

## **Verfahren zur Verarbeitung von Dünnschlempe und Vorrichtung zur Herstellung eines proteinhaltigen Produktes**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

- 5 Bei der Gewinnung von Ethanol im Destillationsverfahren aus Getreide, wie Mais, Weizen und/oder Triticale fällt ein großer Anteil an Schlempe an.

Aus dieser Schlempe kann u.a. Futter für die Tierhaltung gewonnen werden.

- 10 In dem bislang üblichen Verfahren wird die Schlempe mittels eines Dekanters in Dünn- und Dickschlempe getrennt. Die Dünnschlempe wird einem Verdampfer zugeführt, um den Wassergehalt weiter abzusinken und eine weitere Aufkonzentrierung zu erreichen, wobei man nach diesem Verfahrensschritt vom sogenannten Schlempesirup spricht. Anschließend wird die Dickschlempe wieder mit dem Schlempesirup vermischt und einem Trockner zugeführt, um einen
- 15 Trockensubstanzgehalt von über 90 Gew.-% zu erreichen. Dieses gewonnene Futter kann allerdings nur an Wiederkäuer verfüttert werden, da der Anteil an faserhaltigem Material sehr hoch ist und die Verwendung dieses nahrhaften Futterzusatzes daher auf einige Anwendungsbereiche beschränkt ist.

- 20 Die DE 20 2009 013 389.3 offenbart eine Vorrichtung zur Gewinnung eines Produktes bei dem die Dünnschlempe durch Ultrafiltration aufkonzentriert und anschließend zusammen mit der Dickschlempe in einer Trocknungsvorrichtung zusammengeführt wird. Diese Vorrichtung hat sich grundsätzlich bewährt, allerdings kann auch in diesem Fall das hergestellte Produkt nur an Wiederkäuer verfüttert werden. Zudem hat sich gezeigt, dass die Ultrafiltration bei der Verarbeitung von Dünnschlempe nur bis zu einer bestimmten Konzentrierungsgrad wirtschaftlich betrieben werden kann.

- 30 Es ist nunmehr Aufgabe der vorliegenden Erfindung einerseits ein Verfahren bereitzustellen, welches eine optimale Betriebsweise einer Filtrationsanlage gewährleistet und andererseits eine Vorrichtung zu schaffen, um ein protein- und fetthaltiges, im Wesentlichen faserfreies, Wertprodukt herzustellen.

- 35 Die Erfindung löst diese Aufgaben durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 11.

Erfindungsgemäß umfasst ein Verfahren zur Verarbeitung von Dünnschlempe, folgende Schritte:

- a) Zuführen von Dünnschlempe in einen Arbeitsbehälter;
- b) Filtration und Vorkonzentrieren von Dünnschlempe in einer Filtrationsanlage; und
- c) Rückführen eines ersten Teilstromes an vorkonzentrierter Dünnschlempe zu der in dem Arbeitsbehälter befindlichen Dünnschlempe zur Einstellung des Gehaltes an Trockensubstanz.

Durch das Rückführen des ersten Teilstromes an vorkonzentrierter Dünnschlempe zu der in dem Arbeitsbehälter befindlichen Dünnschlempe kann der Trockensubstanzgehalt dieser Dünnschlempe erhöht werden, was eine optimalere Arbeitsweise und eine höhere Effizienz der Filtrationsanlage ermöglicht.

Vorteilhafte Ausgestaltungsvarianten der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Im Anschluss an das Vorkonzentrieren der Dünnschlempe durch die Filtrationsanlage kann eine Strömungsteilung erfolgen, wobei ein erster Teilstrom in den Arbeitsbehälter rückgeführt wird und ein zweiter Teilstrom weiterverarbeitet wird.

Dieser zweite Teilstrom kann im Anschluss von der Filtrationsanlage an ein mechanisches fest-flüssig Trenngerät weitergeleitet werden, in welchem die Dünnschlempe nochmals aufkonzentriert wird, so dass vorteilhaft eine Dünnschlempe mit einem Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise größer als 12 Gew.-% gebildet wird. Durch die Kombination einer Filtrationsanlage mit einer Zentrifuge kann vorteilhaft ein besonders temperaturschonendes Aufkonzentrieren der Dünnschlempe erfolgen.

