

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Abschlussbericht – Teil I und II

Zuwendungsempfänger:

Südzucker AG

Förderkennzeichen:

031B0956G

Vorhabenbezeichnung:

Verbundvorhaben: Nachhaltige Proteinzutaten

Teilvorhaben: Charakterisierung der Proteinzutaten aus NewFoodSystems und Applikation von texturierten Proteinen in Fleischalternativen

Laufzeit des Vorhabens:

01.10.2020 bis 30.09.2023

Berichtszeitraum:

01.10.2020 bis 30.09.2023

Offstein, 28.03.2024

Dr. Alain Graf

Teil I: Kurzbericht

Südzucker nahm an Konsortialtreffen, spezifischen Arbeitstreffen und Abstimmungen mit Forschungs- und Industriepartnern teil. Diese Aktivitäten dienten der Planung, Durchführung, Präsentation und Diskussion von Untersuchungsergebnissen. Die Datenbankanforderungen wurden frühzeitig definiert, um eine vielseitig einsetzbare Struktur zu schaffen. Zudem wurde die erste Version der Datenbank getestet und Feedback zur Benutzerfreundlichkeit und Optimierungsmöglichkeiten erfasst.

Südzucker stellte analytische Methoden zur Bestimmung der physiko-chemischen und funktionellen Eigenschaften zur Verfügung. Diese umfassten Aminosäurezusammensetzung, Proteinlöslichkeit, Wasser- und Ölbindung sowie Emulgier-, Schäumungs- und Gelbildungseigenschaften. Anpassungen erfolgten insbesondere bei der Aminosäureanalytik. Für labile Aminosäuren wurden analytische Aufschluss- und Quantifizierungsmethoden etabliert, validiert und für die Bestimmung des Protein-Aminosäurespektrums angewandt. In weiteren Arbeitstreffen zur Sensorik wurde abgestimmt, welche Methodik für die sensorische Analyse von reinen Proteinzutaten eingesetzt werden soll und welche Zielwerte/Ergebnisse für die Datenbank erhoben werden sollen, sowie wie die Probendarreichung erfolgen soll.

Südzucker testete die Anwendung von Pflanzenproteinzutaten in der Low-Moisture-Extrusion, um texturierte Proteine (z. B. als Fleischersatz) zu bewerten. Es wurde ein Extrusionsmodellsystem auf Basis von Weizengluten und Weizenmehl entwickelt und unter standardisierten Bedingungen 7 ausgewählte Pflanzenproteinzutaten aus verschiedenen Rohstoffgruppen extrudiert. Die Unterschiede in der Faserbildung, Textur und Scherstabilität sowie physikalische Eigenschaften wie Farbe, Dichte, pH-Wert und Wasserbindung wurden qualitativ und quantitativ evaluiert.

Teil II: Eingehende Darstellung

A0 Koordination und Management

Südzucker nahm an Konsortialtreffen des Projekts, an spezifischen Arbeitstreffen sowie an diversen Abstimmungen mit den beteiligten Forschungs- und Industriepartnern zur Planung und Durchführung der Untersuchungen sowie der Präsentation und Diskussion der Ergebnisse teil.

- 2020-12-01 1. Kickoff- Konsortialtreffen
- 2021-07-02 2. Konsortialtreffen
- 2022-03-03 3. Konsortialtreffen
- 2022-09-23 4. Konsortialtreffen
- 2023-03-30 5. Konsortialtreffen
- 2023-09-26 6. Konsortialtreffen

A1 Definition möglicher Anforderungen und Einpflegen erster Daten

Im Rahmen zweier Arbeitstreffen am 12.01.2021 wurden zu Projektbeginn die notwendigen Anforderungen an die Datenbank in Bezug auf die späteren Auswertungsmöglichkeiten definiert. Ziel war es bereits möglichst früh eine vielseitig einsetzbare Datenbankstruktur aufzubauen.

