Alternative Proteine: Potential für die Zukunft der Ernährung

Christian Zacherl
Geschäftsfeldmanager Lebensmittel

Fraunhofer IVV

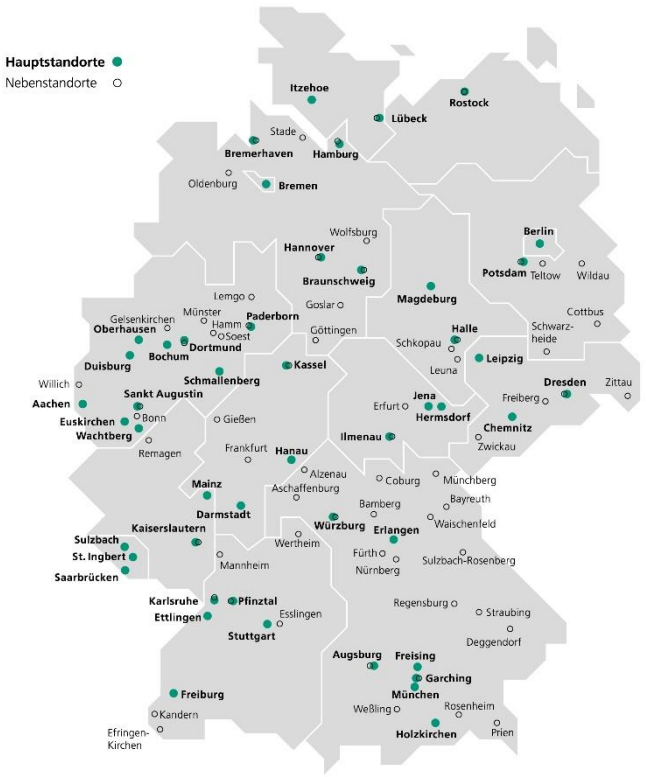
© Fraunhofer

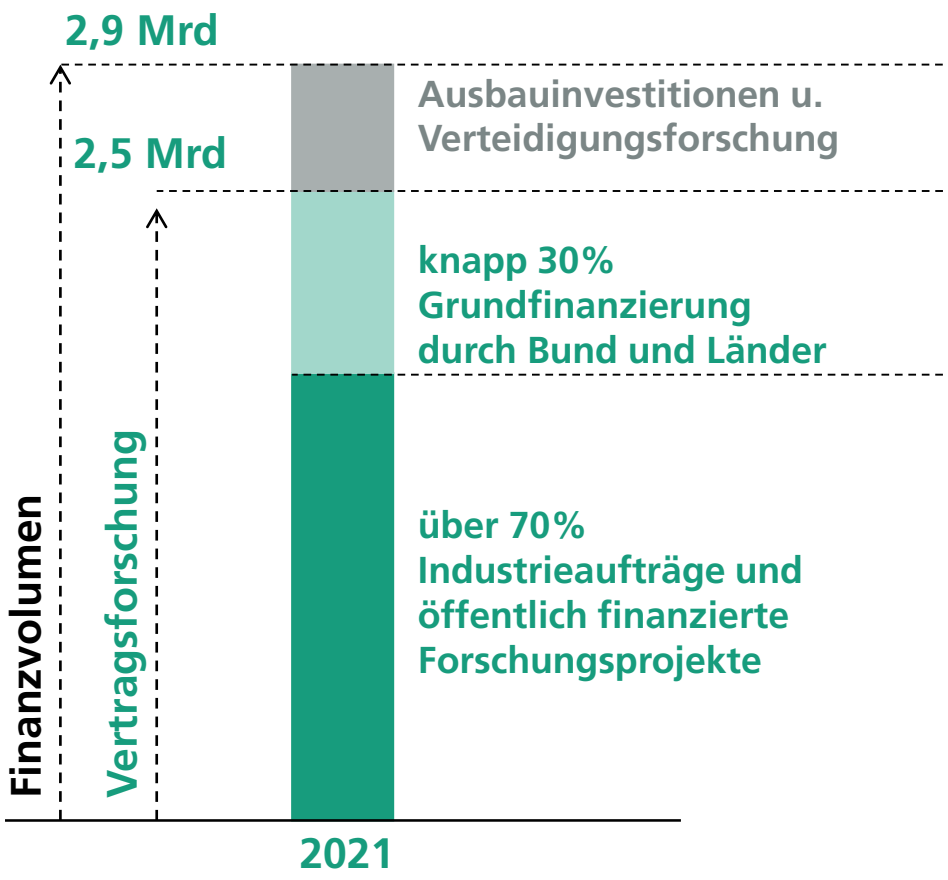
Fraunhofer IVV

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einem Blick

Anwendungsorientierte Forschung zum unmittelbaren Nutzen für die Wirtschaft und zum Vorteil für die Gesellschaft