Nach der weiteren Aufkonzentrierung der Dünnschlempe durch die Klärung und Abführung der geklärten wässrigen Phase wird die abgeschleuderte Dünnschlempe als Düsenphase des Separators in eine Trocknungsvorrichtung, beispielsweise einem Sprühtrockner, überführt, wo sich durch Trocknen der konzentrierten Dünnschlempe ein proteinhaltiges im Wesentlichen faserfreies Wertprodukt bildet, welches beispielsweise als Futterzusatz geeignet ist.

Die Trocknung kann produktschonend erfolgen, also keine Trocknung in Öfen, Flammen oder dergleichen, so dass wertvolle Inhaltsstoffe durch Wärmeeinwirkung nicht geschädigt werden. Die Trocknung kann allerdings auch nach der Bearbeitung in der Zentrifuge entfallen.

5

Die dem Arbeitsbehälter zugeführte Dünnschlempe kann vorteilhaft durch Verarbeitung von Getreideschlempe, beispielsweise im Anschluss an eine Destillation, in einem Dekanter bereitgestellt werden.

10

Es ist weiterhin von Vorteil, wenn zusätzlich zur aufkonzentrierten Dünnschlempe ein Permeatstrom aus der Filtrationsanlage abgeführt wird, welcher einer z.B. anaeroben Abwasserreinigung zuführbar ist oder wieder als Prozesswasser verwendet wird. Dies ist von Vorteil, da dadurch das Abwasser problemlos aufgearbeitet werden kann und keiner gesonderten Sammlung und Lagerung, wie es häufig bei Prozessabwässern auftritt in diesem Fall vermieden werden kann.

15

Erfindungsgemäß weist eine Vorrichtung zur Herstellung eines proteinhaltigen Wertproduktes aus Dünnschlempe, einem Arbeitsbehälter, einer Filtrationsanlage, einer Zentrifuge, vorzugsweise einem Separator, und eine Trocknungsvorrichtung auf, wobei die Filtrationsanlage mit dem Arbeitsbehälter über eine Rückführung für einen ersten Teilstrom der konzentrierten Dünnschlempe verbunden ist. Durch diese Arbeitsweise wird ein nahezu faserfreies Wertprodukt geschaffen, wobei die Filtrationsanlage betriebseffizient arbeitet.

20

25

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Hilfe der Zeichnungen Fig.1 und 2 näher erläutert. Sie zeigen:

30

Fig.1 Eine schematische Darstellung eines an sich bekannten Verfahrens zur Bereitstellung von Dünnschlempe und

Fig.2 Eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Herstellung eines Wertproduktes aus Dünnschlempe.

35

Fig.1 zeigt an sich bekannte Verarbeitungsschritte einer Getreideschlempe (whole stillage) WS, beispielsweise im Anschluss an eine Ethanoldestillation. Diese Schlempe WS weist einen Trockensubstanzgehalt von etwa 10 Gew.-% auf, wobei etwa 7 Gew.-% auf suspendierte Feststoffe und 3 Gew.-% auf gelö-

te Feststoffe entfallen und wird über eine Pumpe 1a in einen Dekanter 1 eingeleitet, wo sie zu Dickschlempe (wet grains) WG und Dünnschlempe (thin stillage) TS verarbeitet wird.

Der Anteil an Trockensubstanz in der Dünnschlempe TS beträgt dabei etwa 4,15 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse der Dünnschlempe TS, wobei etwa 1,15 Gew.-% auf suspendierte Feststoffe entfallen und etwa 3 Gew.-% auf gelöste Feststoffe. Der Anteil an Trockensubstanz in der Dickschlempe WG ist größer als 30 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse der Dickschlempe WG.