Aus Sicht von Südzucker waren die in Tabelle 1 dargestellten Parameter zwingend erforderlich bzw. optional für ggf. ausgewählte Proteinzutaten relevant.

Tabelle 1:

Zielgröße/ Parameter	Zwingend erforderlich muss für jedes Protein in der Datenbank erfasst sein	Optional ggf. für ausgewählte Proteinpräparate
Chemische Parameter		
Proteinquelle [-]		
Trockensubstanz [%]	x	
Proteingehalt [%]	x	
Aschegehalt [%]	x	
Fettgehalt [%]	x	
Stärkegehalt [%]	x	
Fasergehalt, z.B. Rohfaser [%]	x	
pH [-]	in dest. Wasser	x
Alanin [g/100g]	x	
Arginin [g/100g]	x	
Asparagin [g/100g]	x	
Asparaginsäure [g/100g]	x	
Cystein [g/100g]	x	
Glutamin [g/100g]	x	
Glutaminsäure [g/100g]	x	
Glycin [g/100g]	x	
Histidin [g/100g]	x	
Isoleucin [g/100g]	x	
Leucin [g/100g]	x	
Lysin [g/100g]	x	
Methionin [g/100g]	x	
Phenylalanin [g/100g]	x	
Prolin [g/100g]	x	
Serin [g/100g]	x	
Threonin [g/100g]	x	
Tryptophan [g/100g]	x	
Tyrosin [g/100g]	x	
Valin [g/100g]	x	
Molekulargewicht, z.B. Abbildung SDS- Page		
Quartärstruktur	Verlinkung von Literatur/ Datenbanken wenn möglich	
Tertiärstruktur		
Sekundärstruktur		
Fettanalytik in Abstimmung mit Sensorik	nach Bedarf und in Abstimmung mit HAW	x
Fettsäuren		x
Sensorik, z.B. Instenität, Hedonik		x

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Physikalische Parameter/ Funktionelle Eigenschaften			
Partikelgröße, z.B. >200 µm [g/100g]			
Partikelgröße, z.B. D ₅₀ [µm]		x	
Farbe des Pulvers, z.B. L*, a*, b*-Werte [-]	Ggf. mit Abbildung (Suspension, Pulver)		x
Farbe einer Suspension, z.B. L*, a*, b*-Werte [-]			x
Wasserbindevermögen [mL/g]		x	
Ölbindevermögen [mL/g]		x	
Hydratationseigenschaften, z.B. Benetzbarkeit, Dispergierbarkeit			x
Isoelektrischer Punkt [-]	z.B. in Abhängigkeit des pH-Werts (z.B. pH 4, 6), der Ionenstärke (z.B. 0, 0,5, 2,5 % NaCl), der Proteinkonzentration (z.B. 1, 2,5, 5 g/l)		x
Denaturierungsverhalten in dest. Wasser, z.B. Denaturierungstemperatur T _d [°C]			x
Proteinlöslichkeit [%]		x	
Emulgierkapazität [mL/g]		x	
Emulgierstabilität		x	
Least Gelation Concentration [% (w/v)]			x
Schaumaktivität [% Volumenzunahme]		x	
Schaumdichte [g/L]			
Schaumfestigkeit [N/cm ²]			
Schaumstabilität [% Volumenänderung]		x	
Temperaturstabilität, z.B. Geltemperatur T _{gel} , Löslichkeit in Temperaturabhängigkeit			
Gefrier-Auftau-Stabilität	Untersuchung von Emulsionen, Untersuchung von Gelen		
Rheologische/ Texturale Eigenschaften			
Fließverhalten, z.B. Flow behavior index [-]			
Fließverhalten, z.B. Scherraten abhängige Viskosität [Pa*s]			
Viskoelastisches Verhalten, z.B. Speicher- und Verlustmodul [Pa]			
Textur, z.B. Gelfestigkeit [Pa]			x
Filmeigenschaften, z.B. Filmdicke [µm]			
Ernährungsphysiologische Parameter			
Biologische Wertigkeit [-]	Rechnerische		
Chemical Score [%]	Ermittlung	x	
Mikrobiologische Parameter			
Aerobe mesophile Keimzahl [KBE/g]	Soweit möglich anhand der Spezifikationen		
Hefen und Schimmelpilze [KBE/g]			
<i>Enterobacteriaceae</i> [KBE/g]			
<i>E.coli</i> [KBE/g]			
Zertifikationen/ Gesetzliche Regelungen			
Folgende Attribute werden anhand der Spezifikationen erfasst und in der Datenbank direkt bei den jeweiligen Proteinen hinterlegt			
Allergene	Jedes Allergen nach VO (EU) Nr. 1169/2011 Anhang II: Ja/ Nein	x	
Glutenfrei	Ja/ Nein (nach Herstellerangaben)	x	
Vegetarisch/ Vegan			x
Alkoholfrei			
Biologisch erzeugt			x
Halal			x
Koscher			x
GMO			x