30 000
Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter





76 Institute und Forschungseinrichtungen

© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Das Fraunhofer IVV – Standorte Freising und Dresden

Institutsleitung Fraunhofer IVV: Prof. Dr. Andrea Büttner | Prof. Dr.-Ing. Jens-Peter Majschak

Gesamthaushalt	30,4 Mio €
Betriebshaushalt	26,9 Mio €
Investitionshaushalt	3,5 Mio €

(Stand April 2021)

Personal gesamt	325
Wissenschaftliches Personal und Graduierte	184
Promovierende	41

© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Unsere Geschäftsfelder und Schwerpunkte

Lebensmittel

Hochwertige, gesunde und convenience-orientierte Lebensmittel und Lebensmittelzutaten

Verpackung

Sichere, kundenfreundliche und recyclingfähige Verpackungen und Materialien

Verarbeitungsmaschinen

Optimierte Produktions- und Reinigungsprozesse sowie digitale Lösungen für die Industrie 4.0

Produktwirkung

Ganzheitliche sensorische Optimierung von Roh- und Werkstoffen sowie marktreifen Produkten

Recycling und Umwelt

Innovative Recyclingtechnologien, biobasierte Additive und Umweltanalytik

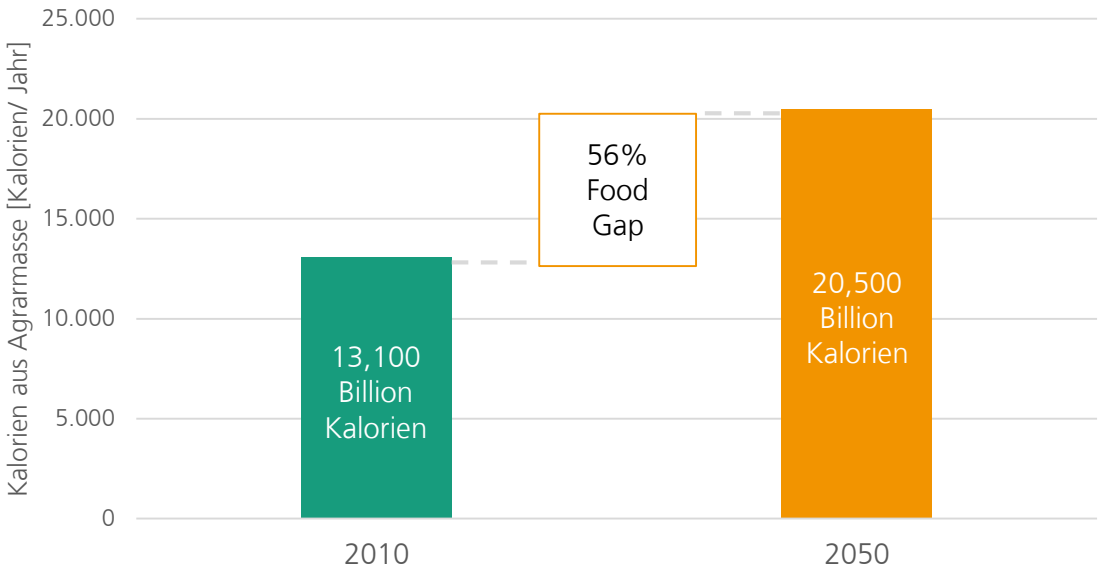
© Fraunhofer

Bedarf pflanzlicher Proteine

Bis 2050 drohende „Food Gap“ von 56% bei gleichbleibender Landnutzung, Ernährungsgewohnheiten, Lebensmittelverlusten und –verschwendung

75% der Agrarfläche wird zur Viehzucht und zum Anbau von Futtermittel genutzt, deckt jedoch nur 1/3 des globalen Proteinbedarfs

