

## Entwicklung alternativer Zusatzstoffe für Bioprodukte, die der Verbesserung von Mehlmischungen für Back- und Teigwaren dienen, durch die Verwendung der Yamswurzel *Dioscorea batatas*

Development of alternative ingredients for the improvement of organic pastry, pasta flour as well as dairy supplements and dairy additives based on Chinese yam *dioscorea batatas*

FKZ: 08OE027

**Projektnehmer:**

Universität Kassel (FB 11)  
Fachgebiet Agrartechnik und Agrartechnik in den Tropen und Subtropen  
Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen  
Tel.: +49 5542 98-1225  
Fax: +49 5542 98-1520  
E-Mail: [agrartechnik@uni-kassel.de](mailto:agrartechnik@uni-kassel.de)  
Internet: <http://www.agrar.uni-kassel.de>

**Autoren:**

Hensel, Oliver

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger  
Landwirtschaft (BÖLN)

## ENDBERICHT

**Zuwendungsempfänger:**

Universität Kassel  
FG Agrartechnik  
Prof. Dr. Oliver Hensel  
Universität Kassel  
Nordbahnhofstraße 1a  
37213 Witzenhausen  
agrartechnik@uni-kassel.de  
fon +49-5542 98-1225  
fax +49-5542 98-1520

**Geschäftsstelle Bundesprogramm Öko-  
logischer Landbau in der BLE**

Förderkennzeichen: 08OE027

514-06.01-2808OE027

**Vorhabensbezeichnung:**

**Entwicklung alternativer Zusatzstoffe für Bioprodukte, die der Ver-  
besserung von Mehlmischungen für Back- und Teigwaren dienen,  
durch die Verwendung der Yamswurzel *Dioscorea batatas***

**Laufzeit:**

15-12-2008 bis 31-03-2011

**Berichtszeitraum:**

15-12-2008 bis 31-03-2011

## **1. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes, Bezug zum BÖLN**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung ökologischer Zutaten aus der Yamswurzel *Dioscorea batatas*. Die Zutaten dienen der sensorischen und gesundheitlichen Verbesserung von Mehlmischungen, die zur Herstellung von Back- und Teigwaren aus ökologischer Landwirtschaft verwendet werden können. Wegen ihrer Klebereigenschaften wird die *Dioscorea batatas* in Asien bei der Herstellung von Teigwaren genutzt. Zur Entwicklung des Herstellungsverfahrens von Yamswurzelmehl zählt die Identifikation von geeigneten Yamswurzelsorten, die optimalen Trocknungs- und Vermahlungsverfahren, so wie ideale Mischungsverhältnisse und Zutatenkombinationen. Um das neu entwickelte Produkt sowohl im handwerklichen als auch industriellen Bereich einführen zu können, ist es notwendig, den Einfluss der Verarbeitungsschritte auf die Qualitätsparameter bewerten zu können. Die Yamswurzelproben werden vom Praxispartner DIOBA gestellt. Mit den Proben werden an der Universität Kassel folgende Untersuchungen durchgeführt: Trocknungstests, Trocknungsverfahrensoptimierung, Mahleigenschaften, Backtests, Nudelteigtests, Yams als Zutat für Milchprodukte und Sensoriktests. Die Ermittlung der teigrheologischen Kennwerte und die Inhaltsstoffanalysen werden von Unterauftragnehmern durchgeführt. Im Anschluss an das Projekt ist die Übertragung in den industriellen Maßstab geplant. Die Zutaten aus *Dioscorea batatas* werden vom Projektpartner DIOBA Gartenbauunternehmen hergestellt und an handwerkliche und industrielle Öko-Bäckereien zur Verbesserung der Öko-Backwaren geliefert. Von der innovativen Nutzung der *Dioscorea batatas* sollen einerseits ökologische Gartenbaubetriebe profitieren, andererseits sichert das Yamswurzelmehl handwerklichen und industriellen Öko-Bäckereien neue Perspektiven.

## 1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Der Schwerpunkt der Arbeit im Projekt 08OE027 lag im ersten Jahr auf der Literaturrecherche, der Analyse der Frischware, den Trocknungsuntersuchungen sowie der Bestimmung der Mahleigenschaften. Aus arbeitstechnischen Gründen wurden die zunächst für einen späteren Zeitpunkt vorgesehenen Untersuchungen der *Dioscorea batatas* als Zutat für Milchprodukte vorgezogen. Im Gesamtrahmen ergaben sich keine Änderungen der Ziele.

Zu Projektbeginn wurden die für die Arbeiten benötigten Gerätschaften beschafft. Da bei den Investitionsmitteln durch die BLE eine Kürzung gegenüber dem Antrag vorgenommen wurde (Bewilligung nur der Abschreibungssummen, nicht aber der tatsächlichen Anschaffungskosten) entstand ein erheblicher Finanzierungseingpass. Nur durch deutliche zusätzliche Eigenleistungen der Projektpartner konnte eine Lösung gefunden werden. Aufgrund der minimalen Finanzzuweisungen der Universitäten an die einzelnen Fachgebiete kann dieses nur als Einzelfall betrachtet werden und muss zukünftig anders geregelt werden.

Im Folgeverlauf wurden die weiteren Arbeitspakete gemäß dem Vorhabenplan abgearbeitet und die jeweiligen Meilensteine auch erreicht. Die umfangreichen Arbeiten haben die Projektlaufzeit vollständig ausgefüllt, zum Ende der Laufzeit wurde eine (kostenneutrale) Verlängerung beantragt und auch genehmigt, um u.a. den Anschlussbericht anfertigen zu können

## 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Ziel des Projektes ist die Entwicklung ökologischer Zutaten aus der *Dioscorea batatas*. Die Zutaten dienen der sensorischen-, und gesundheitlichen Verbesserung von Mehlmischungen die zur Herstellung von biologischen Back- und Teigwaren sowie Milchersatzprodukten/Joghurts verwendet werden können. Zentrale Rolle spielt dabei die Verwendung der *Dioscorea batatas*<sup>1</sup> und der in

---

<sup>1</sup> Name der Art: *Dioscorea batatas*, Gattung: *Dioscorea* Arten, Yams, Familie: *Dioscoreaceae*, Yamswurzelgewächse. In Europa wird hauptsächlich der Name *Dioscorea batatas* verwendet, im europäischen Ausland verwendete Synonyme sind auch: *Dioscorea opposita*, *D. polystachya*, *D. opposita Tubergia*, *D. polystachya* (Turcz.), *D. oppositifolia* L. und *D. japonica* (Hartkemeyer, 2007). Hier wird im Folgenden die Abkürzung *D. batatas* verwendet.

ihr enthaltenen Mucopolysaccharide<sup>2</sup>. *D. batatas* enthält Inhaltsstoffe von hohem gesundheitlichen Nutzen (Diosgenin, Allantoin, Vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, Niacin). Wegen ihren Klebereigenschaften wird die Konsistenz der *D. batatas* in Asien bei der Herstellung von Teigwaren zur Verbesserung der physiologischen und sensorischen Merkmale genutzt. Durch die Verwendung der *D. batatas* können besonders die bei Bio Produkten häufig verwendeten speziellen Mehlmischungen, (wie z.B. aus Mais, Kartoffel, Reis, Soja oder Buchweizen) in ihren sensorischen, physiologischen und gesundheitlichen Eigenschaften aufgewertet werden. Die *D. batatas* wird bereits in Deutschland nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus im Freiland angebaut.

Besonders in der Bio Branche gibt es eine Vielzahl an Mehlmischungen für Brote, Kuchen und Nudeln aus Maisstärke, Kartoffelmehl, Reisstärke, Sojaweiß, Sojamehl und Buchweizen. Zur Strukturverbesserung und Bindeeigenschaften werden üblicherweise Zusätze wie Johannisbrotkernmehl (Carubenmehl, E 410), und Guarkernmehl verwendet.

Auch bei der Herstellung von Bio Joghurt werden als Verdickungsmittel Johannisbrotkern- und Guarkernmehl verwendet. Dabei stehen beide Inhaltsstoffe im Verdacht, die Entstehung von Allergien zu begünstigen und allergische Reaktionen auszulösen (Savino, 1999; Raitala, 1990; Papanikolaou, 2007, Moneret-Vautrin, 1999). Darüber hinaus müssen sowohl Johannisbrotkernmehl als auch Guarkernmehl importiert werden. Dies führt zu großen Transportwegen und stellt einen Minuspunkt für die deutsche Landwirtschaft und den Regionalitätsaspekt der Bio Lebensmittel dar. Bisher wurden hier keine Alternativen entwickelt. Die *D. batatas* birgt hier potentielle Einsatzmöglichkeiten.

Die Mucopolysaccharide der *D. batatas* werden in Japan wegen ihren Kleber- und Gelierungseigenschaften bereits als Bindemittel zur Verbesserung von Mehlen verwendet. Die *D. batatas* kann durch ihre Mucopolysaccharide zu einer physikalischen Verbesserung der Teigeigenschaften beitragen. Folgende Produkte nutzen die Mucopolysaccharide der *D. batatas* zur Verbesserung der

---

<sup>2</sup> Auch bekannt als: Glykosaminoglykane. Mucopolysaccharide sind Kohlenhydrate, die als Bestandteile von Schleimstoffen, Blutgruppensubstanzen und gerinnungshemmenden Stoffen eine wichtige Rolle als Stütz-, Schutz- und Gleitsubstanzen spielen (Elmadfa et al., 1998, S. 130f.). Sie bilden das Gerüst vieler faserbildender Stoffe und besitzen durch ihre Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, eine hohe Elastizität.

physikalischen bzw. gesundheitlichen Eigenschaften (alle Produkte stammen aus Asien):

Die Bekanntesten der durch *D. batatas* verbesserten Produkte sind die japanischen Soba Nudeln (Buchweizennudeln), auch als "Jinenjo-Soba" oder „Tororo Udon“ bekannt. Sie zeichnen sich durch ihre hervorragenden physiologischen, geschmacklichen und sensorischen Eigenschaften aus. Durch die Verwendung der *D. batatas* entstehen Nudeln mit einem vorzüglichen, nussigen Geschmack und weicher Textur (Wittenberg, 1995 S. 108). Wegen ihres Feuchtigkeitsbindevermögens ist die *D. batatas* ein ideales Bindemittel (Udesky, 1988, S. 93).

Neuere brasilianische Untersuchungen zeigen eine Verbesserung von Toastbrot hinsichtlich Textur und Geschmack durch Zusätze aus *Dioscorea spp.* (Nascimento da Fonseca et al, 2006). Andere Arten der Gattung *Dioscoreae* werden auch in Indien (*Dioscorea Sativa*) und Afrika (*Dioscorea dumetorum*) traditionell zum Brotbacken verwendet (Freeman, 1998).

Die *D. batatas* ist auch für die Herstellung von Milchersatzprodukten geeignet, in China sind bereits Milchersatzprodukten mit *D. batatas* auf dem Markt.

Es liegen bisher jedoch keine Untersuchungen über Sorten vor, die für den deutschen Freilandanbau unter ökologischen Bedingungen geeignet sind, auch liegen keine Ergebnisse zur Verwendung von *D. batatas* als Teigverbesserer unter Bedingungen gemäß der EG Ökoverordnung vor. Das Projekt stellt für den gesamten europäischen Markt eine Innovation dar.