AP2 Kontinuierliche Anpassung der IT-Infrastruktur und Pflege der Daten

In diesem Arbeitspaket wurde von Seiten Südzucker die von Fraunhofer zur Verfügung gestellte erste Version der Datenbank mit den ersten Anwendungen und Features getestet und Feedback zu Bedienerfreundlichkeit, Anwendernutzen, Optimierungsmöglichkeiten, etc. erfasst und mit den Projektpartnern im Rahmen der Arbeits- und Verbundtreffen geteilt und diskutiert.

AP4 Definition der Zielgrößen und der analytischen Methoden

Analog zu AP1 wurden im Rahmen eines Workshops am 25.02.2021 die analytischen Methoden diskutiert, ausgewählt und inhaltlich definiert. Südzucker stellte hierzu Methodenbeschreibungen zur Bestimmung der physiko-chemischen und der funktionellen Eigenschaften den Projektpartnern zur Verfügung. Dies umfasste Methoden zur Bestimmung der Aminosäurezusammensetzung, Proteinlöslichkeit, Wasser- und Ölbindung sowie Emulgier-, Schäumungs- und Gelbildungseigenschaften.

Methodische Anpassungen wurden insbesondere bei der Etablierung der Aminosäureanalytik vorgenommen. Umfangreiche Untersuchungen zur Probenvorbereitung der Proteinzutaten waren erforderlich, um einerseits die proteolytische Spaltung der Proteine und die Darstellung der Aminosäuren zu realisieren. Gleichzeitig musste ausgeschlossen werden, dass sich labile Aminosäuren während der hydrolytischen Proteinspaltung abbauen und es dadurch zu Minderbestimmungen kommt. Aromatische Aminosäuren (z. B. Tyrosin) wurde durch den Zusatz von Phenol als Scavenger geschützt. Zur Bestimmung der schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin wurden diese vor der salzsäuren Proteolyse zu Cysteinsäure bzw. Methioninsulfon oxidiert. Für Tryptophan erfolgte eine separate alkalische Proteolyse mit Natronlauge. Alle übrigen proteinogenen Aminosäuren wurden salzsauer dargestellt. Die Aminosäuren wurden nach Vorsäulenderivatisierung mit den Reagenzien Orthophthaldialdehyd (OPA) und Fluorenylmethoxycarbonyl (FMOC) chromatographisch über RP-HPLC aufgetrennt und quantifiziert.

Insgesamt wurden Südzucker 18 Proben zur Untersuchung bereitgestellt. Zu jeder Probe wurden zwei Proteinaufschlüsse durchgeführt (sauer/alkalisch) und die 18 freigesetzten Aminosäuren quantifiziert. Für die Quantifizierung der schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin wurde die Methode mit oxidativem Aufschluss etabliert und durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden mit dem Projektpartner Uni Bonn bilateral ausgetauscht und die Ergebnisse validiert.

