

Valorization of biologic waste from agricultural and marine origins – challenges and opportunities

Doris Schieder¹ & Volker Sieber^{1,2}

¹Lehrstuhl für Chemie Biogener Rohstoffe
TU München, Wissenschaftszentrum Straubing
& ²Fraunhofer Projektgruppe BioCat
94315 Straubing
www.rohstoffwandel.de

The conversion of biomass from agricultural waste materials to fuels and chemicals is an important issue not only in the light of dwindling fossil resources but also for providing farmers added income. Different types of wastes are available such as residues from cereal production (lignocellulose), oil production (proteins, oils), starch production (protein, cellulose, residual starch) or fisheries (proteins, chitin). Depending on the type of waste different challenges have to be faced such as heterogeneous substrates, formation of toxic byproducts, low product concentrations, and expensive transport. Several examples are given, how to tackle these challenges and such how to best utilize different waste materials.

Paenibacilli, for example, are useful in the production of 2,3-butanediol from lignocellulose hydrolysates because they very efficiently grow on C5 as well as on C6 sugars. However, their tolerance to phenolic derivatives of lignin is very low requiring efficient detoxification prior to fermentation of lignocellulose hydrolysates. We applied an enzyme system from commercial wood pulp processing in combination with activated carbon to reduce the toxicity in the hydrolysates of liquid hot water pretreated lignocellulose samples. The procedure enabled good growth and 2,3-butanediol formation by *Paenibacillus polymyxa* spec. in the tested hydrolysates.

Valorization of lignin via the targeted production of phenolic monomers remains difficult. Methods of chemical catalysis at high temperature lead to a large number of undefined products by partial repolymerization and product rearrangement due to radical formation. We used a natural cascade of three enzymes for the cleavage of the β -O-4-aryl ether linkage to partially depolymerize lignin at ambient conditions. By including an additional enzyme, glutathione reductase we established an effective way to regenerate all co-substrates allowing for a self-sufficient balanced enzymatic cascade.

Fishery waste is an alternative feedstock, which in contrast to agricultural waste is costly to dispose and such provides a higher margin for valorization. Here the EU funded large integrated R&D project ChiBio is pursuing the development of an integrated biorefinery for processing chitin rich biowaste to specialty and fine chemicals.

Decentralized biomass conversion today is mainly for the production of biogas. The advantage here is easy product separation from very heterogeneous substrates in the gas phase. Easy product separation that might be possible in the production of organic solvents or short chain olefins could enable small scale biorefineries for material use of biomass.

Das BERBION-Projekt - energetische und stoffliche Nutzung regionaler Bioressourcen

Dipl.-Ing. Helmut Adwiraah
Hamburg University of Technology
Technische Universität Hamburg-Harburg

Das BERBION-Projekt ist ein langfristig angelegtes, innovatives Verbundvorhaben, welches über einen Zeitraum von 5 Jahren bearbeitet wird. Es legt die Grundlagen zur Umsetzung von Gesamtkonzepten für die energetische und stoffliche Nutzung von in Städten anfallenden Bioressourcen. Die Ergebnisse des Vorhabens sollen in einem konkreten Fallbeispiel – dem Hamburger Bezirk Bergedorf – nach Abschluss des Projektes umgesetzt werden. Die Hauptziele sind hierbei die Maximierung des Energieertrags aus denen im Hamburger Bezirk Bergedorf anfallenden Bioressourcen und deren vollständige Verwertung unter Ausnutzung der stofflichen Potenziale. Der Bezirk beinhaltet sowohl innerstädtische und städtische Siedlungsstrukturen als auch dörfliche und landwirtschaftlich geprägte Gegenden sowie Wald, Naturschutz- und Naherholungsgebiete, in denen sich auch Seen, Deiche und Flussufer befinden. Damit und mit seinen 120.000 entspricht der Bezirk einer kleinen Deutschen Großstadt und ist damit sehr gut als Modellgebiet geeignet.

Das Konsortium besteht aus Partnern aus den Bereichen Abfallwirtschaft, Abwasserwirtschaft, Biomassenutzung, Bioethanol, Mikrobiologie, Logistik, Umweltchemie und Enzymtechnologie, wobei sowohl Universitäten und Forschungseinrichtungen als auch Kleinunternehmen, kommunale Entsorger und die Bezirksverwaltung vertreten sind.