Vom Dekanter 1 wird die Dickschlempe in eine Trocknungsvorrichtung, z.B. einen Trommeltrockner 2 geleitet, wo die Trägerflüssigkeit der Dickschlempe, meist Wasser, weitestgehend verdampft wird, so dass sich ein nährstoffreicher Feststoff, die sog. Trockenschlempe (Dried Distillers Grains with Solubles) DDGS, bildet, welcher u.a. als Futtermittel für die Tierhaltung eingesetzt wird.

Die Dünnschlempe weist einen Volumenstrom von 6-7 m<sup>3</sup>/h auf. Und wird im Anschluss an einen Arbeitsbehälter 3 weitergeleitet.

Die Gewinnung von Proteinen und Fetten aus Dünnschlempe TS wird durch ein konkretes Ausführungsbeispiel anhand der Anlage in Fig.2 näher beschrieben.

Der Arbeitsbehälter 3 fasst im konkreten Ausführungsbeispiel 20m<sup>3</sup> und weist insgesamt drei Zuläufe 4, 5 und 6 auf. Der Zulauf 4 des Arbeitsbehälters 3 ist ein Zulauf zum Zuführen von Dünnschlempe (TS) in die Anlage, welche beispielsweise vom Dekanter 1 in Fig.1 zugeführt wird. Die weiteren Zuläufe 5 und 6 zum Arbeitsbehälter 3 sind für aus dem Prozess rückgeführte Dünnschlempe und für Fugaphase vorgesehen.

Der Arbeitsbehälter 3 weist zudem einen Ablauf 7 auf, welcher den Arbeitsbehälter 3 mit einer Ultrafiltrationsanlage 9 verbindet und dient zur Überleitung der Dünnschlempe aus dem Arbeitsbehälter 3 in die Ultrafiltrationsanlage 9. Der Transport der Dünnschlempe vom Arbeitsbehälter 3 zur Ultrafiltrationsanlage 9 erfolgt mit Hilfe einer Speisepumpe 8 unter einem Druck von 3-4 bar wobei die Speisepumpe eine Leistung von vorzugsweise 15 KW erbringt.

Die Ultrafiltrationsanlage 9 ist in Fig.2 lediglich schematisch dargestellt und weist zumindest eine Loop-pumpe 10, einen Kühler 11 und ein oder mehrere Ultrafiltrationsmodule 12 auf.

Während der Filtration wird Flüssigkeit aus der Dünnschlempe abgezogen und als Permeat P mit einem Volumenstrom von etwa 6 m<sup>3</sup>/h aus der Ultrafiltrationsanlage 9 abgeführt.

5 In den Ultrafiltrationsmodule 12 ist, hier nicht dargestellt, eine Anzahl an keramischen Membranfilterstäben vorzugsweise aus alpha-Aluminiumoxid und Zirkoniumoxid angeordnet. Diese Membranfilterstäbe sind in Längsrichtung mit parallelverlaufenden Kanälen durchsetzt, wobei die Kanäle derart ausgestattet sind, dass sie entlang der Kanalwandung vollumfänglich eine Filtermembran, bestehend aus  
10 Zirkoniumoxid aufweisen, welches auf eine Trägersubstanz, bestehend aus alpha-Aluminiumoxid aufgebracht ist. Dabei weist die Zirkoniumoxidschicht fein verteilte Poren auf, während das Trägermaterial aus Aluminiumoxid grobporig aufgebaut ist. Die Filtermembran weist dabei eine durchschnittliche Porengröße von 50nm auf.

15 In den in Fig.2 dargestellten sechs Ultrafiltrationsmodulen sind insgesamt 168 Membranfilterstäbe angeordnet, die eine Filterfläche von 72 m<sup>2</sup> zur Abtrennung von Flüssigkeit aus der Dünnschlempe bereitstellen. Dabei wird das Permeat mit den durch die Speisepumpe erzeugten 3-4 bar durch die keramische Filtermembran gedrückt. Über ein Regelventil Ventil 13 wird das Retentat bzw. die vorkonzentrierte Dünnschlempe aus der Ultrafiltrationsanlage abgeführt.