In weiteren Arbeitstreffen zur Sensorik am 16.04.2021 wurde mit den Projektpartnern darüber abgestimmt, welche Methodik bzgl. der sensorischen Analyse von reinen Proteinzutaten eingesetzt werden soll, welche Zielwerte / Ergebnisse für die Datenbank erhoben werden sollen und wie die Probendarreichung erfolgen soll.







AP5 Beschaffung und Bewertung verschiedenster nachhaltiger Proteine

Südzucker AG stellte dem Fraunhofer IVV für die Analytik der Proteinpräparate folgende Präparate (jeweils ca. 5 kg) zur Verfügung gestellt: Reisprotein, Weizenprotein (Gluten), Ackerbohnenprotein sowie ein texturiertes Weizenprotein.

AP6 Applikation einzelner Proteine in Lebensmittelapplikationen

Bei Südzucker wurden die Applikation der Pflanzenproteinzutaten in der Low-Moisture-Extrusion getestet, um die Möglichkeit der Herstellung von texturierten Proteinen, z.B. als Fleischersatz, zu bewerten. Vom Projektpartner IVV Fraunhofer wurden 7 ausgewählte Pflanzenproteinzutaten aus den Rohstoffgruppen Fababohne, Kartoffel, Soja, Lupine und Sonnenblume zur Verfügung gestellt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ausgewählte Pflanzenproteinzutaten für die Texturierungsversuche

Codierung [-]	Proteinquelle [-]	TS [%]	Proteingehalt [% _{TS}]	Achegehalt [% _{TS}]	Fettgehalt [% _{TS}]	Farbe Pulver
S2pnc7W6SMAr	Soja	93,7 ± 0,1	81,2 ± 0,1	6,0 ± 0,2	1,9 ± 0,0	
ySZMpbhNjk5b	Ackerbohne	95,7 ± 0,0	56,5 ± 0,2	5,9 ± 0,0	2,4 ± 0,1	
pGNHG3fLnaE9	Soja	95,7 ± 0,5	82,6 ± 2,2	4,3 ± 0,3	4,5 ± 0,0	
PvEZ8uHjTJsr	Soja	94,8 ± 0,4	82,9 ± 2,0	5,2 ± 0,3	2,7 ± 0,0	
9HzrwgiurtVj	Kartoffel	93,8 ± 0,4	99,8 ± 2,2	0,4 ± 0,1	0,1 ± 0,0	
jYmRGwtPN6YK	Lupine	96,9 ± 0,0	81,5 ± 0,1	7,4 ± 2,4	2,9 ± 0,0	
39XPKDG3DEJR	Sonnenblume	94,0 ± 0,1	55,4 ± 1,1	10,1 ± 0,2	1,4 ± 0,0	

Es wurde eine vereinfachte Referenzrezeptur auf Basis eines Gemischs aus Weizengluten (~78 % Protein) und Weizenmehl (~12% Protein) entwickelt. In den Testrezepturen wurde die Rezeptur mit den o. g. Pflanzenproteinzutaten in der Weise angepasst, dass das Testprotein mit ca. 30-60 % eine Weizenkomponente (Gluten/Mehl) substituierte und gleichzeitig ein Proteingehalt im Texturat von ca. 65 Gewichtsprozent Protein beibehalten wurde. Die Rezepturen wurden unter standardisierten Bedingungen extrudiert.

Zusätzlich wurde der Einfluss der pH-Wert-Anpassung mit dem Zusatzstoff Calciumhydroxid zum Extrusionsprozess untersucht. Die entstandenen Muster (3 Texturat-Referenzmuster, 14 Texturat-Testmuster) wurden schließlich durch Südzucker analysiert und Basisparameter wie Wasserbindung (WHC), Schüttdichte, pH (Tabelle 3) sowie Textureigenschaften wie Scherstabilität, Faserigkeit, Elastizität, Bishärte, Klebrigkeit bestimmt (Abbildung 1).