Zunächst wurde ein umfassende Bioressourceninventur durchgeführt, welche alle wesentlichen festen und flüssigen Bioressourcen – die städtischen organischen Abfälle und Abwässer – quantitativ und qualitativ unter Einbeziehung jahreszeitlicher Schwankungen ermittelt und in einem Geoinformationssystem (GIS) verortet und damit für die Entwicklung von Verwertungs- und Logistikkonzepten zur Verfügung stellt.

Für die relevanten Stoffströme, welche vorwiegend aus Gras, Rasen, Mischgrün, holzigen Garten- und Parkabfällen und Pferdemist sowie Fettabscheiderinhalten und Abwasser aus Wohn- und Geschäftsgebieten bestehen, wurden verschiedene Vorbehandlungsmethoden, wie Dampfdruck, Auspressen, Kavitation oder die Lagerung und Konservierung durch Silierung und deren Auswirkungen auf die nachfolgenden Bioenergieproduktion durch Biogas und Bioethanol untersucht. Zusätzlich werden neben den herkömmlichen Einsammelungsverfahren bei Privathaushalten auch Alternativen, wie die Einsammlung von Lebensmittelabfällen durch Küchenabfallzerkleinerer und alternative Sammelsysteme, wie Unterflur-, Optibag und Vakuumsysteme für feste Abfälle betrachtet. Toilettenabwasser kann durch Vakuumtoiletten konzentrierter erfasst und damit für eine Verwertung in einer Biogasanlage zur Verfügung gestellt werden oder es kann durch Trenntoiletten in Gelb- und Braunwasser getrennt erfasst werden, so dass sich neben Energie aus dem Braunwasser Phosphor in Form von Magnesium-Ammonium-Phosphat zurückgewinnen lässt, welches zusammen mit aufkonzentrierten Gärresten und anderen Additiven zu Bodenhilfsmitteln pelletieren lässt.

Aus den gewonnenen Ergebnissen werden derzeit 3 Verwertungs- und Logistikkonzepte mit unterschiedlichem Zeithorizont entwickelt, welche ökonomisch als auch ökologisch bewertet und kurz-, mittel- und langfristig im Bezirk Bergedorf umgesetzt werden sollen.

Dechema-Frühjahrstagung der Biotechnologen

Session „Reststoffnutzung“

Dr. Sascha Beutel
Institut für Technische Chemie
Leibniz Universität Hannover

Titel:

Erweiterung der Wertschöpfungskette durch Reststoffnutzung am Beispiel Molkenkonzentrat und Kartoffelfruchtwasser

Abstract:

Die Erweiterung von Wertschöpfungsketten durch die Nutzung von Reststoffen der industriellen Verarbeitung von pflanzlichen und tierischen Rohstoffen stellt einen der Hauptschwerpunkte nachhaltigen Wirtschaftens dar. Die Möglichkeiten hierfür sind zahlreich und spezifisch für jeden Reststoffstrom. Zwei dieser Möglichkeiten sollen im Vortrag vorgestellt und diskutiert werden. Zum Einen wird eine stoffliche Nutzung, wie die Isolierung von wertvollen minoren Bestandteilen beschrieben, zum Anderen die energetische Nutzung, durch Umsetzung von Inhaltsstoffen aus Reststoffströmen zu Energieträgern.

Im ersten Beispiel wird Kartoffelfruchtwasser (KFW), ein Reststoff der industriellen Kartoffelstärkeproduktion verarbeitet, um die wertvollen minoren Proteine der Kartoffel in nativer, bioaktiver Form aus dem KFW zu isolieren. Hierfür wird eine neue Generation von partikelgängigen Membranadsorbern eingesetzt, die eine direkte Prozessierung des unbehandelten KFW erlauben. Der Prozess wurde bis zu einem Maßstab von 1 m^3 Prozessvolumen aufskaliert. Die gewonnenen Proteinfractionen haben aufgrund ihrer nativen Konformation eine höhere Wertschöpfung als die klassisch hitzeokoagulierten, denaturierten Proteinfractionen aus KFW und eröffnen so den Einsatz in neuen Anwendungsgebieten wie der Nahrungsmittelindustrie.