Zur Produktion von 1 kcal Hähnchenfleisch werden 9 kcal an Futtermittel benötigt

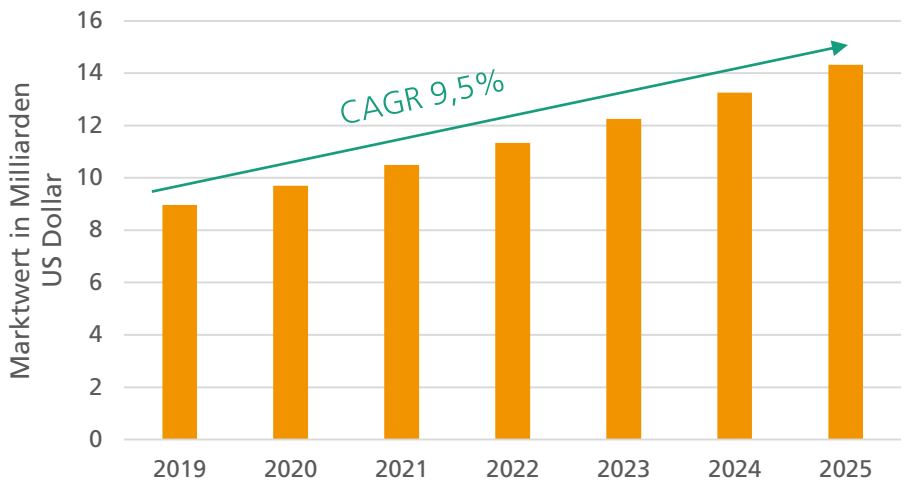


Source: GFI, 2021; Global Resources Institute 2021

© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Nachfrage nach pflanzlichen Proteinen

- Steigendes Konsumenteninteresse
  - … an nachhaltigen Produkten mit guter Ökobilanz
  - … an gesunder Ernährung
- Hauptkriterien bei Kauf pflanzlicher Lebensmittel
  - 68% Geschmack
  - 41% Clean Label
  - 35% Health- & Nutrition Claims (Protein Claims)
  - 17% Andere Claims (non-GMO, vegan etc.)
- Steigendes Interesse und Investments der Lebensmittelindustrie
  - Wachstumsrate Gesamtmarkt: 9,5% pro Jahr
    - Milchproduktalternativen: 14% pro Jahr
    - Fleischalternativen: 7,8% pro Jahr



© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Funktionelle Lebensmittelzutaten aus pflanzlichen Rohstoffen

- Rohstoffe für pflanzliche Lebensmittelzutaten
  - Saaten von Leguminosen, Getreiden, Pseudocerealien etc.
  - Nebenströme aus der Lebensmittelindustrie z. B. Presskuchen aus Ölmühlen
- Produktspezifische Optimierung effizienter Verfahren
  - Ölgewinnung
  - Nass- und Trockenfraktionierung
  - Aufreinigung und Stabilisierung (z. B. Membranverfahren, Sprühtrocknung)
- Modifizierung der Pflanzenproteine hinsichtlich funktioneller oder nutritiver Eigenschaften

© Fraunhofer

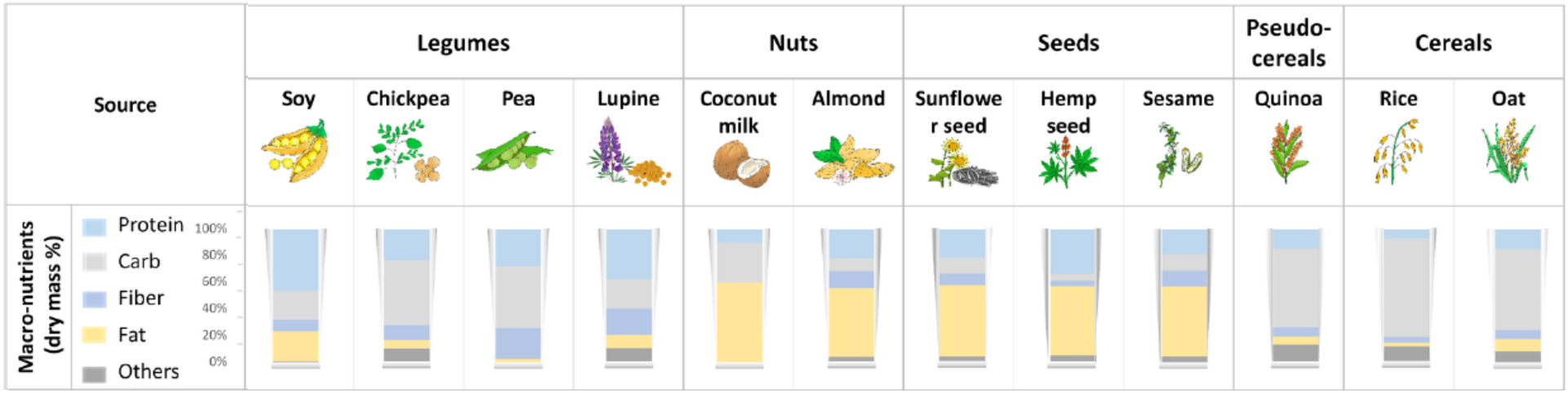
Pflanzliche Proteinquellen - Rohstoffübersicht

