

## Verbesserung der technologischen Funktionalität von Amaranth, Buchweizen und Quinoa durch Nutzung der endogenen Substrateigenschaften und physiologischen Eigenschaften der Fermentationsorganismen

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle I:</b>	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Prof. Dr. Thomas Becker/Dr. Mario Jekle
<b>Forschungsstelle II:</b>	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück Dr. Volker Heinz/Dr. Martin Linden
<b>Industriegruppen:</b>	Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V. (AGF), Detmold Bundesverband der Hersteller von Lebensmitteln für eine besondere Ernährung e.V. – Diätverband, Bonn
	Projektkoordinator: Dr. Markus Brandt Ernst Böcker GmbH & Co. KG, Minden
<b>Laufzeit:</b>	2011 – 2013
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 443.700,-- (Förderung durch BMWi via AiF)

### Ausgangssituation:

Aufgrund der kontinuierlich steigenden Anzahl von Verbrauchern mit diagnostizierter Glutenintoleranz gewinnen glutenfreie Backwaren immer mehr an Bedeutung. Neben der Befriedigung der gestiegenen Nachfrage bietet die Verarbeitung von Pseudocerealien zusätzliche Vorteile, so ist z.B. in Pseudocerealien der Proteinanteil allgemein höher als in Cerealien und unterscheidet sich in seinem Gehalt an essentiellen Aminosäuren, wie beispielsweise Lysin und Threonin, deren Vorkommen in Weizen- und Roggenmehl limitiert ist. Bei der Herstellung derartiger Backwaren ist jedoch der Einsatz von Mehlen aus Pseudocerealien aufgrund ihrer schlechten Backeigenschaften und einer beeinträchtigten sensorischen Qualität der daraus hergestellten Produkte limitierend für die Qualität. Die Aufbereitung der Pseudocerealien bis hin zur Verarbeitung lehnt sich bisher an die Aufbereitung und Verarbeitung klassischer Brotgetreidearten an. Durch die Fraktionierung können nicht nur einzelne

Kornbestandteile angereichert, sondern funktionelle Eigenschaften gezielt verändert werden. Darüber hinaus könnten die Mahlfractionen aufgrund ihrer Zusammensetzung ein variierendes Milieu für das Wachstum von Mikroorganismen liefern. Eine Möglichkeit, die Backeigenschaften glutenfreier Mehle sowie die sensorische Qualität der Produkte zu verbessern, stellt die Fermentation dar. Allerdings sind bisher nur wenige Kenntnisse über die Wechselwirkung zwischen Fermentationsorganismen und -substrat hinsichtlich des Zusammenspiels zwischen den physiologischen Eigenschaften der Organismen und den im Substrat vorliegenden (endogenen) Aktivitäten (z.B. endogene Enzyme) der Pseudocerealien Amaranth, Buchweizen und Quinoa. Es ist zu erwarten, dass neben den Prozessbedingungen auch die endogenen Aktivitäten der Mahlerzeugnisse einen Einfluss auf die physiologische Aktivität der Mikroflora von fermentierten Pseudocerealien haben. Da die Zusammensetzung der Mikroflora von fermentierten Teigen vom Ausmah-

lungsgrad der eingesetzten Mehle (veränderte Substratverfügbarkeit) abhängt, ist davon auszugehen, dass diese ebenfalls die Mikroflora und damit die physiologischen Eigenschaften in fermentierten Teigen beeinflussen.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Nutzbarkeit der Pseudocerealien Amaranth, Buchweizen und Quinoa für die Herstellung glutenfreier Backwaren und Produkte spezieller Diäten hinsichtlich teigrheologischer und backtechnologischer Eigenschaften aufzuzeigen und diese durch eine gezielte Fermentation zu steigern. Hierzu sollten die Mehle bzw. die daraus hergestellten Mahlfractionen hinsichtlich ihrer technologischen Funktionalität (teigrheologische Eigenschaften, Gashaltevermögen, Maschinengängigkeit) charakterisiert werden. Weiterhin sollte das Potenzial der Inkubation mit Enzymen bzw. eine Fermentation mit Starterorganismen zur gezielten Beeinflussung der technologischen Funktionalität der Mehle bzw. Mahlfractionen bestimmt werden. Hierbei wurde der Fokus darauf gelegt, dass insbesondere Kenntnisse über die Wechselwirkung zwischen Starterorganismen und Fermentationssubstrat gewonnen werden, die es erlauben, Einblicke in das Zusammenspiel zwischen den metabolischen Aktivitäten und Enzymaktivitäten der Starterorganismen und den endogenen Aktivitäten der Pseudocerealien (z.B. endogene Enzyme) zu erhalten.