Im zweiten Beispiel wird teilentzuckertes Molkenkonzentrat (TEM30), ein Reststoff der Molkeverarbeitung als Medium für die biotechnologische Hefeanzucht und fermentative Umsetzung des Restlaktosegehaltes zu Ethanol eingesetzt. Diese etablierte Technologie wird unter dem Einsatz einer Hefe der Gattung *Kluyveromyces marxianus*, die in der Lage ist, die Laktose zu spalten, umgesetzt, wobei eine Produktion von bis zu 7 vol% Ethanol in weniger als 70h Fermentationszeit angestrebt wird. Nach dem Seed-Train bis zu einem Volumen von 30 m^3 wird die Fermentation von 1:1 verdünntem TEM30 durch die Hefe in industriellem Maßstab von 150 m^3 untersucht, wobei ein wichtiger Aspekt neben der Biomasserückgewinnung auch die Bewertung der entstehenden Schlempe ist, in der sich die Ascheanteile des Molkenkonzentrats anreichern.

Die vorgestellten Beispiele industriell relevanter Prozesse illustrieren die heutigen Möglichkeiten der Reststoffnutzung, die aufgrund der sich stetig weiterentwickelnden biotechnologischen Verfahren immer vielfältiger werden. Hiervon können insbesondere die Bereiche der pharmazeutischen und chemischen Industrie sowie der Lebensmittel- und Energiesektor profitieren, indem bei gleichzeitiger Verlängerung der Wertschöpfungskette durch die nachhaltige Nutzung auch geschlossene Prozesskreisläufe generiert werden sowie Energieaufwand und Abfalllasten verringert werden.

Herstellung und Charakterisierung tierischer Proteinhydrolysate als N-Quelle für Fermentationsprozesse

Dr. Axel Höhling
ANiMOX GmbH Berlin
Max-Planck-Straße 3, D-12489 Berlin
Fon/Fax: +49(30) 6392 10-40/-42; E-Mail: a.hoehling@animox.de

Dr. Joachim Venus
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Abt. Bioverfahrenstechnik
Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam
Fon/Fax: +49(331)5699-112/-849; E-Mail: jvenus@atb-potsdam.de

Bei der Herstellung sogen. Basischemikalien spielen neben immer wichtiger werdenden Fragen hinsichtlich Menge und Verfügbarkeit von Rohstoffen sowie deren Beschaffenheit und Qualität vor allem die Materialkosten eine entscheidende Rolle. Insbesondere für Verfahren der Weißen Biotechnologie, in denen der Kohlenstoff aus verschiedenen Substraten in mikrobielle Produkte (z. B. Milchsäure) umgewandelt wird, besteht ein zunehmendes Interesse an der Verwertung von biogenen Rest- und Abfallstoffen, um den komplexen Nährstoffbedarf der kultivierten Mikroorganismen zu decken.

Neben den in der Biotechnologie weithin verwendeten Stickstoffquellen, wie Pepton/Trypton aus enzymatisch hydrolysiertem Eiweiß unterschiedlicher Herkunft sowie Hefeextrakt aus autolyseierten Hefezellen, bieten tierische Nebenprodukte eine deutlich kosteneffizientere Rohstoffbasis und sind in großem Umfang verfügbar. Durch thermische Behandlung nach dem ANiMOX-Verfahren werden diese zu hochwertigen Nährstoffpräparaten verarbeitet, die eine den o. g. Materialien vergleichbare Verwertbarkeit und Nährstoffdichte aufweisen. Die Optimierung der Produktionsparameter erfolgt dabei anwendungsspezifisch, was ein bestmögliches Kosten-Nutzen-Verhältnis gewährleistet.

Bei der Verwendung von Nebenprodukten aus dem Agrarsektor als Kohlen- und Stickstoffquelle für die Milchsäurefermentation sind Aspekte ggf. zusätzlich erforderlicher Vorbehandlungsschritte (z. B. nicht ausschließlich enzymatische Hydrolyse von lignocellulosehaltigen Substraten oder nicht ausschließlich thermische Hydrolyse von tierischen Mehlen), mögliche unerwünschte Verunreinigungen (z. B. Schwermetalle in Siedlungsabfällen oder Altpapier oder Maillard-Produkte in den Peptid-Aminosäurelösungen), nicht oder schwer verwertbare Inhaltsstoffe (z. B. Pentosen, große Proteinmoleküle) sowie teils schwankende bzw. verhältnismäßig niedrige Konzentrationen fermentierbarer Zucker in diesen Materialien zu berücksichtigen.