Pflanzliche Proteine

- **Getreide**: Weizen, Gerste, Hafer, Reis, Mais
- **Pseudocerealien**: Buchweizen, Amaranth, Quinoa, Chia
- **Leguminosen**: Soja, Erbse, Ackerbohne, Lupine, Linse, Kichererbse
- **Knollengemüse**: Kartoffel
- **Ölsaaten**: Raps, Sonnenblume, Hanf, Lein, Sesam, Kürbis
- **„Nüsse“**: Mandel, Erdnuss, Cashew, Pistazie, Walnuss, Kokosnuss

© Fraunhofer
intern

Pflanzliche Proteinquellen – Zusammensetzung



Protein-basiert

- Vielversprechende funktionelle Eigenschaften
- Nachteile im sensorischen Profil

Fett-basiert

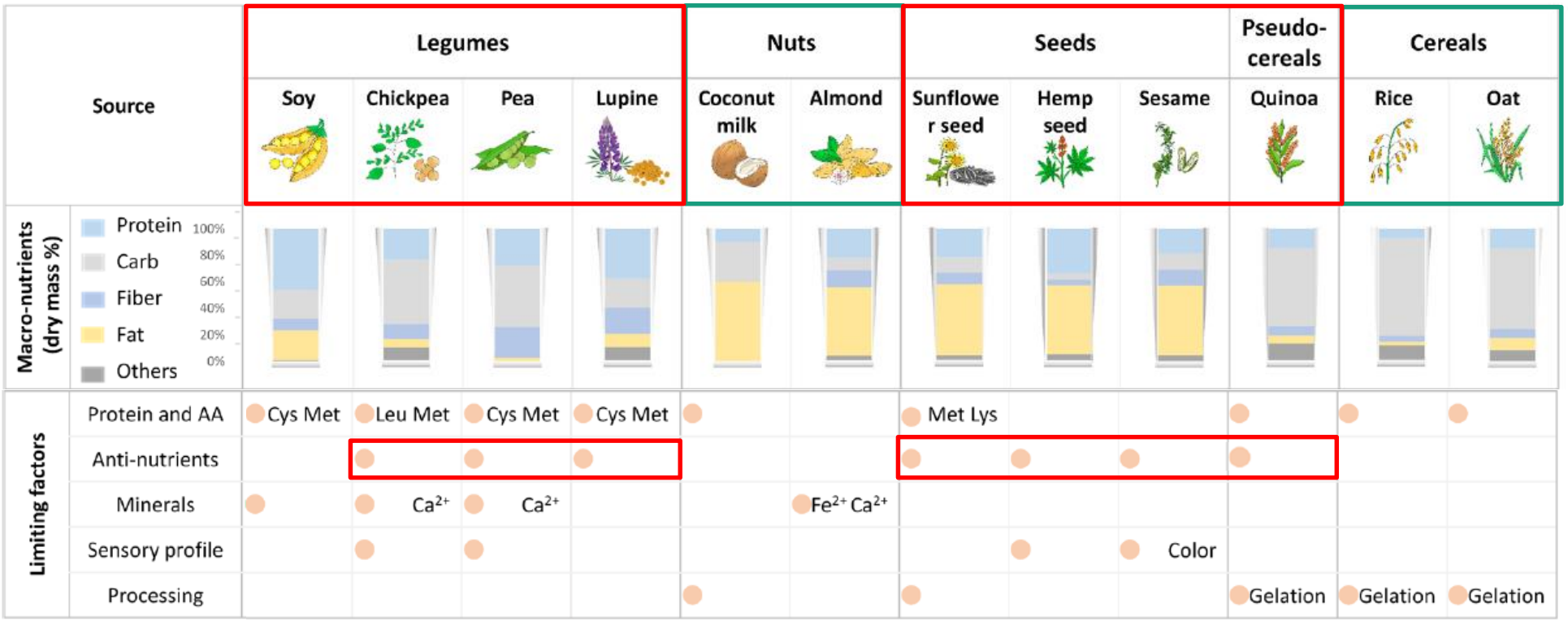
- Vielversprechende sensorische Profile
- Zusätze werden benötigt um die Funktionalität von Proteinen zu erhöhen