Tabelle 3: Ergebnisse der Texturat-Basisparameter

Lims Nr	WHC15 [%]	WHC60 [%]	bulk density [g/L]	pH
202000299	146	179	129	5,75
202207700	95	153	289	5,51
202207701	211	224	95	5,56
202207702	132	259	125	5,28
202207703	146	171	111	5,88
202207704	137	180	124	6,08
202207705	116	223	298	3,57
202207707	88	162	304	4,29
202207708	205	267	93	6,48
202207709	213	299	122	6,86
202207710	200	269	95	6,63
202207711	195	272	92	6,84
202207712	225	282	89	6,65
202207713	203	294	106	6,90
202207714	275	370	66	6,21
202207715	311	379	75	6,32
202207716	142	173	131	6,03
202207717	151	185	123	6,78

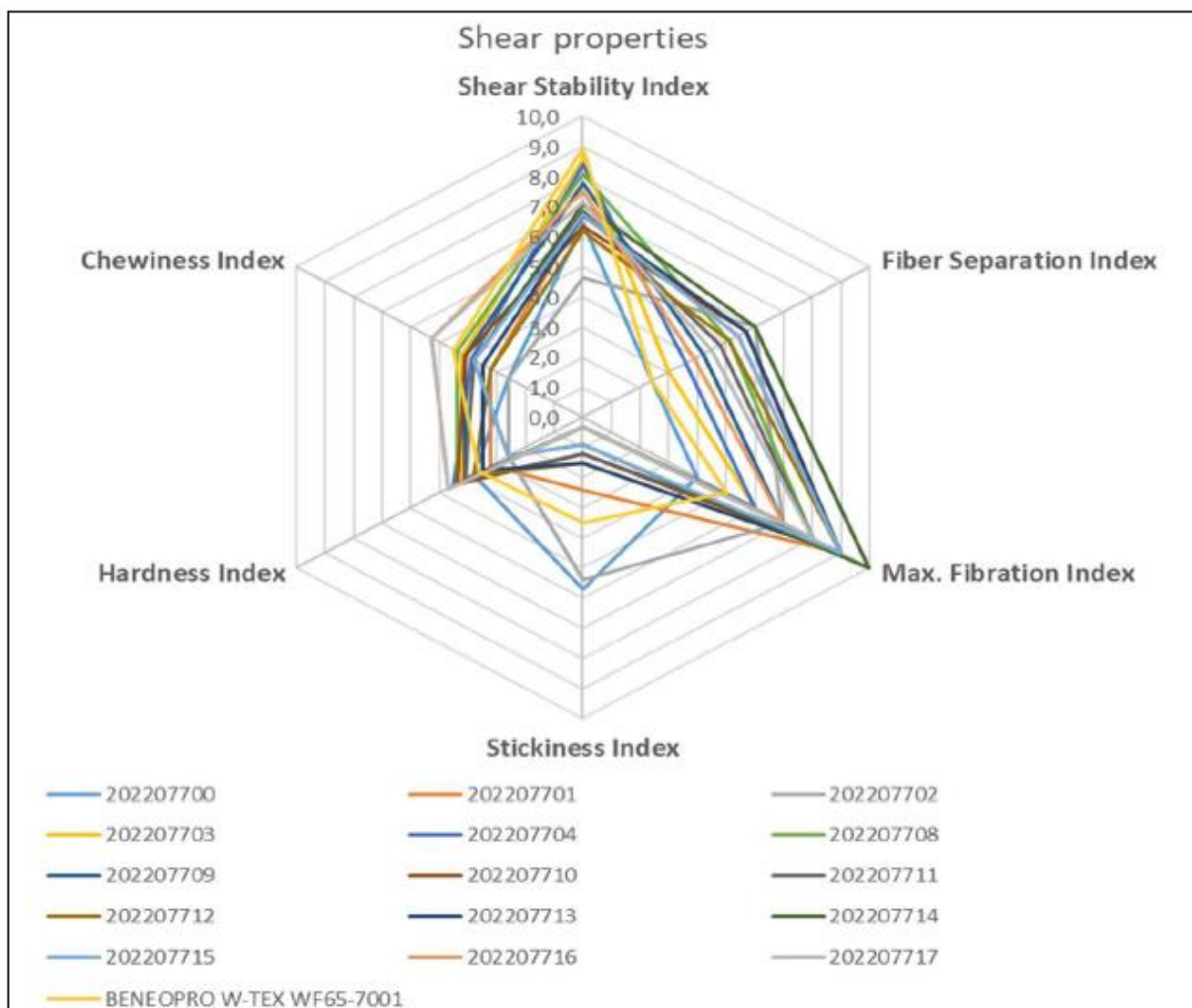


Abbildung 1: Qualitative Beschreibung und Bewertung der Textureigenschaften

Aus technischer Sicht konnten alle bereitgestellten Pflanzenproteinzutaten mit Hilfe der Extrusionstechnologie verarbeitet werden. Die Hauptunterschiede bestehen in der Möglichkeit, nach der Rehydrierung in Wasser und der Anwendung von Scherkräften fleischähnliche Fasern zu bilden. Die Verwendung von Additiven zur Erhöhung des pH-Wertes zeigte in einigen Fällen eine positive Wirkung auf die Faserbildung sowie die Verbesserung/Veränderung physikalischer Eigenschaften wie Wasserbindung und Dichte. Die Ergebnisse der Pflanzenproteinzutaten aus den verwendeten Rohstoffgruppen stellen sich wie folgt dar:

Fababohne: Der Zusatz von Fababohnenprotein führte zu einem dunkleren Produkt, das nach der Hydratation noch stärker ausgeprägt war. Die Zugabe des Zusatzstoffes führte nicht zu einem hohen Sprung des pH-Wertes des Produktes sowie zu einer deutlichen Verbesserung der physikalischen Eigenschaften. Beide Produkte (mit und ohne Zusatzstoffe) zeigten eine Faserbildung im mittleren Bereich.