Mit der wachsenden Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft, auch als Ausdruck steigenden Lebensstandards, fallen in immer mehr Ländern zunehmende Mengen an tierischen Nebenprodukten an. Ungeachtet der Anstrengungen, Teile dieses Potenzials einer direkten Verfütterung für Nutztiere (wieder) verfügbar zu machen, bleibt ein großer Rest, der bisher nur unzureichend verwertet wird. Stickstoffquelle für die Kultivierung von Mikroorganismen zu sein, ist

dabei eine besonders hochwertige Nutzung, ein Weg, der für fast alle wirtschaftlich interessanten Mikroorganismen geöffnet werden kann.

In dem Tandem-Vortrag werden Beispiele für die Nutzung neuartiger Stickstoffpräparate (Proteinhydrolysate aus Mehlen und Rohware tierischer Herkunft) aus laufenden Projekten/Arbeiten vorgestellt sowie deren Potential für die Verwendung als Nährstoff- u./o. Substratquelle für die Milchsäurefermentation diskutiert.

Keywords: Weiße Biotechnologie; Nachwachsende Roh-/Reststoffe; Fermentationsprozesse; Milchsäure; Bioökonomie

Dezentrale Vorbehandlung und Verarbeitung pflanzlicher Reststoffe für Bioraffinerien

N. Tippkötter, S. Möhring, S. Maurer, J. Roth

Nachwuchsgruppe BioSats, Bioverfahrenstechnik, Technische Universität

Kaiserslautern, Deutschland

Bioraffinerien sind auf eine fortwährende Gewährleistung eines hohen Produktions- bzw. Lieferbedarfs nachwachsender Rohstoffe angewiesen. Somit erscheinen dezentrale regionale Vorbehandlungs- und Wertschöpfungsanlagen in der Nähe landwirtschaftlicher Betriebe unerlässlich. Im Rahmen der Arbeiten der BMELV-Nachwuchsgruppe BioSats werden lokale Vorbehandlungsstrategien für die nachfolgende Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Bioraffinerien untersucht. Hierbei wird die gesamte Wertschöpfungskette von dem Agrarreststoff bis zum Produkt abgebildet, um ökonomisch sinnvolle Grenzen modularer Anlagen festzulegen.

Oftmals zeichnen sich diese landwirtschaftlichen Reststoffe (wie Gras- und Heckenschnitt) einerseits durch hohe Diversität sowie andererseits durch hohe Verderblichkeit aus. Um sowohl die Lagerungsfähigkeit zu erhöhen als auch die Schüttdichte und damit das Transport- und Lagervolumen der Agrarreststoffe zu verringern, wird der Einfluss von Zerkleinerung und Trocknung auf die Rohstoffe dargestellt. Die untersuchten Parameter sind hierbei die Trocknungstemperatur, die Trocknungszeit und die in der Biomasse verbleibende Restfeuchtigkeit bzw. deren Einfluss auf die weitere enzymatische Verwertbarkeit

Die enzymatische Hydrolyse der so vorbehandelten Polysaccharide zu fermentierbaren Monosacchariden wird unter Einsatz statischer und dynamischer Systeme verglichen. Zum einen kommt ein innovativer Durchflussreaktor mit Substratrückhaltung zum Einsatz, der den Einsatz höherer Feststoffkonzentrationen sowie gesteigerte Produktkonzentrationen ermöglicht. Zum anderen wird, vergleichend dazu, der Einfluss der Durchmischung während der Hydrolyse im konventionellen Satzreaktor unter Einsatz verschiedener Rührelemente dargelegt. Hierfür werden Änderungen der Viskosität, Newton-Zahl sowie Partikelgrößenverteilung von Cellulosesuspensionen verglichen und eine neu entwickelte Rührergeometrie vorgestellt.

Einer der Forschungsschwerpunkte im Bereich der Wertschöpfung der enzymatischen Hydrolysate liegt in der fermentativen Biobutanolgewinnung aus dem Rohhydrolysat. Zur einstufigen Aufreinigung des Butanols aus dem Fermentationsmedium wird ein neues partikelbasiertes Extraktionskonzept vorgestellt. Hierdurch ist eine selektive Abtrennung der gebildeten Alkohole im Bypass-Verfahren möglich. Der Prozess der fermentativen Umsetzung wird durch ein numerisches Modell abgebildet, mit dem Vorhersagen zur optimalen Butanolabtrennung und Ausbeuteoptimierung gemacht werden können.

Diese Arbeiten werden vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), im Rahmen des Projekts „Lokale Vorbehandlung nachwachsender Rohstoffe für Bioraffinerien“ (FKZ 22028411), gefördert.