Stärke-basiert

Source: Tangyu et al. 2019 Appl Microbiol Biotechnol 103:9263-9275

© Fraunhofer
intern

Pflanzliche Proteinquellen – Zusammensetzung



→ Direkte Verwendung der ganzen Saat möglich
→ Aufarbeitung erforderlich

Source: Tangyu et al. 2019 Appl Microbiol Biotechnol 103:9263-9275

© Fraunhofer
intern

Direkte Verwendung der ganzen Saat

Mandel

Schälen → Trocknen → Vermahlen Korundscheibenmühle → Nussmus

Feuchtigkeit ↓

Kokosnuss

Lösen der Kokosnussschale → Vermahlen Korundscheibenmühle → Kokosnusssahne

Hafer

Stärke-verkleisterung → Partielle enzymatische Hydrolyse der Stärke → Vermahlen → Hydrolysiertes Rohmaterial

Stärke ↓
Zucker Monomere↑

© Fraunhofer

Fraunhofer IVV

Gewinnung pflanzlicher Proteinzutaten

Leguminosen

Soja

Erbse

Lupine

Kichererbse

Ölsaaten

Raps

Sonnenblume

Pflanzliche Sensorikeindrücke ↓

Antinutritiva ↓

Verarbeitung zu:
Mehle, Proteingehalt 10 bis 40%
Proteinkonzentrate, Proteingehalt 60 – 85 %
Proteinisolate, Proteingehalt > 85 %

Saat	Primärprodukt	Nebenstrom
Raps	Rapsöl	Protein
Weizen	Stärke	
Erbse	Erbsenstärke	

© Fraunhofer

Fraunhofer IVV

Gewinnungsverfahren – Proteinmehle, -konzentrate & -isolate

- **Mehle**: Vermahlung der ganzen Saaten oder geschälter Saaten
  - Proteingehalt ~ 10 bis 40% (je nach Rohstoff)
  - Nativ oder thermisch behandelt, um Enzyme zu inaktivieren
  - Verhältnis von Protein: Nicht-Proteinbestandteilen vergleichbar mit Saat

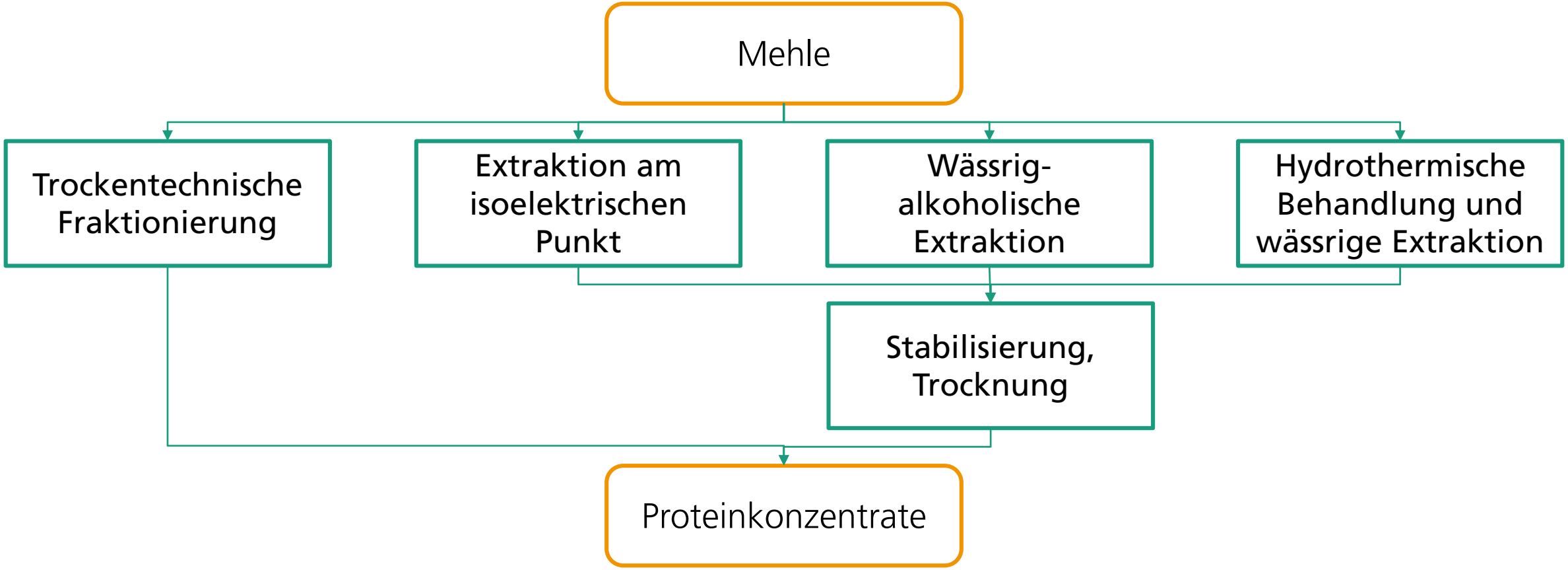
- **Konzentrate**: Aufkonzentrierung von Proteinen durch trockentechnische oder nasstechnische Verfahren
  - Proteingehalte bis ca. 85%
  - Anwesenheit von Nicht-Proteinbestandteilen wie Ballaststoffe, Stärke sowie sekundäre Pflanzenstoffe