In Asien ist die Chinesische Yams (*D. batatas*) als gesundes Gemüse bekannt, dass auch in der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) angewendet wird<sup>3</sup>. In den letzten Jahren wurde das enorme Potential der *D. batatas*, als im besonderen Maße gesundheitsfördernd, wissenschaftlich bestätigt. Dazu zählen Immunmodulation (Choi et al, 2004; Zhao et al, 2005) entzündungshemmende Eigenschaften (Kim et al 2004; Yamada et al, 1997; Kelmanson et al, 2000), Anti-Tumor Wirkung (Hu et al, 2003 a & b), Anti-osteoporose Effekte (Yin, 2004), Blutzucker- und Cholesterinspiegel senkend (Avery 2002, S. 58; Araghiniknam, 1996; Sauvaire, 1991; Laguna, 1962; Cayen et al, 1979), außerdem weist das

---

<sup>3</sup> Pharmacopoeia of the Peoples Republic of China (English Ed.) (1997) Vol. 1. Chemical Industry Press, Beijing, China

Dioscorin (Speicherprotein der *D. batatas*) ein hohes antioxidatives Potential auf (Hou et al, 1999 & 2001; Nagai et al, 2006). Darüber hinaus führt *D. batatas* zu einer Verbesserung bei bestimmten metabolischen Beeinträchtigungen wie z.B. Hyperglycemie (McAnuff, 2005), Fettsucht (Kwon, 2003) und fördert die Darmfunktionen und den Lipidmetabolismus (Chen, 2003; Jeon, 2006).

Laut der Definitionen der EU und des „Codex für Zusatzstoffe“ und technische Hilfsstoffe sind Zusatzstoffe wie folgt definiert<sup>4</sup>: *„Lebensmittelzusatzstoff ist jeder Stoff, der normalerweise nicht als Lebensmittel verzehrt wird und gewöhnlich nicht als typische Lebensmittelzutat verwendet wird und unabhängig von seinem Nährwert absichtlich, aus technologischen oder organoleptischen Gründen zu Lebensmitteln während ihrer Gewinnung, Herstellung, Bearbeitung, Zubereitung, Verpackung, Beförderung oder Lagerung mittelbar oder unmittelbar zugesetzt wird, wodurch er oder seine Nebenprodukte zum Bestandteil des Lebensmittels werden oder werden können.“*

Laut EG Ökoverordnung sind „Zutaten landwirtschaftlichen Ursprungs“ folgendermaßen definiert: *„einzelne landwirtschaftliche Erzeugnisse sowie Erzeugnisse, die daraus unter Einsatz geeigneter Wasch-, Reinigungs-, thermischer und / oder mechanischer und / oder physikalischer Verfahren gewonnen werden, die zu einer Herabsetzung des Feuchtigkeitsgehalts der Erzeugnisse führen.“*

Da die Yamswurzel *Dioscorea batatas* schon seit 1840 in Europa als Lebensmittel<sup>5</sup> verwendet wird fällt es nicht unter die Novel Food Verordnung, da auch keine Extraktion einzelner Stoffe durchgeführt wird, handelt es sich laut der EG Ökoverordnung<sup>6</sup> und dem „Codex für Zusatzstoffe und technische Hilfsstoffe“ bei dem getrockneten und gemahlene Yamswurzeln (so wie vergleichsweise auch bei Kartoffelmehl) um eine Zutat (und nicht um ein Zusatzstoff) für die

---

<sup>4</sup> Behr's Handbuch Lebensmittelzusatzstoffe, Stand November 2002, Band 1, Kap. A I-2.2, S. 3

<sup>5</sup> Die *Dioscorea batatas* wurde in Europa schon um 1840 während der Kraut und Knollenfäule (Phytophthora infestans) als Kartoffelersatz eingeführt (McLeond 2002, S. 243). In der „Deutsche Illustrierte Gewerbezeitung“ von 1855 ist zu lesen: *„Die Chinaknolle, Dioscorea batatas (japonica) (...) schien (...) zum Ersatz unserer kränklich gewordenen Kartoffel berufen zu sein, diese sogar bezüglich des feineren Geschmacks zu übertreffen.“* (Wieck, 1855, S. 40). Auf Grund der aufwendigeren Aubaumethoden hat sich die *Dioscorea batatas* in Europa als Kartoffelersatz bisher jedoch nicht durchsetzen können. In China und Japan ist die *Dioscorea batatas* als Gemüse weitaus bekannter als in Deutschland.

<sup>6</sup> EG Ökoverordnung Anhang 6: [www.bmelv.de/.../EG-Oeko-VO/EGOekoVOAnhang6,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/EGOekoVOAnhang6.pdf](http://www.bmelv.de/.../EG-Oeko-VO/EGOekoVOAnhang6,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/EGOekoVOAnhang6.pdf)

auch kein Zulassungsverfahren durchlaufen werden muss. Die Entwicklung von Zutaten zur Verbesserung der Struktur und Bindeeigenschaften wie der Prozessfähigkeit ökologischer Back- und Teigwaren stellt für den europäischen Markt eine Innovation mit reellem Marktpotential dar.

Die Entwicklung und Verwendung des Yamswurzelmehl orientiert sich im Rahmen des geplanten Vorhabens an den spezifischen Gegebenheiten der ökologischen Lebensmittelherstellung und der europäischen Küche. Hierzu liegen auch in Asien noch keine Forschungsergebnisse vor.

Als einziges europäisches Backwarenprodukt enthalten bislang die „Lichtwurzel Dinkel Sterntaler“ von der Firma „Erdmann Hauser“ Yamswurzel. Die Yamswurzel wird diesem Produkt unter dem Markennamen Lichtwurzel® beigemengt und als besonders gesunde Zutat beworben. Die konsistenzverbessernden Eigenschaften sind außer acht gelassen, die Yamswurzel wird den Sterntalern nicht als Mehl, sondern als grobkörniger Grieß beigemengt, kann daher seine konsistenzverbessernden Eigenschaften nicht entfalten und führt somit nicht zur Verbesserung der Backeigenschaften und der Prozessfähigkeit.

## **2. Material und Methoden**

Um das neue Produkt sowohl im handwerklichen als auch industriellen Bereich einführen zu können ist es notwendig, den Einfluss der Verarbeitungsschritte auf die Qualitätsparameter bewerten zu können. Folgende verarbeitungstechnische Fragestellungen wurden daher bearbeitet:

- 1 Charakterisierung der Ausgangsware, Aufbereitung und Herstellung von Zutaten aus dem Rohstoff *D. batatas*, dazu zählen
  - 1.1 Trocknungstests
  - 1.2 Adaption bestehender Trocknungsanlagen
  - 1.3 Vermahlungseigenschaften
- 2 der Handhabung von Zutaten aus *D. batatas* in Backmischungen
- 3 der Handhabung von Zutaten aus *D. batatas* in Nudelteigmischungen



#### 4 dem physikalischen Verhalten der *D. batatas* als Verdickungsmittel in Bio- Joghurts

Die einzelnen Sorten, die zu der Art *Dioscorea batatas* der Gattung „Yams“ zählen, weisen eine Variabilität hinsichtlich ihrer inhaltsstofflichen Zusammensetzung auf. Für die Sorten, die sich für den deutschen ökologischen Freilandanbau eignen liegen auch in China bisher keine Forschungsergebnisse zu den prozesstechnologischen Verarbeitungseigenschaften vor, die daher im Rahmen dieses Projektes erforscht werden sollen. Die vorhandenen anbaufähigen Sorten sollen hinsichtlich ihrer Eignung geprüft werden.

##### *Analyse der Frischware*

Die frischen Yamswurzeln der einzelnen Varianten sollen hinsichtlich ihrer inhaltsstofflichen Zusammensetzung analysiert werden, dabei liegt der Schwerpunkt auf der Analyse der Muccopolysacchariden. Neben einer ausführlichen Literaturrecherche wurden Analysen durch ein externes Labor durchgeführt.

##### *Trocknungstests*

Für die Entwicklung eines optimalen Herstellungsverfahrens von Yamswurzelmehl sollen folgende Analysen gemacht werden:

1. Aufnahme von Trocknungskurven unter Laborbedingungen unter Variation der Faktoren Temperatur, Luftfeuchte und Strömungsgeschwindigkeit der Luft sowie Größe und Schnittform des Gutes.
2. Untersuchung des Einflusses der Luftführung (Über- bzw. Durchströmung des Gutes) zur verfahrenstechnischen Optimierung des Trocknungsprozesses
3. Aufnahme des Sorptionsverhaltens und Bestimmung des aW-Wertes der Produkte, daraus Ableitung des optimalen Trocknungsgrades und der Haltbarkeit.

### *Trocknungsanlage*

Auf Grund der Konsistenz und der schleimigen Struktur, die nicht in Standard-Trockenschränken getrocknet werden kann, besteht die Notwendigkeit der Modifikation und Adaption bestehender Trocknungsanlagen an die spezifischen Trocknungseigenschaften der *Dioscorea batatas*. Dazu zählen die Integration von Oberflächentempertursensoren, die Luftführungsoptimierung und die elektronische Reglerprogrammierung. Es wurden neben direkten Messungen von Luft- und Wärmeprofilen zusätzlich Simulationen mittels CFD –Software (Computer Fluid Dynamics) durchgeführt, um eine möglichst gleichmäßige Strömungsverteilung und damit eine hohe Qualität des erhaltenen Trocknungsgutes zu erreichen.

### *Mahleigenschaften*

1. Bestimmung der Mahleigenschaften durch Vergleichsmessungen in Scheiben-, Schneid- und Schlagmahlwerken.
2. Siebanalyse nach DIN 66165, daraus Einstufung der erhaltenen Mahlprodukte in die backtechnische Klassifizierung
3. Bestimmung von Stampfvolumen und -dichte nach DIN ISO 787 T.11 zur Bewertung der Wolligkeit

### *Standardisierte Backtests für Ökobackwaren und Nudelteigtests*

Es wurden zur Optimierung des Mischungsverhältnisses Mehlmischungen als Vollrezepturen teigrheologisch untersucht werden und standardisierte Backtests für Ökobackwaren mit einem Laborknetter durchführt, dabei werden die teigrheologischen Kennwerte gemessen.

### *Sensorische Analyse nach DIN 10950-1*

Die Produkteigenschaften sollen durch den Einsatz der sensorischen Profilprüfung (nach DIN 10950-1) objektiv mit den menschlichen Sinnen bestimmt werden. Anhand eines geschulten Prüferpanels werden hierbei Aussehen, Geruch und Geschmack sowie Textur und Mundgefühl der Probe identifiziert, beschrieben und die Ausprägungen der Eigenschaften quantifiziert. Dadurch sollen die unterschiedlichen sensorischen Qualitäten im Produktprofil der Yamswurzel-Mehlmischungen differenziert und klassifiziert werden. Dabei werden unterschiedliche Konzentrationen und Aspekte wie Textur, Geschmack, Stichfestigkeit, Mundgefühl, Cremigkeit, Homogenität gemessen und ein Ranking erstellt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

##### Analyse der Frischware - Literatur

Da Forschung über die chinesische Yamswurzel (*Dioscorea batatas*) als Zutat für Lebensmittel hauptsächlich in China betrieben wird und Publikationen meist nur in chinesischer Sprache erhältlich sind, waren die Recherche-Arbeiten sehr aufwendig. 600 (Reid, 1995, S. 81, Brücher, 1977, S. 108) bis 800 Arten (Norton 1998) der Gattung *Dioscorea* wurden bereits weltweit identifiziert. Viele dieser Arten sind essbar und nahrhaft, die meisten Arten sind in den tropischen Regionen beheimatet (Bruneton, 1995), alleine in China gibt es über 50 Arten. Die Gattung der *Dioscorea* ist in acht taxonomische Sektionen geteilt; die Sektion *Enantiophyllum* zeichnet sich durch die rechtsdrehenden und die sieben anderen Sektionen (*Combilium*, *Botryosicyos*, *Lasiophyton*, *Opsophyton*, *Stenocorea*, *Stenophora*, *Shannicorea*) durch eine Linksdrehung des Stengels aus. (Flora of China, 2000; Judith, 2004). Die *Dioscorea* die auch als Lebensmittel verwendet werden gehören zur Gruppe der: *Enantiophyllum* (*D. batatas*, *D. alata*, *D. Rotundata* *D. cayenensis* complex, *D. opposita* and *D. japonica*); *Lasiophyton*-*D. dumetorum* und *D. hispida*; *Combilium*-*D. esculenta*; *Macrogynodium*-*D. trifida*; *Opsophyton*-*D. bulbifera*. Etwa 60 Arten werden als Lebensmittel verwendet.