Kartoffel: Der Zusatz von Kartoffelprotein führte nicht zu einem strukturierten Produkt. Auch mit dem Zusatzstoff konnten nur kleine Pellets ohne jegliche Faserbildung erzielt werden. Nach der Hydratation war eine mehligte Struktur zu erkennen.

Soja: Der Zusatz von Sojaprotein führte zu Produkten mit einem hohen WHC. Es konnten keine eindeutigen Unterschiede zwischen den verschiedenen Sojaproteinherkünften in Bezug auf WHC (hoch), Dichte (niedrig) oder pH-Wert festgestellt werden. Hinsichtlich der Bewertung der Textur und der Scherstabilität zeigten alle Proben ein gutes Härte- und Kauverhältnis sowie eine gute Faserabtrennung nach hoher Scherung.

Lupine: Die Proben mit einer Kombination aus Lupinenprotein und Gluten wiesen selbst mit Zusatzstoff einen niedrigen pH-Wert von 6,3, einen sehr guten WHC auf, aber auch eine niedrige Schüttdichte. Hinsichtlich der Textur waren die Proben sehr weich und ließen sich leicht in Fasern zerlegen, die sich durch eine helle Farbe auszeichneten.

Sonnenblumenprotein: Sonnenblumenprotein ohne Zusatz von Zusatzstoffen wies einen pH-Wert von 6, einen niedrigen bis mittleren WHC-Wert und eine niedrige bis mittlere Schüttdichte auf. Durch den Zusatzstoff wurde der WHC leicht verbessert, und die Dichte hingegen leicht gesenkt. Die Farbe aller Proben ist vergleichsweise dunkel. In Bezug auf die Textur zeigten die Sonnenblumenproteinproben eine gute Faserabtrennung bei hohen Scherprozessen. Durch die Anwendung eines pH-erhöhenden Zusatzstoffs konnten die Fasrigkeit und die Faserabtrennung leicht verbessert werden.

Dem Projektpartner Hydrosol wurden jeweils ca. 2 kg Texturat-Muster für weitere Test in veredelten Applikationssystemen (Burgerpatties) bereitgestellt.