

Modifizierung von Stärke durch zielgerichtete mechanisch-thermische Belastung zur Verbesserung der Funktionalität in gelierten Süßwaren



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Technische Universität Berlin Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie FG Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. Eckhard Flöter/Dr. Marco Ulbrich Technische Universität Berlin Institut für technischen Umweltschutz FG Umweltmikrobiologie Prof. Dr. Ulrich Szewzyk/Dr. Burga Braun
Industriegruppe(n):	Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V. (BDSI), Bonn Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e.V. (VGMS), Berlin Der Backzutatenverband e.V. (BZV), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Jörg Klinkmann August Storck KG, Halle (Westfalen)
Laufzeit:	2021 – 2023
Zuwendungssumme:	€ 368.456,--

Ausgangssituation

Hydrokolloide werden als strukturbildende Komponente in vielen Lebensmitteln eingesetzt, z.B. in Süßwaren, wie in Fruchtgummi- und Lakritz-Erzeugnissen. Diese werden zumeist mit Gelatine, modifizierter Stärke, Pektin oder *Gummi arabicum* als Strukturgeber hergestellt, wobei Gelatine allerdings den Ansprüchen an vegan, halal oder kosher hergestellte Lebensmittel nicht genügt. Eine technisch wie wirtschaftlich interessante Alternative zu Hydrokolloiden wäre der Einsatz von Stärke. Stärke besteht aus Amylose und Amylopektin, die über verschiedene übermolekulare Strukturebenen in Form von semi-kristallinen Körnern synthetisiert sind. Letzteres bedingt den thermischen Verkleisterungsschritt (Druckkochprozess) als Voraussetzung für eine Verarbeitung im industriellen Prozess. Zentrale technologisch-funktionelle Anforderungen, wie eine geringe Heißkleister-Scherviskosität (technofunktionell), die die Verarbeitbarkeit konzentrierter Dispersionen im industriellen Prozess sicherstellt, und die Fähigkeit zur Ausbildung mechanisch fester Gele (funktionell) erfordern zudem eine partielle Molmassenreduzierung, die bislang durch Modifizierung der Stärke durch Säurehydrolyse erfolgt. Die Säurehydrolyse ist jedoch relativ unspezifisch bzgl. der Selektivität der stattfindenden Polymerspaltung. Die Funktionalität der Stärke basiert demzufolge momentan auf einem Kompromiss aus notwendiger Amylopektin-Verkleinerung und Inkaufnahme eines unerwünschten Amylopektin-Abbaus. Weitere Nachteile sind das Abfallaufkommen durch den Einsatz von Chemikalien (Säuren/Laugen), die Notwendigkeit der Temperierung der Suspension für viele Stunden sowie ein erforderlicher Waschprozess. Der Einsatz einer alternativen

Modifizierungstechnologie mit Verzicht auf chemische Hilfsmittel könnte die Möglichkeit zur Herstellung von Produkten in Bioqualität eröffnen.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, das Anwendungspotential dünnkochender Stärken über das derzeit etablierte Niveau hinaus zu vergrößern, so dass partiell abgebaute Stärken zu einer validen Alternative zu den etablierten Hydrokolloiden werden. Es sollte der Nachweis erbracht werden, dass sich durch Anwendung alternativer Technologien eine Entkoppelung des molekularen Abbaus von Amylopektin und Amylose während der Stärkehydrolyse realisieren und kontrollieren lässt. Weiterhin sollten Strategien für die Entwicklung spezialisierter Stärken aufgezeigt werden, die ökologischen und ökonomischen Ansprüchen genügen und eine Herstellung von Produkten in Bioqualität sowie für Spezialmärkte (vegan, halal, kosher) erlauben.