#### Forschungsergebnis:

Die Fraktionierung der Pseudocerealien resultierte bei Buchweizen und Quinoa im Vergleich zu Amaranth in einer erfolgreichen Trennung der Kornbestandteile. Während in den Mahlfractionen zu > 80 % Stärke angereichert wurde, war in den Kleiefractionen vor allem der Protein-, Mineralstoff- und Fettgehalt stark erhöht. Der Einsatz der Quinoa- und Buchweizenmahlfractionen beeinflusste insbesondere die Qualitätsmerkmale in glutenfreien Teigen und Broten. Infolge einer zunehmenden Porengröße nach Einsatz der Mahlfractionen erhöhte sich auch das spezifische Brotvolumen (bei Quinoamehl um bis zu 33 %) bei reduzierter Krumenhärte. Darüber hinaus wurde die Lagerfähigkeit im Vergleich zum Reis-Maismehl basierten Standardbrot verlängert. Sensorisch wurden u.a. die Porenverteilung der Krume, die Farbgebung sowie der Geschmack der Endprodukte

verbessert. Mit zunehmendem Kleieanteil (Quinoa sowie Buchweizen) nahm die Teigfestigkeit zu. Der 40 %ige Einsatz von Quinoakleie reduzierte das Brotvolumen um bis zu 14 %, der entsprechende Einsatz von Buchweizenkleie um bis zu 5 % bei dichterem Krumenporung sowie einer härteren Krume.

Die Verarbeitbarkeit der Quinoakleieteige und auch die sensorische Saftigkeit der Brote waren im Vergleich zur trockenen Standardkrume erhöht.

Als Hintergründe konnten hier die Zusammensetzung der einzelnen Mahlfractionen sowie deren endogene Enzymaktivitäten identifiziert werden. Beide Quinoamahlfractionen sowie Buchweizenmehl wiesen eine hohe  $\alpha$ -Glucosidaseaktivität auf, während die Aktivität der  $\alpha$ -Amylase gering ausfiel. Proteolytische Aktivität und Phytaseaktivität wurde primär in Kleiefractionen gemessen. Der Einsatz von Amylase förderte die Teighöhenentwicklung im Rheofermentometer und auch das spezifische Brotvolumen nahm durch die Behandlung mit  $\alpha$ -Amylase sowie durch eine Verlängerung der Gärzeit zu. Dieser Effekt ließ sich auf den erhöhten Substratumsatz während der Gare und die damit einhergehende, gesteigerte  $\text{CO}_2$ -Produktion seitens der Hefe zurückführen. Vor allem bei Buchweizenmehl und -vollkornmehl führte die verlängerte Gärzeit zur Teighöhen- sowie zur Brotvolumenzunahme. Insbesondere die Untersuchungen zur endogenen Enzymaktivität bestätigten, dass die  $\alpha$ -Glucosidase und damit die Substratverfügbarkeit für die Hefe hauptverantwortlich für die Backeigenschaften des Quinoamehls waren.

Die Charakterisierung der reinen Sauerteige ergab, dass die Quinoakleieteige ( $27 \times 10^3$  Pa) deutlich fester als die entsprechenden Mehleteige mit *L. plantarum* (38 Pa) waren. Die Mahlfractionen wurden anschließend mit den Laktobazillen *L. plantarum* und *L. paralimentarius*, sowie bei Quinoamehl durch Kofermentation (*L. plantarum* mit *S. cerevisiae*) und für die Buchweizenmahlfractionen mit *L. plantarum* angesäuert. Von den Sauerteigen wurden die Wachstums- und Ansäuerungscharakteristika bestimmt und Stoffwechselprodukte quantifiziert. Die homofermentativen Laktobazillen wuchsen in der Kleie ( $10^{10}$  KbE/g Teig) zu deutlich höheren Keimzahlen als im Mehl ( $10^9$  KbE/g Teig). In Kleie wurde mehr Säure gebildet, aufgrund der Pufferkapazität sank der pH-Wert jedoch



nicht so stark. Nach der Fermentation war der Glukosegehalt höher als zu Beginn. Phytase und  $\alpha$ -Amylase spielten während der Fermentation von Quinoa wahrscheinlich keine signifikante Rolle.  $\alpha$ -Glucosidase wurde in hohen Mengen aus den Quinoasauerteigen extrahiert, was eine Erklärung für die hohen Glucose- und geringen Maltosegehalte der Teige lieferte. Die proteolytische Aktivität war im Bereich von pH 4,5 - 5 am höchsten. Dabei wurde festgestellt, dass bei mit *L. paralimentarius* fermentierten Teigen die Freisetzung von Aminogruppen im Vergleich zu mit *L. plantarum* fermentierten Teigen leicht erhöht war. Die Kofermentation mit *S. cerevisiae* führte zum fast vollständigen Verbrauch von Glucose, zu einer Reduzierung der Menge freier Aminogruppen in den Quinoamehlsauerteigen und beeinträchtigte wahrscheinlich aufgrund von Substratlimitierung das Laktobazillenwachstum sowie die Ansäuerung, was sich auch in einer helleren Krustenfarbe der Endprodukte widerspiegelte.