25 Während der Filtration lagern sich Feststoffe, die nicht durch die 50 nm großen Poren der Filtermembran gelangen, auf der Oberfläche der Membran an. Um ein Verstopfen der Filtermembran zu verhindern, kann durch die Loop-pumpe 10, bei geschlossenem Ventil 13, eine turbulente Strömung von 5m/s bei einem Volumenstrom von 810 m<sup>3</sup>/h erzeugt werden. Bei einer derartigen Strömung werden die angelagerten Feststoffpartikel von der Filtermembran gelöst bzw. durch die Strömung abgetragen.

30 Nach der Filtration verlässt eine aufkonzentrierte Dünnschlempe als Retentat die Ultrafiltrationsanlage und wird in zwei Teilströme TS1 und TS2 aufgeteilt.

35 Ein zweiter Teilstrom an Retentat bzw. aufkonzentrierter Dünnschlempe TS2, der vorzugsweise etwa 4-5 m<sup>3</sup>/h beträgt, wird einer Zentrifuge, vorzugsweise einem Zweiphasen-Separator 16, zugeführt. Der Umfang des Teilstromes kann durch Mittel zur Strömungsteilung, hier ein Ventil 15 beispielsweise in Abhängigkeit von

der Durchflussrate geregelt werden. Diese Durchflussrate kann durch einen Sensor 14 ermittelt werden, welcher anschließend über das Ventil 15 den Durchfluss an einen vorgegebenen Sollwert anpasst.

- 5 In der Zentrifuge wird das in der Ultrafiltration erzeugte Retentat auf einen Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise größer als 12 Gew.-% aufkonzentriert, wobei am Oberlauf der Zentrifuge eine geklärte Flüssigkeit als Fugat Z abgeführt wird
- 10 Das Fugat Z weist einen Feststoffanteil von weniger als einen Vol.-% auf und wird mit einem Volumenstrom von 2,2-3,2 m<sup>3</sup>/h über den Rücklauf 18 und den Zulauf 5 von der Zentrifuge 16 in den Arbeitsbehälter rückgeführt. Die Düsenphase DP bzw. die abgeschleuderte Phase weist einen Trockensubstanzgehalt von mehr als größer als 12 Gew.-%, vorzugsweise bis zu 18 Gew.-% und einem FC-Faktor
- 15 von 7-8 auf, und wird anschließend mit eine hier nicht dargestellte Trocknungsvorrichtung zu einem transport- und lagerfähigen Produkt verarbeitet. Dieses Produkt kann beispielsweise durch eine Pelletierpresse 19 in eine kompaktere Form, zu Pellets, umgewandelt werden. Die so hergestellten Pellets können als wertvoller Futterzusatz verwendet werden und weist einen Anteil an Trockensub-
- 20 stanz von über 90Gew.-% auf, wovon 40% Proteine, 55% Fett und ein Restanteil auf Fasern und Asche entfällt.
- Ein anteiliger zweiter Volumenteilstrom TS2 von 30m<sup>3</sup>/h wird mittels der Durchflussregelung über eine Rückführung 17 und den Zulauf 6 zum Arbeitsbehälter 3
- 25 rückgeführt und der Dünnschlempe vom Dekanter aus dem Zulauf 4 vermischt, so dass sich ein Trockensubstanzgehalt für die Dünnschlempe im Arbeitsbehälter 3 von etwa 7 Gew.-% einstellt und der FC-Faktor, einem Konzentrationsfaktor, um den Faktor 3 bis 4, gegenüber der Dünnschlempe aus dem Dekanter 1, erhöht wird.
- 30 Durch die Rückführung 17 zum Rückführen bzw. Rückleiten eines zweiten Teilstroms TS2 an Retentat in den Arbeitsbehälter 3 erfolgt eine Aufkonzentrierung der aus dem Dekanter 1 abgeführten Dünnschlempe TS. Es hat sich überraschend gezeigt, dass durch die Aufkonzentrierung der Dünnschlempe TS auf ei-
- 35 nen Trockensubstanzgehalt von etwa 7% der optimale Betriebspunkt für eine Ultrafiltrationsanlage 9 bei der Verarbeitung von Dünnschlempe erreicht wird.