Die Yamswurzel ist eine stärkehaltige Knolle, pro 100-gr enthalten die Yamswurzel 60-70g Wasser, 1-3g Protein, Kohlenhydrat 14-30g, Rohfaser 1g, 2.5-6mg Mineralien, Vitamin C 3-12mg (Judith, 2004; Udensi et al., 2008). Jedoch schwankt die Nährstoffzusammensetzung entsprechend der verschiedenen Sorten. Z.B. besitzt *Dioscorea Alata* einen höheren Protein- und das Vitamin C Gehalt als *Dioscorea cayenensis* und *Dioscorea esculenta* (Judith, 2004). Stärke ist Hauptbestandteil der Yamswurzel, im Vergleich mit der Stärke anderer Stärkeknollen weist sie einige Besonderheiten auf. Yuan et al. (2007) untersuchte die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Yamsstärke (*Dioscorea nipponica* Makino). Dabei zeigte sich, dass die Körnchengröße der Yamsstärke kleiner ist, als die von Tapioka- und Kartoffelstärke. Kleinere Stärkekörnchen

können vom Organismus leichter verdaut werden, durch die größere Oberfläche haben Amylasen mehr Angriffsfläche.

Stärke bindet physikalisch unter Hitzeeinwirkung ein Vielfaches vom Eigengewicht an Wasser, quillt und verkleistert. Dieser Prozess beginnt bei der Yamswurzelstärke im Vergleich zu vielen anderen Stärken, bei relativ niedrigen Temperaturen. Die Verkleisterungstemperatur (gemessen mit der DSC *Differential Raster Kallorimetrie*) liegt bei der chinesischen Yamswurzel (*Dioscorea opposita*) bei  $\square$  80.7 und höher, Kartoffelstärke liegt im Vergleich bei  $\square$  61.6 (Wang et al., 2008); Yuan-et al. (2007) zeigte, dass die Verkleisterungstemperatur der *Dioscorea nipponica Makino* bei  $\square$  76 lag. Hohe Verkleisterungstemperaturen weisen darauf hin, dass Yamswurzelstärke eine hohe Stufe von Kristallinität besitzt, die auch von der Kompaktheit der Körnchen, von der Größe der Stärkemoleküle und vom Amylopektin abhängt (Yuan et al., 2007). Valetudie et al 1995 untersuchte die morphologischen Veränderungen, die in den Stärkekörnern von Süßkartoffel-, Tania- und Yamswurzeln von den nativen zu den gekochten Zuständen auftreten. Nach dem kochen wurden bei Süßkartoffeln schwammähnliche Strukturen in den Parenchymzellen beobachtet, während in Yams gefaltete verkleisterte Körner hinterblieben. Die Stärke der Yamswurzel hat hohe Gelierungsfähigkeit und kann steifer ausgegallert werden, dies spiegelt sich in seiner hohen Verkleisterungstemperatur und Wärmebeständigkeit wieder (Judith, 2004). Zusätzlich besitzt Yamswurzelstärke eine niedrige *breakdown viscosity* BDV, und erreicht einen vergleichbar niedrigeren Grad des Aufquellens mit anschließender Disintegration (Yuan et al., 2007). Sowohl die Stärke der chinesischen Yamswurzel als auch Kartoffelstärke können den Cholesterinspiegel, die Triglyzeride und das LDL-Cholesterin Niveau verringern, bei der Yamswurzelstärke ist der Effekt jedoch deutlich stärker. Beim Cholesterinspiegel 33.8%, die Triglyzeride um 46.2% und die LDL-Cholesterin um 27.5% (Wang, 2007).

Die Yams weist eine hochwertige Proteinzusammensetzung auf, das Protein der *Dioscorea dumetorum* enthält 18 verschiedene Aminosäuren, 8 davon sind essenzielle Aminosäuren (Li Feng Tao & Chen Yu, 2008). 100g Yamswurzel enthalten 4.37g Asparaginsäure, 2.28g Leucin, 1.74g Threonin, 1.98g Valin,

0.54g Methionin, 1.38g Isoleucin, 1.38g Phenylalanin und 0.60g Typtophan (A-lozie et al., 2009). Der Fettgehalt der Yamswurzel ist sehr niedrig und reicht in der Regel von 0.75 bis 1.10% (Udensi et al., 2008). Nach Li Feng Tao & Chen Yu (2008) enthält die chinesische Yamswurzel 27 Fettsäuren, davon sind 18 gesättigte Fettsäuren und 9 ungesättigte Fettsäuren. Die ungesättigten Fettsäuren stehen vermutlich auch in Beziehung zu den gesundheitsfördernden Aspekten der Yamswurzel.

Yamswurzel enthält einige biologisch aktive Substanzen die mit den gesundheitlich vorteilhaften Eigenschaften in Zusammenhang stehen, wie Polysaccharide, Dioscorin und Diosgenin. Einige biologisch aktive Substanzen der Yamswurzel besitzen eine Antitumorwirkung. Ju-YUN Liu et al. (2008) extrahierte die bioactiven Polysaccharide der *Dioscorea batatas* ( $\beta$ -1, Mannan 4 mit Acetylierung); dabei zeigte sich, dass bioactive Polysaccharide bei Makrophagen zur Bildung von Tumornekrose Faktor- $\alpha$  führt. Außerdem haben 50mg/kg Polysaccharide der Yamswurzel offensichtliche hemmende Eigenschaften auf Lewis-Lungenkrebs (Wang Yan, 2008). Ein anderes Experiment zeigt, dass die Behandlung mit Diosgenin zu einer bedeutenden Verkleinerung der Helazellen führte, 30 $\mu$ mol/L für 36h durch Kapseln (Rui Huo et al., 2004). Damit weisen sowohl die Protein- als auch die Kohlenhydratfraktion der Yams Antitumorwirkung auf. Antioxidantien spielen bei der Bewertung von Lebensmitteln und Healthfood eine wichtige Rolle. Phil-Sun oh & Kye-Teakholz Lim (2008) zeigen, dass 200 $\mu$ g/ml Glucoproteid der Yamswurzel *Dioscorea batatas* eine bedeutende Rolle beim einfangen von Hydroxylradikale spielen. Wenn jedoch dieses Glucoproteid entweder mit Pronase E oder NaIO<sub>4</sub> behandelt wurde, ist seine Tätigkeit beträchtlich verringert und seine oxydationshemmende Wirkung dadurch beeinflusst. Autolysate und enzymatische Hydrolysate, die durch Autolyse und drei verschiedene Enzyme (Pepsin, Trysin und Papain) erhalten werden, zeigen auch ein sehr hohes Antioxidationspotential (Takeshi Nagai et al., 2007). Yuh-Hwa Liu et al. (2006) unterstreichen, dass unterschiedliche Sorten Yamswurzel, mit hohen Gehalten der Aminosäuren Cys und Trp, unterschiedliche Antioxydative Eigenschaft aufweisen. Im DPPH Radikal- und Hydroxylradikaleausstoss, im *reducing power test* und im Anti-lipid Peroxydationstest zeigte Dioscorin von der chinesischen Yamswurzel höhere Antioxydative Eigenschaften als japanische Yamswurzel (Takeshi Nagai et al., 2007). Die Yamswurzel

besitzt eine immunmodulierende Eigenschaft. Yen-Wenn Liu-et al. (2007) entdeckte, dass das Speicherprotein der Yamswurzel Dioscorin als ein immunmodulations Protein fungiert. 5-100µg/ml Dioscorin kann die Produktion von Stickstoffoxid gegen eine Lipopolysaccharid Verschmutzung anregen und die Cytokinproduktion einleiten; außerdem wird Phagozytose der RAW264.7 Zellen durch verschiedene Konzentrationen von Dioscorin (5-100µg/ml) erhöht. Die Schleimstoffe wurden unter anderem als Mannanprotein Makromolekül identifiziert. Nach Huey-Reißzahn Shang et al. (2007) konnte der Schleim von drei Yamswurzelsorten die Menge der t-Helferzellen im venösen Blut und die phagozytische Eigenschaft von Granulocyten, von Monozyten und von Makrophagen erhöhen. Sie zeigten auch, dass einige spezifische Antikörper, wie der Anti-ovalbumin (OVA) Antikörper durch Schleim erhöht wird. Außerdem kann Yamswurzelpolysaccharid offensichtlich die Fähigkeit der t-Lymphozyteverbreitungs-, NK Zellenaktivität, die Zusammensetzung des Serum IgG und der phagozytischen Tätigkeit der Makrophagen (Wang Yan, 2008) erhöhen. Postmenopausale Frauen können wegen des Östrogenmangels, der zu einer Erhöhung von Osteoklasten Aktivierung führt, eher an Osteoporose leiden. Jian-Horng Chen et al. (2008) benutzte Ovariectomisierte (OVX) Ratten als Modell der Osteoporose in den Wechseljahrestieren und verabreichte ihnen Yamswurzel oral für 27 Tage. Es zeigte sich, das Yamswurzelverzehr in Bezug auf die Knochen der OVX Ratten (hinsichtlich der Porosität, der Mineralfraktion, so wie der Steifheit und Härte des Schenkelbeins) vorteilhafte Effekte aufwies. Probiotische Milchsäurebakterien können einen gesundheitsfördernden Einfluss auf den Organismus ausüben, dazu zählen verdauungsfördernde Eigenschaften, biologische Verfügbarkeit von Vitaminen und Mineralien, die Regulierung von gastrointestinalen Infektionen, Reduktion von katabolischen Produkten der Leber so wie weitere gesundheitsfördernde Eigenschaften.

In Asien stehen milchsäurefermentierte Getreide, Gemüse und Fisch traditionell auf dem Speiseplan. Kyung Ok Shin et al. (2006) untersuchten die pharmakologischen Auswirkungen von milchsäurefermentierten chinesischen Yamswurzel.

In dem 6-wöchigen Fütterungsversuch konnten gesundheitsfördernden Eigenschaften an Sprague-Dawley-Ratten<sup>7</sup> belegt werden. Kyung Ok Shin *et al* schlagen daher milchsäurefermentierte chinesische Yamswurzeln als gesundheitsfördernde Zubereitung auch für Menschen mit Hyperglykemie und Hyperlipoproteinämie vor (Kyung Ok Shin *et al.* 2006).