Eine Fermentation von Buchweizen durch Hefen als alleinige Starterorganismen war nicht möglich. Die Hefen setzten sich in dem Substrat nicht durch und wurden schon nach 24 Stunden von der endogenen Flora aus Laktobazillen und Enterobakterien überwachsen. Der Einsatz von fermentiertem Quinoamehl mit *L. plantarum* äußerte sich infolge einer erhöhten Substratverfügbarkeit für die Hefen in einer signifikant höheren Zunahme des Teigvolumens. Während sich die Teigfestigkeit im Vergleich zur Standardrezeptur nach Einsatz von Quinoamehl (10 - 40 %) nur minimal änderte, führte die Säuerung mit *L. plantarum* zu weicheren Teigen. Grundsätzlich wurden die glutenfreien Teige mit zunehmendem Quinoamehlanteil klebriger, wobei die biologische Säuerung diesen Effekt noch verstärkte. Die Teighöhe nahm infolge der Strukturschwächung auf die Teigmatrix mit zunehmendem Quinoakleieteil ab. Auch der 40 %ige Einsatz der fermentierten Quinoa- und Buchweizenmehl- sowie entsprechender Kleiesauerteige beeinflusste die Qualitätsmerkmale der glutenfreien Brote. So nahm die Krumenhärte der glutenfreien Brote nach Einsatz von fermentierter Quinoa- und Buchweizenkleie zu bei dichterem Krumenporung und einem geringen spezifischen Brotvolumen. Während fermentiertes Buchweizenmehl keinen Einfluss auf das Brotvolumen hatte, nahm dieses bei den mit *L. plantarum* fermentierten

Quinoamehlbroten um 12 % im Vergleich zu reinen Quinoamehlbroten zu, was sich auch auf die erhöhte Krumenlockerung und folglich auf eine weichere Krume zurückführen ließ.

#### Wirtschaftliche Bedeutung:

Durch die Aufklärung der technologischen Funktionalitäten von Kornbestandteilen und Mahlfractionen von Quinoa und Buchweizen wird den Herstellern glutenfreier Lebensmittel, insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen, eine neue Basis für die zukünftige Entwicklung glutenfreier Brote und Backwaren gegeben. Darüber hinaus wird ihnen ein Tool zur gezielten Beeinflussung der Qualitätsmerkmale dieser Backwaren an die Hand gegeben, wie beispielsweise ihrer Porenstruktur, des spezifischen Brotvolumens, ihrer sensorischen Attribute oder der Lagerfähigkeit glutenfreier Backwaren sowie im Bereich Sonderernährung. Die technologische Aufwertung der glutenfreien Endprodukte kann das Absatzvolumen steigern und diese Nische gerade für mittelständische Unternehmen wirtschaftlich interessanter gestalten. Kleinbetrieben, die derzeit u.a. aus wirtschaftlichen Gründen um ihre Existenz bangen, bietet sich damit eine finanziell interessante Alternative.

Bei einem Anteil von 2 % Zöliakiebetreffenen in Deutschland (1,6 Mio. Menschen) ist der Absatzmarkt für glutenfreie Produkte beträchtlich. Bei einem kg-Preis von 3 € und einem Pro/Kopf-Verbrauch von 50 kg/a entspricht das max. Marktvolumen 240 Mio. €. Darüber hinaus ergibt sich ein zusätzliches Marktpotenzial durch Verbraucher, die zu den „Non-Celiac Gluten Sensitivites“ zählen sowie durch gesundheitsbewusste Konsumenten. Von den Ergebnissen des Vorhabens profitieren neben den Backwarenherstellern auch Mühlen und Starterkulturenproduzenten.

#### Publikationen:

1. FEI-Schlussbericht 2013.
2. Elgeti, M., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M.H., Heinz, V., Jekle, M. und Becker, T.: Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. J. Cereal Sci. 59, 41-47 (2014).
3. Föste, M., Nordlohne, S. D., Elgeti, M., Linden, M.H., Heinz, V., Jekle, M. und

- Becker, T.: Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. Eur. Food Res. Techn. 239, 767-775 (2014).
4. Föste, M., Elgeti, D., Jekle, M. und Becker, T.: Herstellung glutenfreier Brote – alles eine Frage des Substrats? Brot+Backw. 5, 66-70 (2013).
  5. Föste, M., Elgeti, D., Jekle, M. und Becker, T.: Manufacture of gluten-free bread – a question of the substrate? baking + biscuit 6, 46-49 (2013).

**Weiteres Informationsmaterial:**

Technische Universität München  
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW  
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie  
Weihenstephaner Steig 20, 85354 Freising  
Tel.: +49 8161 71-3262  
Fax: +49 8161 71-3883  
E-Mail: thomas.becker@wzw.tum.de

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik  
e.V. (DIL)  
Prof.-von-Klitzing-Str. 7, 49610 Quakenbrück  
Tel.: +49 5431 183-228  
Fax: +49 5431 183-200  
E-Mail: v.heinz@dil-ev.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via:

