hot water</i> -Vorbehandlung.....	100
5.6.2	Säure-Vorbehandlung.....	103
5.6.3	Alkali-Vorbehandlung.....	105
5.6.4	Lösungsmittelbasierte-Vorbehandlung .....	106
5.6.5	Bilanzierung der Hydrolyse von Weizenkaff nach der Organosolv- Vorbehandlung.....	122
5.6.6	Zusammenfassung.....	124
6	Zusammenfassung.....	127
7	Ausblick.....	131
8	Literatur.....	133
9	Anhang.....	153
9.1	Ergänzende Daten.....	153
9.2	Abkürzungsverzeichnis .....	157
9.3	Chemikalien.....	159



## Inhaltsverzeichnis

9.4	Geräte.....	160
9.5	Abbildungsverzeichnis .....	160
9.6	Tabellenverzeichnis .....	163
9.7	Danksagung .....	166