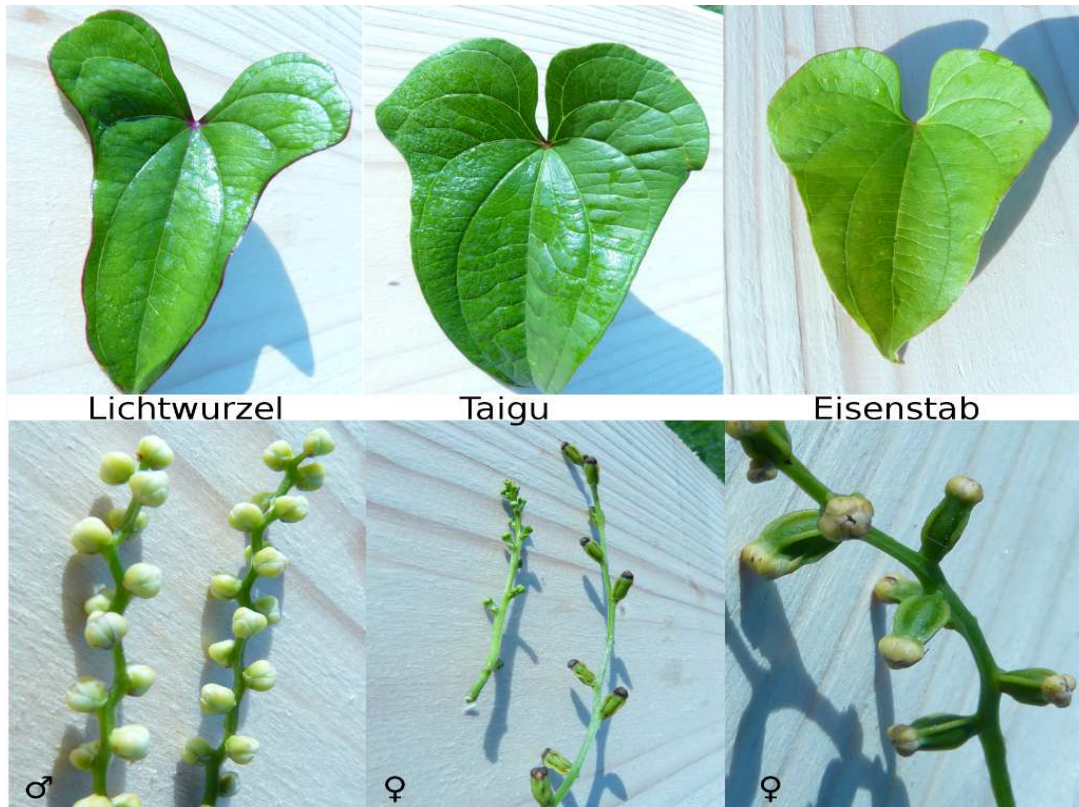
#### Analyse der Frischware - Labor

Dioscorea- Arten enthalten der Literatur zufolge das Saponin Dioscin bzw. das Steroid Diosgenin. Sie enthalten darüber hinaus Lipide. Diosgingehalt und Lipidspektrum sollen im Folgenden zur Charakterisierung von *Dioscorea batatas*- Pflanzenmaterial herangezogen werden, das einerseits auf anstehender sandiger Ackerfläche, andererseits auf humushaltigen Dämmen des landwirtschaftlichen Betriebes Hartkemeyer (Bramsche bei Osnabrück) angebaut worden war. Die Hauptsorte, die in Deutschland angebaut und verwendet wird, ist unter dem Namen „Lichtwurzel“ bekannt. Darüber hinaus wurden für die Inhaltsstoffanalysen und die Backtests noch zwei weitere Sorten („Eisenstab“ und „Taigu“) getestet. Die drei *Dioscorea batatas* Sorten „Lichtwurzel“, „Eisenstab“ und „Taigu“ wurden auf dem Demeterhof Hartkemeyer angebaut. Da sich die *Dioscorea batatas* ungeschlechtlich fortpflanzt, ist sie nicht auf das Vorhandensein männlicher und weiblicher Pflanzen angewiesen. In der Regel ist eine geschlechtliche Vermehrung sogar erfolglos. Das Pflanzgut der Sorte „Lichtwurzel“ war rein *männlich* und das der anderen beiden Sorten *Taigu* und *Eisenstab* nur weiblich (Bild).

---

<sup>7</sup> Ein aus gezüchteter Albino-Ratten-Stamm, der als Versuchstier wegen seiner Gutmütigkeit und leichten Handhabung häufig verwendet wird. Vor allem im Bereich der Toxikologie, Pharmakologie, Reproduktions- und Verhaltens-Forschung werden Sprague-Dawley-Ratten eingesetzt.





(Quelle: Hartkemeyer J & T, 2010)

**Abbildung: Blatt und Blütenstand der 3 Sorten *Dioscorea batatas***

Die Diosgeningestimmung erfolgte in Anlehnung an die Literaturstelle (Humin Li, Alfons Radunz, Ping Lhe und Georg Schmid; Influence of different Light Intensities on the Content of Diosgenin, Lipids, Carotinoids and Fatty Acids in Leaves of *Dioscorea zingiberensis*; Z. Naturforschung 2002).

1,0 g getrocknete Pflanzendroge aus dem Speicherorgan wurde mit 5 ml 2n-Salzsäure 4 Stunden im kochenden Wasserbad gehalten, abgekühlt und die Mischung mit 4 ml Lösemittel ausgeschüttelt. Aus der organischen Phase wurden 2 ml Lösemittel-Extrakt abpipettiert und auf 0,5 ml Volumen eingedampft, sodass 1 ml Konzentrat 1,0 g Pflanzendroge entsprechen.

Die Analyse erfolgte per HPLC. Verwendung fanden: Beckman HPLC Pumpe 126, Beckman Diodenarraydetektor 168, Beckman Autosampler 507e. Es wurde eine RP18 Säule, 200 x 4,6 mm verwendet; Injektionsmenge 20 µL Extrakt. Als Lösemittel wurde 95% Iso-Propanol (bzw. 95% Methanol verwendet)/ Fluss 0,5 ml pro min. und bei der Wellenlänge 208 nm detektiert. Parallel lief ein Diosgenin-Standard mit (Sigma Aldrich Batch 037K1176)..

Da Diosgenin keine Chromophore enthält, ist die Nachweisgrenze am DAD relativ hoch. In einer weiteren Untersuchung wurde die Detektionsuntergrenze bei 0,001mg Diosgenin/ g Droge und die Quantifizierungsuntergrenze bei 0,003mg/ g Droge bestimmt, sofern nach den oben genannten Bedingungen gearbeitet wird. Zur Orientierung sei mitgeteilt, dass oben genannte J. Nino et.al. in verschiedenen Dioscorea Arten Diosgenin- Gehalte von 0,2 - 26 mg/ g Droge finden konnten, also den mindestens 70- fachen Wert der hier gefundenen Quantifizierungsuntergrenze.

Zu Bestimmung des Lipid- Musters wurden *Dioscorea batatas*- Speicherorgane getrocknet, gemahlen, zu Portionen von 1,0 g abgewogen, mit 5 mL IsoPropanol geschüttelt, über Nacht stehen gelassen und anderntags bei 60°C nochmals durchgeschüttelt. Die Suspensionen wurden bei 4.000 Upm zentrifugiert. Aus dem Überstand wurde nach den oben beschriebenen Bedingungen an der HPLC analysiert. Je drei verschiedene Speicherorgane der Damm- Anbaumethode und der gewöhnlichen Anbaumethode auf sandigem Boden wurden in Doppelversuchen untersucht. Hinzu kam je eine Probe der Variante „Eisenstab“ und „Taigu“.

In *D. batatas*- Mehlproben konnte auf die angegebene Weise 0,004mg bis 0,016 mg Diosgenin/g Mehl nachgewiesen werden. Da der Gehalt derart gering ist, wurde statt der Diosgenin- Bestimmung eine Gesamtlipidbestimmung zur Qualifizierung der Proben vorgenommen.

Für die Lipidfraktion ergab sich das folgende HPLC- Spektrum (Abbildungen). Die Lipide wurden nicht näher spezifiziert. Die Peaks wurden in zwei Gruppen geteilt, in einen eher hydrophilen Peak (jener bei 5,05 min) und eine eher hydrophobe Gruppe (später als 5,05 min), und integriert. Die Peaks vor 5,0 min wurden nicht berücksichtigt, da sie in den verschiedenen Chromatogrammen in schwer zu deutenden Relationen zu den beiden anderen Gruppen stehen.

Abbildung: Taigu – Dioscorea batatas Extrakt

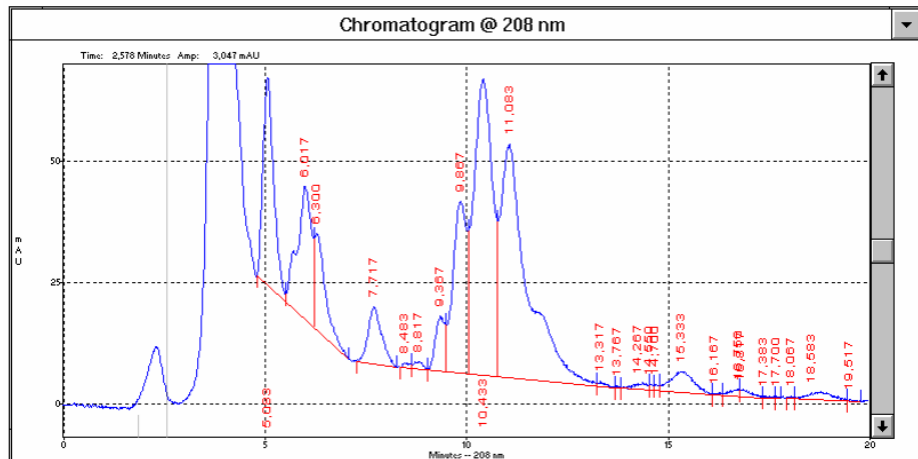
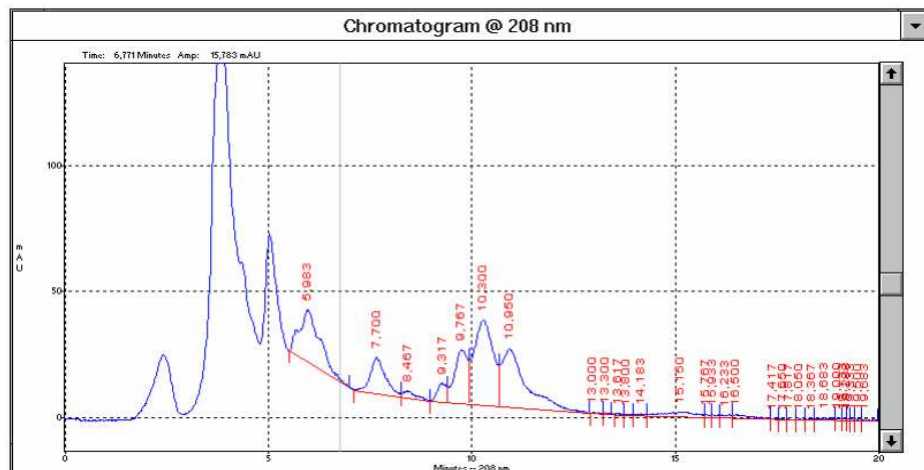


Abbildung: Eisenstab – Dioscorea batatas Extrakt



Die Integration der Peaks der zu den verschiedenen Gruppen gehörigen Fraktionen ergibt sich aus folgender Tabelle:

HPLC; 208 nm, 95% IPA, Integrationsgrenzen 4,78 bis 14 min

No	Variante	erster Peak		weitere Peaks		"Summe			
		hydrophil		hydrophob		Mittel	Inhaltsstoffe"	Mittel	
		S= Sand	Flächeneinheit.	%	Flächeneinheit.	%	%	Flächeneinheit.	Flächeht.
1	D1/1		3512	35,6	6353	64,4		9865	
2	D 1/2		3725	34,2	7167	65,8		10892	
3	D 2/1		3659	35,3	6706	64,7		10365	
4	D 2/2		3006	29,0	7360	71,0		10366	
5	D 3/1		3008	27,7	7851	72,3	Damm	10859	Damm
6	D 3/2		3003	28,9	7388	71,1	68,22	10391	10456
7	S 1/1		3502	29,7	8289	70,3		11791	
8	S 1/2		4329	34,7	8147	65,3		12476	
9	S 2/1		2013	22,1	7096	77,9		9109	
10	S 2/2		1717	18,8	7416	81,2		9133	
11	S 3/1		5140	40,3	7614	59,7	Sand	12754	Sand
12	S 3/2		5596	40,9	8086	59,1	68,92	13682	11491
13	Eisenstab		6597	42,0	9110	58,0		15707	
14	Taigu		8180	40,0	12270	60,0		20450	

Es lässt sich der folgende Trend herauslesen:

- Die Verhältnisse von hydrophilen / hydrophoben Komponenten unterscheiden sich im Damm- und Sand- Anbau nicht.
- Insgesamt werden im Sand- Anbau mehr Inhaltsstoffe (ca 11.500 Flächeneinheiten) gebildet als im Damm- Anbau (ca 10.500 Flächeneinheiten), wobei noch zu klären wäre, wie sich der Ertrag der Anbauvarianten unterscheidet.
- Die Eisenstab- und Taigu- Varianten enthalten wesentlich mehr Inhaltsstoffe als die Variante Sand- Anbau.