Aus dem aus der Ultrafiltrationsanlage 9 abgetrennten Permeat P, das einen Umfang von vorzugsweise 6 m<sup>3</sup>/h umfasst und hauptsächlich Wasser aufweist, wurden Feststoffpartikel im Größenbereich 5-100nm entfernt, so dass dieses Permeat der kommunalen Abwasserreinigung zuführbar ist oder einer anaeroben  
5 Abwasserreinigung unterzogen werden kann. Des weiteren könnte die wässrige Phase als Prozesswasser beispielsweise zur Anmeischung weiter genutzt werden.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Verarbeitung von Dünnschlempe (TS), gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - a) Zuführen von Dünnschlempe (TS) in einen Arbeitsbehälter (3);
  - b) Aufkonzentrieren von Dünnschlempe (TS) in einer Filtrationsanlage (9); und
  - c) Rückführen eines ersten Teilstromes an aufkonzentrierter Dünnschlempe zu der in den Arbeitsbehälter (3) befindlichen Dünnschlempe (TS1) zur Einstellung des Gehaltes an Trockensubstanz.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Aufkonzentrieren von Dünnschlempe in einer Filtrationsanlage (9) eine Strömungsteilung der aufkonzentrierten Dünnschlempe in zumindest den ersten Teilstrom (TS1) und einen zweiten Teilstrom (TS2) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Strömungsteilung eine Klärung zumindest des zweiten Teilstromes (TS2) der aufkonzentrierten Dünnschlempe durch eine Zentrifuge, vorzugsweise durch einen Separator (16) erfolgt, wobei ein weiteres Aufkonzentrieren der Dünnschlempe erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch das weitere Aufkonzentrieren eine konzentrierte Dünnschlempe mit einem Gehalt an Trockensubstanz von mehr als 12 Gew.-%, vorzugsweise 18 Gew.-% oder höher gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Klärung ein Trocknen der konzentrierten Dünnschlempe unter Bildung eines proteinhaltigen Wertproduktes erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teilstrom (TS1) nach der Strömungsteilung zumindest dreimal, vorzugsweise zumindest sechsmal größer ist als der zweite Teilstrom (TS2).
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in den Arbeitsbehälter zugeführte Dünnschlempe (TS)

durch Verarbeitung von Getreideschlempe (WS) in einem Dekanter (1) bereitgestellt wird.

- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zur aufkonzentrierten Dünnschlempe ein Permeatstrom (P) aus der Filtrationsanlage (9) abgeführt wird, welcher einer anaeroben Abwasserreinigung zuführbar ist oder als Prozesswasser wieder verwendet werden kann.
- 10 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsteilung nach dem Aufkonzentrieren von Dünnschlempe in einer Filtrationsanlage (9) in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt der im Arbeitsbehälter (3) befindlichen Dünnschlempe erfolgt.
- 15 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsregelung nach dem Aufkonzentrieren von Dünnschlempe in einer Filtrationsanlage (9) anhand der Durchflussrate geregelt wird.
- 20 11. Vorrichtung zur Herstellung eines proteinhaltigen Wertproduktes aus Dünnschlempe, mit einem Arbeitsbehälter (3), einer Filtrationsanlage (9), einer Zentrifuge, vorzugsweise einem Separator (16), und einer Trocknungsvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 die Filtrationsanlage (9) mit dem Arbeitsbehälter (3) über eine Rückführung (17) für einen ersten Teilstrom (TS1) der konzentrierten Dünnschlempe verbunden ist.
- 30 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtrationsanlage (9) eine Ultrafiltrationsanlage ist.
- 35 13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtrationsanlage (9) Mittel zur Strömungsteilung (15) der konzentrierten Dünnschlempe in einen ersten Teilstrom (TS1) und einen zweiten Teilstrom (TS2) aufweist.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Strömungsteilung (15) in Abhängigkeit von der Durchflussrate geregelt werden.

- 5 15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrifuge (16) mit dem Arbeitsbehälter (3) über eine Rückführung (18) verbunden ist, zum Rückführen der geklärten Zentrifugatphase in den Arbeitsbehälter (3).