Forschungsergebnis

Die Ergebnisse zeigen, dass ein zielgerichteter mechanisch-thermischer Modifizierungsansatz von Stärke oder die sehr spezifische enzymatische Stärkemodifizierung realisierbar sind. Die Forschungsergebnisse legen nahe, dass die untersuchten bzw. entwickelten Modifizierungsansätze Stärke durch gewünschte Veränderungen der molekularen Zusammensetzung das Potenzial zur Ausbildung eines stabilen Gelnetzwerkes verleihen können, was sich wiederum in der Ausprägung einer entsprechenden Anwendungsfunktionalität widerspiegeln kann. Als Grund hierfür ist ein selektiver Abbau v.a. der verzweigten Strukturfraktion zu sehen (Amylopektin, AP), d.h. die für die Netzbildung vorrangig verantwortliche Strukturfraktion Amylose (AM) ist vom Polymerabbau weitaus weniger betroffen. Es macht demzufolge in Hinblick auf eine künftig noch spezialisiertere Stärkemodifizierung wirtschaftlich Sinn, die neuen Modifizierungsansätze zu verfolgen oder in Betracht zu ziehen.

Im Rahmen des Projektes kristallisierten sich drei unterschiedliche potenzielle Modifizierungsansätze heraus. Die Modifizierung von granulärer Stärke unter Nutzung des entzweigenden Enzyms Pullulanase (PUL) erwies sich als vorteilhaft gegenüber der konventionellen partiellen Hydrolyse mit mineralischer Säure (Säurehydrolyse bzw. acid-thinning, AT). Der molekulare Abbau infolge der enzymatischen Hydrolyse (EH) war, wie gewünscht, deutlich stärker auf die AP-Fraktion ausgerichtet und erwies sich demzufolge als sehr spezifisch. Die angewandte Methodik der thermischen Enzyminaktivierung erwies sich als pragmatisch und ist trotz noch bestehender Limitierungen als grundsätzlich geeignet anzusehen. Eine umfangreich getestete alternative Möglichkeit zur Terminierung der Hydrolyse mittels β -Cyclodextrin (β -CDx) lieferte wissenschaftlich sehr interessante Ergebnisse, welche v.a. auf der Ebene der Stärkeforschung künftig einen Mehrwert bedeuten. Die Nutzung von β -CDx kann aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse jedoch nicht als ernstzunehmende Strategie für die Inaktivierung von PUL bei der Stärkemodifizierung im technischen Maßstab gewertet werden. Es konnte der Nachweis erbracht werden, dass die gegenüber der AT verbesserte Hydrolysespezifität gut mit der resultierenden Gelfestigkeit korreliert, d.h. für eine geforderte Gelfestigkeit möglicherweise weniger Geliermittel (enzymatisch modifizierte Stärke) erforderlich sein könnte.

Die untersuchten und weiterentwickelten rein mechanisch-thermischen Verfahren (Planetwalzenextrusion: EX, Ultra-Rotor-Verfahren: UR) erwiesen sich ebenfalls als geeignet zur gezielten molekularen Modifizierung mit entsprechend verbesserter Stärkefunktionalität. Durch Variation verschiedener verfahrenstechnischer Parameter gelang jeweils die Herstellung von Stärkeprodukten mit unterschiedlichen (variierenden) molekularen Eigenschaften, woraus sich eine Steuerbarkeit dieser ableiten lässt. Eine besonders hohe Spezifität für die Degradation des AP ließ sich anhand der Daten für den EX-Prozess ableiten. Die Modifizierung ohne Zuhilfenahme von Chemikalien bzw. Enzymen und die festgestellte grundsätzliche Eignung von Stärkeprodukten auf Basis der beiden Verfahren als effektives Geliermittel machen diese technologischen Ansätze besonders attraktiv; zudem lassen sich diese beiden Verfahren im technischen Maßstab realisieren.