## Trocknungsverhalten und -verfahren

Zunächst wurden Laborversuche zum Trocknungsverhalten von Yams unter Variation der Trocknungsbedingungen und der Vorbereitung durchgeführt. Zum Einsatz kam eine Hordentrocknungsanlage mit vertikal übereinander angebrachten Horden nach dem Überströmprinzip. Zunächst wurde im Rahmen der Messungen der typische Anfangsfeuchtegehalt der erntefrischen Yamswurzeln bestimmt, der nach der Ofenmethode (105°C / 24h) einen typischen Wert von 80 % ergab. Die *Dioscorea batatas* zeigte sich als ein sehr unproblematisches Trocknungsgut; bei dem keine der sonst häufig notwendigen Vorbehandlungsschritte wie beispielsweise das Blanchieren notwendig waren, und bei dem der notwendige Endfeuchtegehalt unabhängig von der Schnittform bereits nach wenigen Stunden erreicht werden kann. Empfehlenswerte Trocknungsparameter sind die Verarbeitung in Scheibenform bei 40°C und einer Trocknungsdauer von ca. 4h, was im Vergleich zu anderen Wurzelkulturen sehr niedrig liegt. Dies lässt für eine spätere Übertragung der Ergebnisse auf einen Produktionsbetrieb eine hohe Durchsatzleistung der Trocknungsanlagen erwarten. Die Trocknungsversuche zeigten, anders als bei vielen Wurzelfrüchten oft zu beobachten, bei Yams weder ein *case hardening* noch eine Verfärbung des Trockengutes. Zusätzlich wurde die Wasseraktivität der erhaltenen Proben bestimmt. In allen Fällen konnte der für die Haltbarkeit wichtige Grenzwert von  $a_w = 0,6$  deutlich unterschritten werden, so dass unter normalen Lagerungsbedingungen kein mikrobiologischer Verderb zu erwarten ist. Insgesamt kann *Dioscorea batatas* als unproblematisches Trocknungsgut eingestuft werden.

Nachdem anhand der Ergebnisse eine entsprechende Regelerprogrammierung vorgenommen wurde, erfolgte die Optimierung des Trocknungsprozesses, wobei insbesondere die Gleichmäßigkeit der Strömungsverteilung im Vordergrund stand. Mit Hilfe von Messungen der Luftgeschwindigkeit und mit Wärmebildern wurden in der Versuchsanlage für überströmte Horden die Anordnungen der Luftleitbleche untersucht und zudem die geometrischen Daten in eine Strömungssimulations-Software überführt. Mit dem CFD-Programm ‚FLUENT‘ wurden zahlreiche Simulationsrechnungen durchgeführt und verschiedene Optimie-

rungsschritte durch Visualisierung von Strömungsgeschwindigkeit und Druckabfall untersucht. Anschließend erfolgten die entsprechenden tatsächlichen Änderungen an der Trocknungsanlage einschließlich einer Verifizierung anhand von Messungen. Die nachstehenden Bilder zeigen exemplarisch den Einfluss einer geänderten Umlenkkante im Bereich des Trockner-Lufteintrittes:

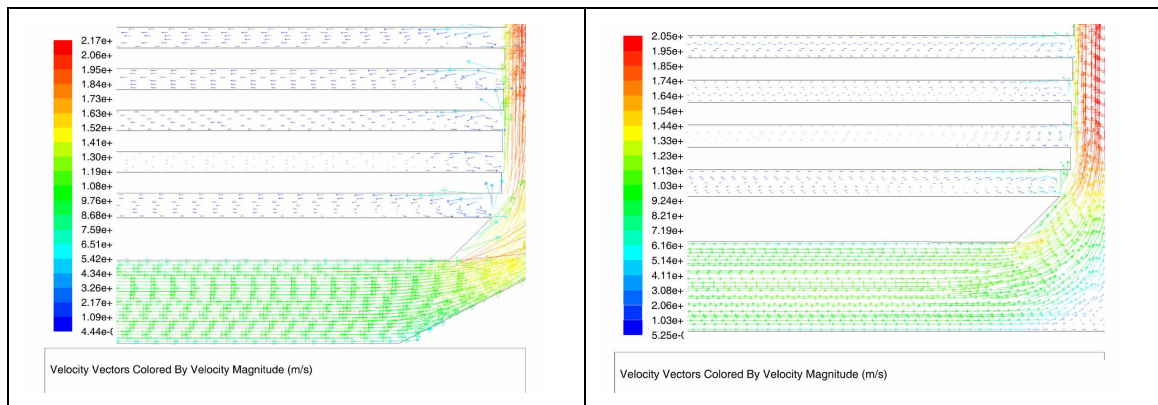
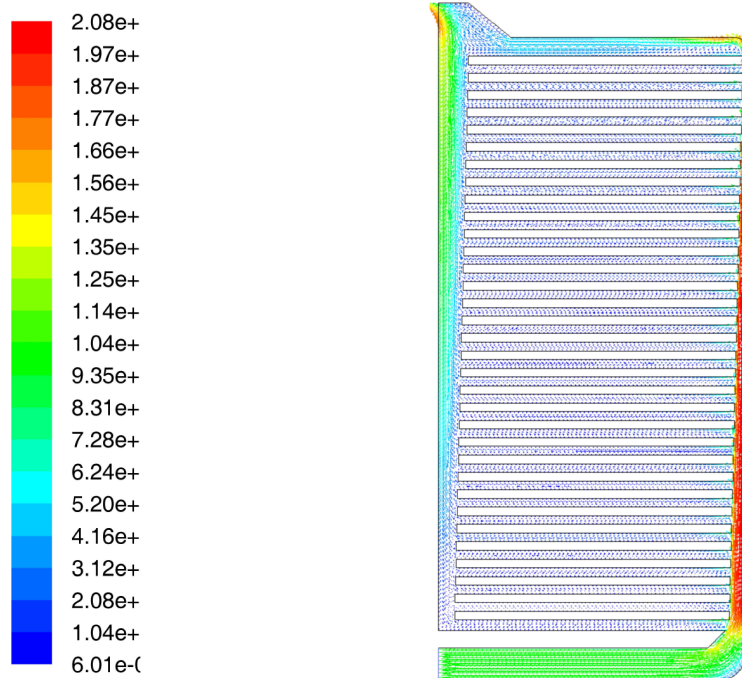


Abbildung: FLUENT-Simulation – Lufteinlass und erste Umlenkung

Deutlich ist zu erkennen, wie sich die Luftgeschwindigkeit auf den unteren Horden durch Einbau einer keilförmigen Verengung des Strömungskanals verändert. Ziel der Optimierungsarbeiten war dabei eine gleichmäßige Strömungsgeschwindigkeit über allen Horden, um eine gleich bleibende hohe Qualität des Trocknungsgutes zu gewährleisten. Das nachstehende Bild zeigt die optimierte Strömungsführung, die durch eine Änderung des Strömungsquerschnittes, Verschiebung der Ein-/Auslassöffnungen und durch Verrundung der Umlenkbereiche erzielt werden konnte:



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s)

#### Abbildung: FLUENT-Simulation: optimierte Strömungsverteilung

Der Vorteil einer solchen Optimierung besteht neben der Vergleichmäßigung der Produktqualität und der Energieeinsparung vor allem darin, dass ein solcher Trockner ohne Aufsicht und Arbeitsaufwand (z.B. laufendes Umstapeln der Hor-den) betrieben werden kann und somit auch von ungelerntem Personal und auf landwirtschaftlichen Betrieben einsetzbar ist.

#### Mahlversuche und Backtests

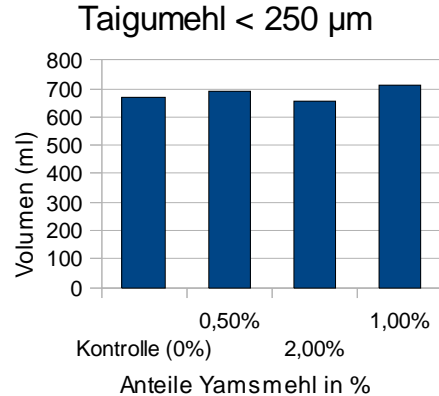
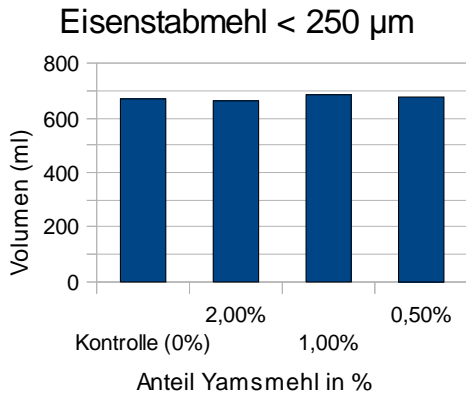
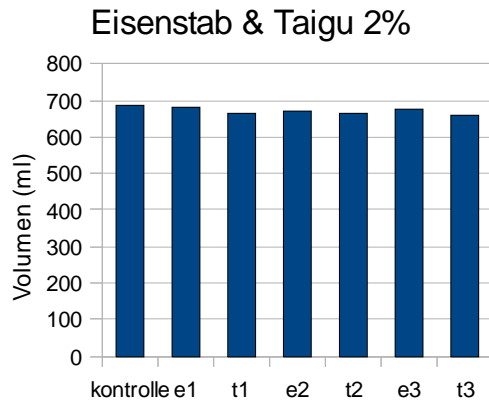
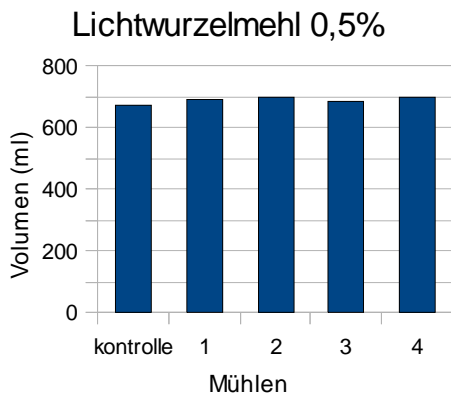
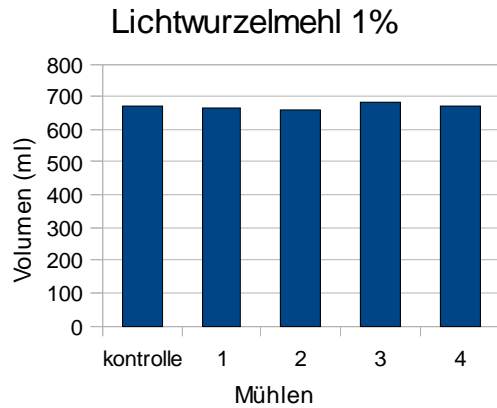
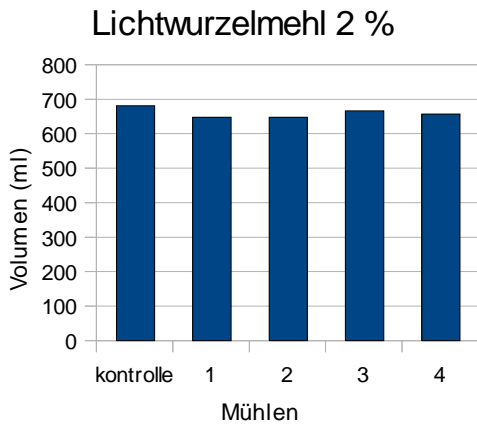
Yamswurzelmehl als Zusatzstoff in der Lebensmittelverarbeitung muss den Anforderungen der Abnehmer entsprechen, so dass zunächst eine Festlegung der notwendigen Mahlfeinheit erfolgte. Ein zu grobes Mehl beeinträchtigt ggf. die Backfähigkeit, ein zu hoher Vermahlungsgrad geht mit hohem Energieaufwand und einer großen thermischen Belastung des Mahlgutes einher. Als Maßstab wurde die Produktion von Feinschrot ( $D_{50}$  Wert bei einem Siebboden  $355\mu\text{m}$ ) gewählt. Untersucht wurden vier verschiedene Mühlentypen, die sich in ihrer Art der mechanischen Beanspruchung (vorwiegend reibend, vorwiegend schneidend, vorwiegend schlagend) unterschieden. Ausgewählt wurde eine Schei-

benmühle (1), eine Schlagkreuzmühle (2) sowie zwei Schneidmühlen (3+4). Alle Mühlen konnten so eingestellt werden, dass der gewünschte Feinheitsgrad erreicht wurde. Zusätzlich zur Bestimmung des Feinheitsgrades (Siebboden 355µm, Intervallsiebung mit 1% Sipernatzusatz bei Amplitude 1,0mm, Siebverfahren „F“ nach DIN 66165) wurde die Mehlnqualität bestimmt. Die Wolligkeit wurde gemessen als Stampfvolumen- und dichte nach DIN ISO 787 T.11, wobei gezeigt werden konnte, dass der verwendete Mühlentyp keinen Einfluss auf die Wolligkeit hat.

Die Backeigenschaften wurden durch eine teigrheologische Untersuchung nach der Methode „Optimierter Backtest nach Linnemann“ durchgeführt. Rezeptur: 50 g Mehl cv Aszita der Mehln-type 550 mit 5% Presshefe, 2 % Himalaya-Salz, 1 % Rohrohr-Zucker, 3 % Backfett, 0,5 % Gerstenmalzmehl, 1% Ökostolz Vit.-C (50 mg/kg Ascorbinsäure). Mit Leitungswasser (20°C) eine Teigkonsistenz von 500 Torque bei 63 Upm eingestellt zur Ermittlung der Wasseraufnahme des Mehles. Knetvorgang im doughLab Messkneteter bei 63 Upm. Ballengare von 20 min bei RT. Teigformung im Mono universal (3 x walzen/aufrollen) und Ablage in Backform, Gärzeit von 60 min bei 32 °C/85 % rLF. Volumenmessung mit 2 mm Glaskugeln im Volumeter. Volumen □ 660 ml/100 g Mehl = sehr hoch. Die Verarbeitbarkeit aller Proben war sehr gut. Von der Tendenz her bewirkte Yamsmehl als Backzutat eine leichte Reduzierung des Brotvolumens, die aber oft im Schwankungsbereich der Methode lag. Abweichungen von der Kontrolle betragen im Einzelfall bis > 30 ml/100 g Mehl, was jedoch wohl keinen systematischen Hintergrund hatte. Möglicherweise könnte die grobe Textur der Mehle zu unsystematischen Ergebnissen geführt haben. Aus dieser Überlegung heraus wurden zudem Yams - Mehle mit einer Partikelgröße < 250 µm hergestellt und diese Mehle verbacken.

Hierbei zeigte sich lediglich bei höchster Dosierung (2% Yams E1/T1) eine Reduzierung des Brotvolumens, während bei beiden Sorten eine Yams-Zugabe in Höhe von 0,5% bis 1% zu leicht höheren Brotvolumina führte (Tabelle: Volumenbestimmung der Backtests).





1 = Scheibenmühle    2 = Schlagkreuzmühle    3 = Schneidmühle    4 = Schneidmühle

Damit ergibt sich, dass mehr die Feinheit der Yams-Mehle als die Mühlenart eine Bedeutung für das Brotvolumen hatte. Die Ausgangsmehle wiesen teils grobe und harte Partikel auf, welche im weichen Kleber-Stärke-Netzwerk störend auf die gleichmäßige Kleberfilmbildung wirken kann. Reißt an einer Stelle der Kleberfilm wegen eines harten Yamspartikels auf, so führt die unweigerlich

zu leichten Schwankungen. In diesem Sinne kann auch das gezeigte Ergebnis mit den fein gemahlten Yams-Mehlen (< 250 µm) interpretiert werden.

Für die Untersuchung der Nudelteigeigenschaften wurde folgende Methodik eingesetzt: Bio-Buchweizen (Vollkorn)/Bio-Dinkel (T1050) Ernte 2010, Yams Taigu T1, Probennahme Siebrückstand > 500µm, Methode: Teig rheologie mit DoughLab Messkneteter

Rezeptur: 35 g Buchweizenmehl (Siebfraktion > 500 µm), 15 g Dinkel Mehltyp 1050 und 1,5 % NaCl.

Zugabe von Yamsmehl (Siebfraktion > 500 µm) in den Konzentrationen (%) 0 – 1 – 1,5 – 2 - 4. Eine teigrheologische Prüfung der Rezepturen erfolgte auf Basis von 25 % Aqua demin. (22 °C) je 50 g Mehl + Yams für 10 min. bei 63 Upm/25 °C.

Im Vorversuch wurden unter Verwendung der genannten Rezeptur erfolgreich Nudeln hergestellt. Der Teig wurde nach 20 min. Ruhezeit auf 3,8 mm gewalzt, in der Mitte gefaltet und erneut gewalzt. Die Teigdicke wurde dann in 4 Stufen mit einer Pastamaschine auf 1 mm reduziert geschnitten und direkt in Wasser für 7 min. gekocht.

In weiteren Voruntersuchungen wurde festgestellt, dass 100 % Buchweizen auch nach 1 Stunde Teigruhe im geschlossenen Glasgefäß nicht zu Nudeln verarbeitet werden konnte. Die Teigkrümel ließen sich zwar zu einer Kugel formen, welche jedoch beim Walzen (3,8 mm Walzenspalt) zerbröselte. Aus der Literatur geht andererseits hervor, dass in Versuchen dem Buchweizenmehl etwa 30 % Weichweizen zugegeben wird, um eine reproduzierbare Verarbeitbarkeit zu erzielen. Die Verarbeitbarkeit der Probe war bei einem Anteil von 30 % Dinkelmehl problemlos. Die Untersuchungen wurden daher mit dieser Rezeptur durchgeführt.

Rezeptur Kontrolle: 35 g Buchweizenmehl (> 500 µm), 15 g Dinkelmehl (T1050), 0,75 g NaCl und 50 % Wasser/Mehleinwaage + Yams.

Tabelle: Teigtheologische Kenndaten von Buchweizenmehl in Abhängigkeit von Yamsmehlzugaben

Teigeigenschaften	Yamsmehlzugabe (%)				
	0	1	1,5	2	4
Stabilität (min)	8,38	8,33	8,37	8,21	8,31
Widerstand (Torque)	564	558	566	547	526
Entwicklungszeit (min)	4,45	4,20	4,33	4,36	4,1
Energie (Wh/kg)	11,17	10,91	10,99	10,45	9,8

Die Ergebnisse in der Tabelle zeigen, dass eine Yamsmehlzugabe keinen Einfluss auf die Stabilität des Teiges hatte. In der Regel wird eine hohe Teigstabilität als positiv gewertet. Nudeln sollen nach dem Kochen elastisch sein, was nur Mehle mit hoher Teigstabilität gewährleisten. Im vorliegenden Fall dürfte ein gewisser Anteil dieser Stabilität einerseits auf den Dinkel zurückzuführen sein, wobei andererseits selbst 4% Yams keinen modifizierenden Einfluss auf die Stabilität ausübte. Daher kann davon ausgegangen werden, dass eine Yamszugabe, die in Asien bereits praktiziert wird, im geprüften Bereich problemlos sein dürfte. Alle Varianten wurden anschließend zu Nudeln verarbeitet und konnten im gekochten Zustand als elastisch bezeichnet werden.

Die weiteren Parameter wie Teigwiderstand, Entwicklungszeit und Energieeintrag hängen stärker von der Wasserzugabe ab. Bei der beobachteten Teigerweichung von 1% bis 4% Yams ist nicht auszuschließen, dass hierfür die Wasserzugabe selbst entscheidend war. Die Wasseraufnahme des Yamsmehles wurde der des Mehles gleichgesetzt, was möglicherweise nicht korrekt war. Da die Teigstabilität als wichtigster Parameter davon unbeeinflusst blieb, kann dieser Aspekt jedoch unberücksichtigt bleiben bzw. ein entscheidender Einfluss auf die Nudelqualität nahezu ausgeschlossen werden.

Zusammenfassend kann die Zugabe von Yamsmehl zu Buchweizenmehl in der Nudelherstellung unter den angeführten Bedingungen als problemlos bezeichnet werden, da die Teigstabilität nicht beeinträchtigt wurde. Eine Verbesserung der Teigstabilität konnte unter den vorliegenden Bedingungen jedoch nicht beobachtet werden

## Yamsmehl als Zusatzstoff in Joghurt

Yamswurzelpulver kann für eine gute Beschaffenheit und Struktur im Joghurt sorgen und könnte daher herkömmliche Verdickungsmittel im Joghurt ersetzen. Im Versuch wurde Yamswurzelpulver, Milch (1.5% Fett), Zucker und Milchsäurebakterien unter konstanten Temperaturbedingungen gemäß nachstehendem Schema zu Joghurt verarbeitet:

*Frischmilch → beimengen von Yamsmehl und Zucker → Pasteurisierung → abkühlen → Kulturen hinzufügen → Fermentation → Reife → fertiges Produkt*

Die Joghurtgärung wird von vielen Faktoren beeinflusst, dazu zählen die Menge an Yamsmehl, Kultur, Zucker sowie die Gärungszeit und die Temperatur. Zunächst wurden daher einfaktorielle Experimente mit nachstehenden Abwandlungen durchgeführt, später orthogonale Sensorik-Tests (Panel aus 10 geschulten Panelisten).

### Einfaktorielle Experimente

Yamsmehl wird in den Abstufungen 2g, 3g, 4g, 5g, und 6g mit 100 ml Milch, 10ml Kultur und 8g Zucker, bei einer Gärungszeit von 4h und einer Temperatur von 42°C gemischt (siehe Tabelle).

Tabelle: Unterschiedliche Yamsmehl Konzentrationen

	Yamsmehl	Milch	Kultur	Zucker	Zeit	Temperatur
1	2g	100ml	10ml	8g	4h	42°
2	3g	100ml	10ml	8g	4h	42°
3	4g	100ml	10ml	8g	4h	42°
4	5g	100ml	10ml	8g	4h	42°
5	6g	100ml	10ml	8g	4h	42°

Die Kultur wird in den Abstufungen 8ml, 9ml, 10ml, 11ml, und 12ml mit 4g Yamsmehl, 100 ml Milch und 8g Zucker, bei einer Gärzeit von 4h und einer Temperatur von 42° gemischt (siehe Tabelle).

Tabelle: Unterschiedliche Kultur Konzentrationen

	Yamsmehl	Milch	Kultur	Zucker	Zeit	Temperatur
1	4g	100ml	8ml	8g	4h	42°
2	4g	100ml	9ml	8g	4h	42°
3	4g	100ml	10ml	8g	4h	42°
4	4g	100ml	11ml	8g	4h	42°
5	4g	100ml	12ml	8g	4h	42°

Der Zucker wird in den Abstufungen 6g, 7g, 8g, 9g, und 10g mit 4g Yamsmehl, 100 ml Milch und 10ml Kultur, bei einer Gärzeit von 4h und einer Temperatur von 42° gemischt.

Tabelle: Unterschiedliche Zuckerkonzentrationen

	Yamsmehl	Milch	Kultur	Zucker	Zeit	Temperatur
1	4g	100ml	10ml	6g	4h	42°
2	4g	100ml	10ml	7g	4h	42°
3	4g	100ml	10ml	8g	4h	42°
4	4g	100ml	10ml	9g	4h	42°
5	4g	100ml	10ml	10g	4h	42°

Die Fermentationszeit wird in den Abstufungen von 3h, 4h, 5h, 6h, und 7h bei 4g Yamsmehl, 100 ml Milch, 10ml Kultur und 8g Zucker und einer Temperatur von 42° variiert.

Tabelle: Unterschiedliche Fermentationszeit

	Yamsmehl	Milch	Kultur	Zucker	Zeit	Temperatur
1	4g	100ml	10ml	8g	3h	42°
2	4g	100ml	10ml	8g	4h	42°
3	4g	100ml	10ml	8g	5h	42°
4	4g	100ml	10ml	8g	6h	42°
5	4g	100ml	10ml	8g	7h	42°

Die Fermentationstemperatur wird in den Abstufungen von 40°, 41°, 42°, 43°, and 44° bei 4g Yamsmehl, 100 ml Milch, 10ml Kultur und 8g Zucker und einer Zeit von 4h variiert).

Tabelle: Unterschiedliche Fermentationstemperatur

	Yamsmehl	Milch	Kultur	Zucker	Zeit	Temperatur
1	4g	100ml	10ml	8g	4h	40°
2	4g	100ml	10ml	8g	4h	41°
3	4g	100ml	10ml	8g	4h	42°
4	4g	100ml	10ml	8g	4h	43°
5	4g	100ml	10ml	8g	4h	44°

## Ergebnisse der einfaktoriellen Experimente

Anhand der Standards für die sensorische Bewertung wurden die Variationen der einzelnen Faktoren bewertet und dann als Grundlage für das orthogonale Experiment genutzt.

Die Menge des Yamsmehls bestimmt hauptsächlich den Geschmack, die Struktur und die Kleinigkeit des Joghurts.

Tabelle: Bewertung Yamsmehlmenge

	Yamsmehl	Ergebnis
1	2g	Schlechte Struktur, leichter Yamsgeschmack, etwas Molke
2	3g	mittelmäßige Struktur, guter Yamsgeschmack, gute Viskosität
3	4g	Gute Struktur, guter Yamsgeschmack, gute Viskosität
4	5g	Gute Struktur, guter Yamsgeschmack, recht klebrig
5	6g	Guter Yamsgeschmack, zu klebrig für Joghurt

Auf Grund dieser Bewertung wurde die Menge von 3g – 4g für die weiteren Tests ausgewählt.

Die Menge der Kultur wirkt sich auf den Fermentationsprozess des Joghurts und auf den Geschmack aus.

Tabelle: Bewertung Kulturkonzentration

	Kultur Unterschiede	Ergebnis
1	8ml	Gute Struktur, guter Yamsgeschmack, gute Viskosität
2	9ml	Gute Struktur, guter Yamsgeschmack, gute Viskosität
3	10ml	Gute Struktur, guter Yamsgeschmack, gute Viskosität
4	11ml	Gute Struktur, guter Yamsgeschmack, etwas klebriger
5	12ml	Gute Struktur, guter Yamsgeschmack, etwas klebriger

Der Untersuchung zufolge besteht kein großer Unterschied bei unterschiedlicher Menge an zugesetzter Kultur.

Der Zuckergehalt wirkt sich auf die Geschmacksrelation von Süß / Sauer aus.

Tabelle: Bewertung Zuckergehalt

	Zucker	Ergebnis
1	6g	saurer Geschmack ist stärker als süßer Geschmack
2	7g	Mittelmäßiges Verhältnis von süß /sauer
3	8g	Gutes Verhältnis von süß /sauer
4	9g	Gutes Verhältnis von süß /sauer
5	10g	Etwas zu süß für Yams-Joghurt

Auf Grundlage der Tests wurde eine Zuckerkonzentration von 7g - 9g ausgewählt.

Die Fermentationszeit ist eine wichtige Einflussgröße bei dem Geschmack des Joghurts.

Tabelle: Bewertung Fermentationszeit

	Fermentationszeit	Ergebnisse
1	3h	Süßer Geschmack ist stärker als saurer Geschmack.
2	4h	Mittelmäßiges Verhältnis von süß /sauer
3	5h	Gutes Verhältnis von süß /sauer
4	6h	Gutes Verhältnis von süß /sauer
5	7h	Etwas zu sauer für Yams-Joghurt

Auf Grundlage der Tests wurde eine Fermentationszeit zwischen 4h und 6h ausgewählt.

In Bezug auf die Fermentationstemperatur ergeben sich kaum Unterschiede im Bereich von 40 bis 42°C. Fermentationstemperatur über 44° ergaben eine schlechtere Bewertung des Mundgefühls und des Geschmacks. Die beste Fermentationstemperatur für *Bifidobakterien* liegt zwischen 37-41 ° und die für Milchsäurebakterien zwischen 37-45°. Der Wert von 41 °C wird in der Literatur als optimale Temperatur für Joghurtfermentation betrachtet (Yang Ying & Xu Guihua 2008).

### Orthogonale Sensorik Tests

Die Erfahrungen aus den Experimenten mit einem variablen Faktor führten zur Einschätzung der Bedeutung, der Wirkungsweise und des Einflusses der einzelnen Faktoren. Dabei zeigte sich, dass die Faktoren Yamsmehlmenge, Zuckermenge, Kulturmenge und Fermentationszeit den stärksten Einfluss auf das Produkt aufwiesen. Dabei wurden die folgenden Werte für weitere Tests ausgewählt (siehe Tabelle).

Tabelle: Faktorlevel für Orthogonale Tests

Level	Faktor	Yamsmehl	Zucker	Kultur	Zeit
1		3g	7g	8ml	4h
2		3.5g	8g	9ml	5h
3		4g	9g	10ml	6h

Für das Experiment wurde dann folgender Versuchsaufbau ausgewählt:

Tabelle: Orthogonaler Test für Yams-Joghurt

Level	Faktor	Yamsmehl	Zucker	Kultur	Zeit
1		3g	7g	8ml	4h
2		3g	8g	9ml	5h
3		3g	9g	10ml	6h
4		3.5g	7g	9ml	6h
5		3.5g	8g	10ml	4h
6		3.5g	9g	8ml	5h
7		4g	7g	10ml	5h
8		4g	8g	8ml	6h
9		4g	9g	9ml	4h

### Sensorik Panel Experiment

Das Sensorik Panel bestand aus 10 geschulten Panelisten beurteilte die sensorischen Eigenschaften des Yams-Joghurts. Die Bewertungsskala ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle: Standards für die Sensorikbewertung

Grundeigenschaft	Aussagen	Bewertung
Mundgefühl	Sehr fein und glatt, weich	20-25
	Ein wenig fein, nicht so weich	15-20
	Grob	0-15
Aroma	Gutes Verhältnis zwischen sauer und süß, köstlicher Yamsgeschmack	20-25
	Gutes Verhältnis zwischen sauer und süß, jedoch kein Yamsgeschmack	15-20
	Kein Gutes Verhältnis zwischen sauer und süß	0-15
Textur	Gute Stabilität und glatte Textur	20-25
	Gute Stabilität und uneinheitliche Textur	15-20



	Schlechte Stabilität und uneinheitliche Textur	0-15
Milkeabscheidung (SWS) <sup>8</sup>	Keine Molkeabscheidung	20-25
	Wenig Molkeabscheidung	15-20
	Viel Molkeabscheidung	0-15

Wie dargestellt wurden 9 verschiedene Proben vom Sensorikpanel getestet und anhand des Standardschemas bewertet. Die Ergebnisse werden wie folgt dargestellt:

Tabelle: Ergebnisse des Sensorikpanel Test

Level	Faktoren				Sensorik Analyse				
	Yams- mehl	Zucker	Kultur	Zeit	Test	Ge- schmac k	Textur	SWS	Total
	1	3g	7g	8ml	4h	17.5	16.5	16.4	18.8
2	3g	8g	9ml	5h	18.7	18.3	19.9	19.6	76.5
3	3g	9g	10ml	6h	15.6	15.8	12.3	15.0	58.7
4	3.5g	7g	9ml	6h	18.5	18.5	19.0	19.6	75.6
5	3.5g	8g	10ml	4h	17.8	19.2	22.4	22.9	82.3
6	3.5g	9g	8ml	5h	16.6	17.7	21.4	17.4	73.1
7	4g	7g	10ml	5h	16.4	16.7	18.5	18.6	70.2
8	4g	8g	8ml	6h	17.6	17.9	19.5	18.6	73.6
9	4g	9g	9ml	4h	17.6	17.5	20.2	21.4	76.7
K <sub>1</sub>	204.4	215.0	215.9	228.2					

<sup>8</sup> Situation of whey separation (SWS)

K <sub>2</sub>	231.0	232.4	228.8	219.8
K <sub>3</sub>	220.5	208.5	211.2	207.9
k <sub>1</sub>	68.1	71.7	72.0	76.1
k <sub>2</sub>	77.0	77.5	76.3	73.3
k <sub>3</sub>	73.5	69.5	70.4	69.3
R	8.9	8.0	5.9	6.8

---

Gemäß der Tabelle erhält die Probe 5 die höchste Bewertung (82.3.). K<sub>1</sub> im Faktor Yamsmehl ist die Summe des ersten Levels der Yamsmehlmenge (3g), der Wert 204,4 ist die Summe von 69.2, 76.5 und 58.7.

Genauso ist K<sub>2</sub> beim Faktor Zucker die Summe des zweiten Level Zucker (8g) und entspricht dem Wert 232.4. Werden K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> und K<sub>3</sub> jeweils durch 3 geteilt ergeben sich die Werte k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> und k<sub>3</sub> und zeigt an welche der Level von jedem Faktor die beste Bewertung erreichte. R zeigt die größte Distanz zwischen den Werten k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> und k<sub>3</sub>. Beispielsweise ist R im Faktor Yamsmehl 8,9 (dieser Wert ergibt sich aus Subtraktion von 68,1 von 77). Je höher der R-Wert, desto größer ist der Einfluss dieses Faktors auf die Probe. Damit ist der wichtigste Faktor beim Yams-Joghurt der Faktor Yamsmehl, gefolgt von den Faktoren Zucker, Fermentationszeit und Kultur. Das optimale Rezept für Yams-Joghurt ist demnach A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub> (3.5g Yamsmehl, 8g Zucker, 9ml Kultur, und 4h Fermentationszeit).

### 3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Verwertbarkeit der Ergebnisse ist hoch. Neben den landwirtschaftlichen Betrieben wird dem Müllerei- und Bäckereigewerbe klar die gute Eignung des Mehles aus *Dioscorea batatas* nachgewiesen. Dies erhöht die Möglichkeiten der Rezepturgestaltung sowohl bei Backprodukten als auch bei Teigwaren, was gerade bei Spezialprodukten wie Waren für Allergiker von Interesse ist. Besondere Hinweise ergeben sich für Molkereien, die nach Verdickungsmitteln speziell für Produkte aus ökologischem Landbau suchen. Hier sollen weitere Muster an interessierte Betriebe weitergegeben werden, so dass ggf. eine entspre-

chende Nachfrage nach dem Rohstoff generiert wird. Schutzrechte sollen nicht angemeldet werden. Nachdem die gute Eignung der *Dioscorea batatas* als Zusatzstoff in der Lebensmittelverarbeitung kann nun durch den Projektpartner DIOBA eine laufende Produktion und Belieferung der Firmen erfolgen.

#### **4. Zusammenfassung**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde die Eignung von Yamswurzelprodukten als Zusatzstoff im Lebensmittelbereich untersucht. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich aus dem Ausgangsmaterial problemlos trocknen und unter dem Einsatz von Standard-Mahltechnik zu gut verarbeitbaren Mehle aufbereiten lässt. Die technologischen Eigenschaften sowohl im Backprozess als auch bei Teigwaren sind problemlos. Eine gute Eignung des Yamswurzelmehlles konnte als Verdickungsmittel in der Joghurtherstellung nachgewiesen werden, hier könnte sich insbesondere angesichts der zunehmenden Allergienproblematik zukünftig ein wichtiges Einsatzfeld ergeben. Zusammenfassend kann die *Dioscorea batatas* als interessante neue Kultur im Ökolandbau eingestuft werden, deren vermehrter Anbau anzustreben ist.

#### **5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlichen Zielen, Hinweise auf weiterführende Fragestellungen**

Beim Zeitplan gab es in Bezug auf die ursprüngliche Planung eine Verschiebung, wobei das Projekt aber dennoch innerhalb des Gesamtzeitrahmens geblieben ist. Hier ist zunächst der o.a. verzögerte Vorhabensbeginn zu nennen, der aber im wesentlichen die Zuordnung zu den im Antrag genannten Einzelmonaten, nicht aber den Gesamttablauf verändert. Weiterhin wurde der Arbeitspunkt M8 „Yams als Zusatzstoff für Milchprodukte“ aus arbeitswirtschaftlichen Gründen zeitlich vorgezogen, so dass die anderen Punkte entsprechend später abgearbeitet wurden. Inhaltlich und finanziell ergaben sich keine Änderungen. Der Finanzplan liegt im Rahmen der beantragten Mittel.

Die nachgewiesene vielseitige Einsetzbarkeit von Yamsmehl lässt folgende weiterführende Fragestellung zu: Der Anbau sollte ausgeweitet werden, d.h. das durch weiterführende agrarwissenschaftliche Forschungsarbeiten und konkrete Anbau- und Technikberatung mehr Gartenbau- und Landwirtschaftsbetriebe die

Produktion aufnehmen könnten. Die erzielbaren Marktpreise und die Einsatzmöglichkeiten für *Dioscorea batatas* machen diese Pflanze zu einer interessanten neuen Kultur im ökologischen Landbau.

## 6. Literaturverzeichnis

- Bown. D. (1995): *Encyclopaedia of Herbs and their Uses*. Dorling Kindersley, London. ISBN 0-7513-020-31
- Cheng-Lun Wu, Chun-Lin Lee, and Tzu-Ming Pan (2009): Red mold dioscorea has a greater antihypertensive effect than traditional red mold rice in spontaneously hypertensive rats, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2009, 57, 5035-5041;
- DIOSCOREA Linnaeus, Sp. Pl. 2: 1032. 1753. *Flora of China* 24: 276–296. 2000;
- E.A. Udensi, H.O. Oselebe and O.O. Iweala (2008): The Investigation of Chemical Composition and Functional Properties of Water Yam (*Dioscorea alata*): Effect of Varietal Differences, *Pakistan Journal of Nutrition* 7 (2): 342-344;
- Hartkemeyer, Julia & Tobias (2010) *Die Yams Dioscorea batatas - Geschichtliche, botanische, und gesundheitliche Aspekte der Lichtyamswurzel*. BOD Verlag, ISBN 978-3-8391-5372-7, Paperback
- Huey-Fang Shang, Huey-Chuan Cheng, Hong-Jen Liang, Hao-Yu Liu, Sin-Yie Liu, and Wen-Chi Huo (2007): Immunostimulatory activities of yam tuber mucilages, *Botanical Studies* (2007) 48: 63-70;
- Jian-Horng Chen, James Shih-Shyn Wu, Hsiao-Che Lin, Shey-Lin Wu, Wen-Fu Wang, Shu-Kuei Huang, and Ying-Jui Ho (2008): *Dioscorea* improves the morphometric and mechanical properties of bone in ovariectomised rats, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 2700–2706 (2008);
- Ju-Yun Liu, Feng-Ling Yang, Chun-Ping Lu, Yu-Liang Yang, Chi-Luan Wen, Kuo-Feng Hua, and Shih-Hsiung Wu (2008): Polysaccharides from *Dioscorea batatas* induce tumor necrosis factor- $\alpha$  secretion via toll-like receptor 4-mediated protein kinase signalling pathways, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56, 9892-9898;
- Judith Brunnschweiler (2004): *Structure and Texture of Yam (Dioscorea spp.) and Processed Yam Products*, University of Zurich;

- Karen M. Slimak (1990): Processes for products from true yam, United States Patent, Patent number: 4,946,703, Aug. 7, 1990;
- Kyung Ok Shin, Jeong Ryaee Jeon, Ji Seon Lee, Jong Yeon Kim, Chu Hee Lee, Soon Dong Kim, Yeon-Su Yu, and Doo Hyun Nam (2006): Lactic acid fermentation of Chinese Yam (*Dioscorea batatas* Decne) Flour and its pharmacological effect on gastrointestinal function in rat model, *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 2006, 11: 240-244;
- Linnemann, Ludger (2010) Entwicklung einer prozessnahen Diagnostik der Mehlqualität und Teigbereitung zur optimierten Herstellung von Backwaren aus Öko-Weizensorten. [Development of a process related diagnostic of quality of flour and making of dough for an optimized production of bakery products based on organicwheat varieties.] *Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V., D-Darmstadt. BLE Forschungsbericht* <http://orgprints.org/18758/>
- Neuwinger, H.-D. (1996) *African ethnobotany: poisons and drugs : chemistry, pharmacology, toxicology*
- Olajide P. Sobukola, Samuel O. Awonorin, Lateef O. Sanni, and Francis O. Bamiro (2008): Deep-fat frying of yam slices: optimization of processing conditions using response surface methodology, *Journal of Food Processing and Preservation* 32 (2008) 343-360;
- Olajide Philip Sobukola, Olawale Usman Dairo, and Adebayo Victor Odunewu (2008): Convective hot air drying of blanched yam slices, *International Journal of Food Science and Technology* 2008, 43, 1233–1238;
- Phil-Sun Oh & Kye-Teak Lim (2008): Antioxidant activity of *Dioscorea batatas* Decne glycoprotein, *Eur Food Res Technol* (2008) 226: 507-515;
- Ramberg, Jane & Nugent, Steve (2002): History and Use of *Dioscorea* as a Food and Herbal Medicine. *GlycoScience & Nutrition* (official publication of glycoscience.com: The nutrition science site 2002.3(6):1-5 [http://www.glycoscience.org/glycoscience/document\\_viewer.wm?FILENAME=H329A#](http://www.glycoscience.org/glycoscience/document_viewer.wm?FILENAME=H329A#)
- Rui Huo, Qiu-li Zhou, Ben-xiang Wang, Shin-ichi Tashiro, Satoshi Onodera, Takashi Ikejima (2004): Diosgenin induces apoptosis in HeLa cells via action of caspase pathway, *Acta Pharmacologica Sinica* 2004 Aug; 25 (8): 1077-1082;
- Takeshi Nagai, Nobutaka Suzuki, Yasuhiro Tanoue, Norihisa Kai and Toshio Nagashima (2007): Antioxidant and antihypertensive activities of autolysate and en-

- zymatic hydrolysates from yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) *ichyoimo* tubers, Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.5 (3&4 ): 64-68. 2007;
- Vonarburg, B, (2001): Homöotanik. 4. Extravagante Exoten: Von Bruno Vonarburg; K F Haug Verlag
- Wang Shujun, Yu Jinglin, Liu Hongyan, Chen Weiping (2008): Characterisation and preliminary lipid-lowering evaluation of starch from Chinese yam, Food Chemistry 108 (2008) 176-181;
- Y. Alozie, M. L. Akpanabiatu, E. U. Eyong, I. B. Umoh and G. Alozie (2009): Amino Acid Composition of *Dioscorea dumetorum* Varieties, Pakistan Journal of Nutrition 8 (2): 103-105;
- Y.-M. Liu & K.-W. Lin (2009): Antioxidative ability, dioscorin stability, and the quality of yam chips from various yam species as affected by processing method, Journal of Food Science, Vol. 74, Nr. 2, 2009;
- Yen-Wenn Liu, Huey-Fang Shang, Chung-Kwe Wang, Feng-Lin Hsu, Wen-Chi Hou (2007): Immunomodulatory activity of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea alata* cv. Tainong No. 1) tuber, Food and Chemical Toxicology 45 (2007) 2312–2318;
- Yi Yuan, Liming Zhang, Yujie Dai, Jiugao Yu (2007): Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches, Journal of Food Engineering, volume 82, issue 4: 436-442;
- Yuh-Hwa Liu, Hong-Jen Liang, Huey-Chuan Cheng, Yen-Wenn Liu, and Wen-Chi Hou (2006): Comparisons of in vitro antioxidant activities of storage proteins in tuber of two *Dioscorea* species, Botanical Studies (2006) 47: 231-237;
- Yuki Ohizumi, Mariam Gaidamashvili, Shyuichi Ohwada, Kazuhiro Matsuda, Junko Kominami, Sachiko Nakamura-Tsuruta, Jun Hirabayashi, Takako Naganuma, Tomohisa Ogawa, and Koji Muramoto (2009): Mannose-binding Lectin from yam (*Dioscorea batatas*) tubers with insecticidal properties against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57, 2896-2902;

## **7. Übersicht über die im Berichtszeitraum realisierten Veröffentlichungen**

- Projektvorstellung bei Besuchergruppen an der Universität Kassel
- Projektvorstellung einschließlich Musterweitergabe (sowohl als Trockenware als auch als Mehl) auf der Messe Biofach 2009 und der Messe Biofach 2010
- wissenschaftliche Publikation ist in Vorbereitung