Das Einsatzzweck-bezogene Potential von Stärkeprodukten kann im Ergebnis der Forschungsarbeiten sowohl von Seiten der Stärkeproduzenten als auch von Seiten der Stärkeanwender (z.B. von Süßwarenherstellern) genutzt werden. Es wurde deutlich, dass die verschiedenen Modifizierungsansätze (EH, EX und UR) als Alternative zu bekannten Verfahren geeignet sind und bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Stäkeeinsatzes vorteilhaft sein können. Es lassen sich gezieltere und auch ökonomischere Ansätze für neue Produktentwicklungs-

arbeiten ableiten und die Nutzung von Stärke durch gezielte Modifizierung für eine Anwendung in bestimmten Lebensmitteln und Technologien verbessern. KMU der Süßwarenindustrie wird der kenntnisbasierte Einsatz mechanisch-thermisch modifizierter Stärke eine höhere Gewichtung von Stärkeprodukten als Geliermittel in Rezepturen eröffnen sowie die Möglichkeit, chemisch modifizierte Stärken zu substituieren. Die im Rahmen des Vorhabens festgestellten Restriktionen beim (industriellen) Einsatz von partiell kaltquellenden Stärkeprodukten sollten sich durch technologische Anpassungen, die sowohl die Stärkemodifizierung (Stärkeindustrie) als auch den Stärfkeinsatz (Lebensmittelindustrie) betreffen, beheben lassen.

Wirtschaftliche Bedeutung

In Deutschland werden knapp 220.000 t Stärke bzw. Stärkeprodukte in der Süßwarenproduktion eingesetzt (4,17 Mio. t Produktionsvolumen (2022)). Die Süßwarenindustrie gehört mit einem Umsatz von € 12,5 Mrd., 50.000 Beschäftigten und einer Exportquote von 45 % (2019) zu den leistungsstärksten Branchen der deutschen Lebensmittelindustrie. Das Potential modifizierter Stärke zur Teil- oder Vollsubstitution anderer Hydrokolloide in dieser Branche ist erheblich und könnte zu deutlichen Produktionskosteneinsparungen, insbesondere bei Fruchtgummiwaren, führen (Absatz und Umsatz 2019 in Deutschland: 245.000 t bzw. € 1,0 Mrd.).

Eine effektive stärkebasierte Alternative zu bekannten Geliermitteln (z.B. Gelatine) ohne die limitierenden Faktoren konventioneller dünnkochender Stärken ist gleichermaßen für die Stärkeindustrie wie für die Süßwarenindustrie und damit für eine Vielzahl kleiner und mittelständischer Unternehmen (KMU) von wirtschaftlichem Interesse. Durch Einsatz einer spezifischeren und ökologischeren Modifizierungstechnologie ließe sich eine ressourcenschonendere Applikation in Süßwaren realisieren, die auch den Bio-Sektor miteinschließt. Durch Änderung des Modifizierungsdesigns ergäbe sich eine höhere Funktionalität, eine bessere Umweltbilanz und eine Bioqualität der Produkte. Durch eine optimierte Stärkefunktionalität ließen sich Rezepturanpassungen realisieren und neue Märkte, wie vegan, halal und kosher, erschließen, die insbesondere für den Export von Süßwaren von wachsender Bedeutung sind.

Publikationen

1. FEI-Schlussbericht 2023.
2. Ulbrich, M., Bültena, M., Braun, B., Meißner, K., Bussert, R. & Flöter, E.: Specific modification of granular potato starch by means of partial debranching using pullulanase. *Starch – Stärke* 76, 2300154 (2024).
3. Ulbrich, M., Bültena, M. & Flöter, E.: Enzymatic degradation of starch - Usage of β -cyclodextrin for inactivation of pullulanase. *Starch – Stärke* 76, 2300163 (2024).
4. Ulbrich, M., Scholz, F., Braun, B., Bussert, R. & Flöter, E.: High Amylose Corn Starch Gels—Investigation of the Supramolecular Structure. *Starch – Stärke* 75, 2200138 (2023).

Weiteres Informationsmaterial

Technische Universität Berlin
Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie
FG Lebensmittelverfahrenstechnik
Seestraße 13, 13353 Berlin
Tel.: +49 30 314-27551
Fax: +49 30 314-27557
E-Mail: eckhard.floeter@tu-berlin.de

Technische Universität Berlin
Institut für technischen Umweltschutz
FG Umweltmikrobiologie
Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin
Tel.: +49 30 31473-460
Fax: +49 30 31473-673
E-Mail: burga.braun@tu-berlin.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 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:



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © Katjes Fassin GmbH + Co. KG

Stand: 29. Januar 2026