- **Isolate:** Aufkonzentrierung von Proteinen durch nasstechnische Verfahren
  - Proteingehalte > 85%
  - Nur Spuren von Ballaststoffen und Stärke vorhanden

Verfahrenstechnischer Aufwand
Preis pro kg

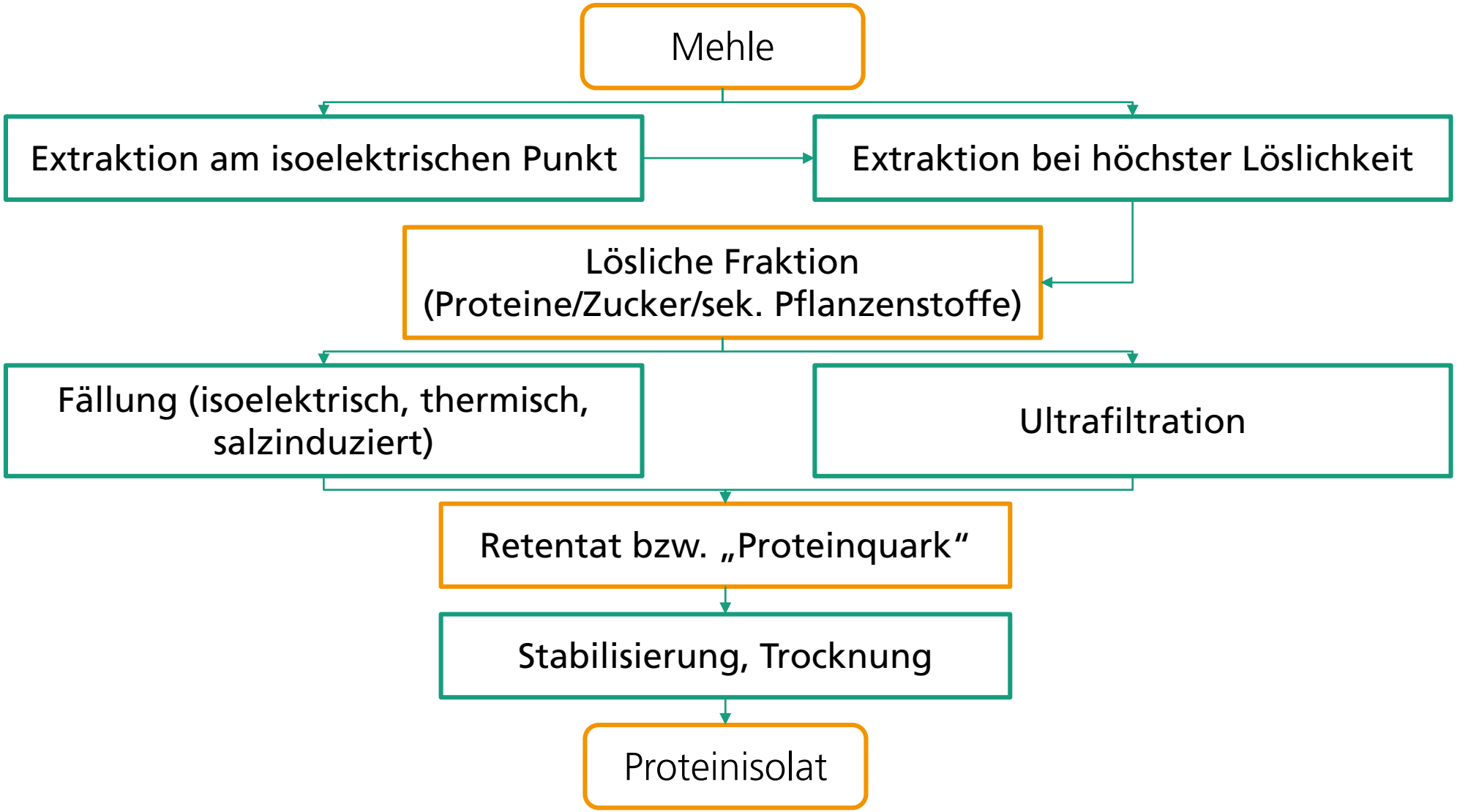
© Fraunhofer
intern

Gewinnungsverfahren Proteinkonzentrate



© Fraunhofer
intern

Verfahren zur Herstellung von Isolaten



© Fraunhofer

Herausforderungen pflanzlicher Proteine

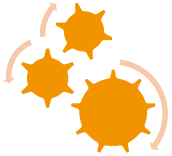
- Aminosäure-zusammensetzung
- Antinutritiva
- Verdaulichkeit

- Textur & Mundgefühl
- Off-Flavour (bitter, adstringierend, grün, grassig, erdig, pappig)

Gesundheit

Geschmack/ Aroma/ Textur

Funktionalität

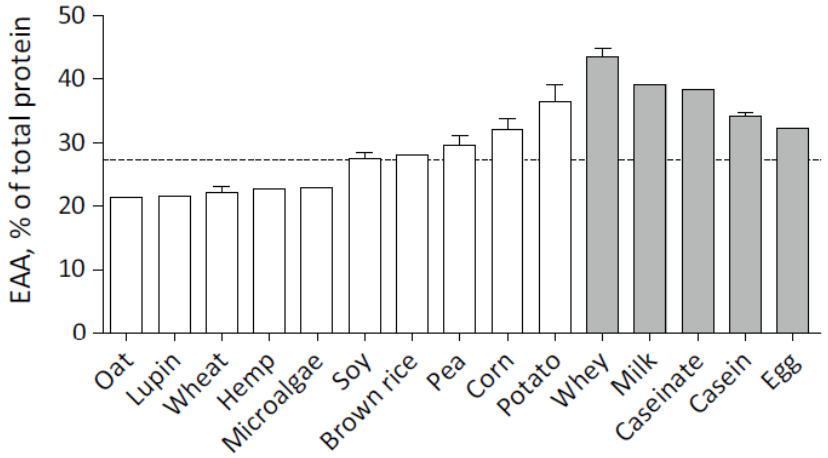


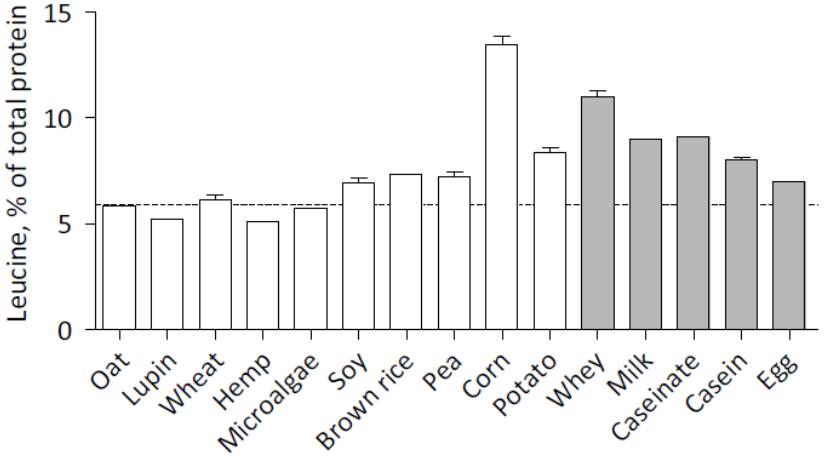
- Löslichkeit
- Wasserbindung
- Emulgierkapazität
- Schaumkapazität
- Gelbildung
- Rheologische Eigenschaften

© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Nutritive Eigenschaften – Aminosäurezusammensetzung

- Geringere Gehalte an essentiellen Aminosäuren
- Abweichung der Aminosäurezusammensetzung von Anforderungsprofil → Proteinblends





	Limiting Amino Acid
Soy	Meth, Cys
Canola	Phe, Tyr
Potato	His
Pea	Meth, Cys
Quinoa	Lys
Chickpea	Meth, Cys
Lentils	Meth, Cys
Kidney beans	Meth, Cys
Fava/faba	Meth, Cys
Barley	Lys
Pinto beans	Meth, Cys
Rice	Lys
Oat	Lys
Peanut	Lys
Wheat	Leu, Lys, Thr
Corn	Lys, Thr, Trp

Source: Gorissen et al. (2018), *Amino acids,* 50, 1685-1695.

© Fraunhofer
intern

Sensorische Eigenschaften

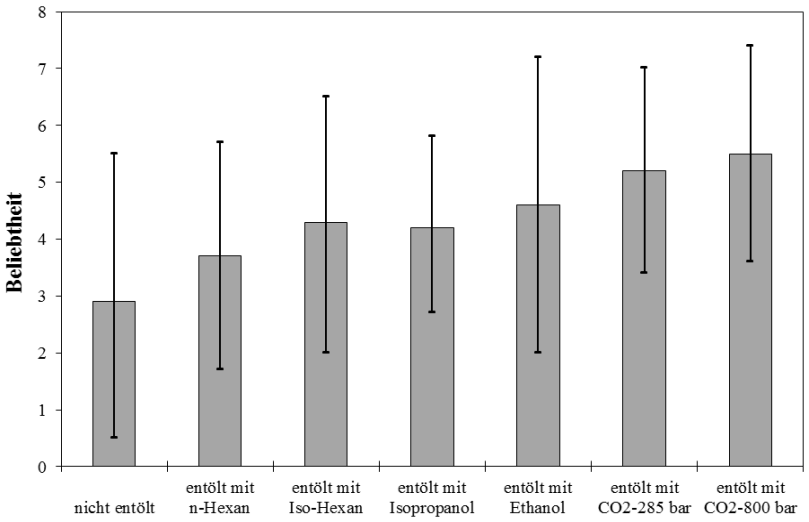
„Erdig“ „Sandig“

„Bohnig“ „Adstringierend“

„Grasig“ „Bitter“

„Grün“ „Pappig“

Einfluss der Entölung auf die Beliebtheit von Lupinenproteinisolat



© Fraunhofer
intern

Pflanzliche Proteinzutaten – Vorteile und Nachteile

Sojaproteine (Mehle, Konzentrate, Isolate):

- Vorteile: gute Verfügbarkeit, adaptierte Funktionalität
- Nachteile: gentechnisch modifiziert, häufig stark bohniger Off-Flavour

Erbsenproteine (Mehle, Konzentrate, Isolate):

- Vorteile: gute Verfügbarkeit, gute Gelbildung
- Nachteile: schlechte Löslichkeit, Off-Flavour vorhanden

Lupinenproteine (Mehle, Isolate):

- Vorteile: gute Funktionalität (hohe Löslichkeit & Emulgierkapazität), angenehmer Flavour
- Nachteile: relativ teuer

© Fraunhofer
intern

Pflanzliche Proteinzutaten – Vorteile und Nachteile

Proteinangereicherte Mehle aus Pseudocerealien:

- Vorteile: gutes Image
- Nachteile: schlecht verfügbar, teils starker Off-Flavour

Sonnenblumenmehle:

- Vorteile: gutes Image
- Nachteile: abhängig von Anwendung Produktverfärbungen möglich

Ackerbohnenproteine (Mehle, Konzentrate):

- Vorteile: gute Funktionalität (hohe Löslichkeit, gute Emulgiereigenschaften)
- Nachteile: schlecht verfügbar, starker Off-Flavour, Anwesenheit von Antinutritiva (Tannine, Trypsininhibitoren, Vicin/Convicin)

© Fraunhofer

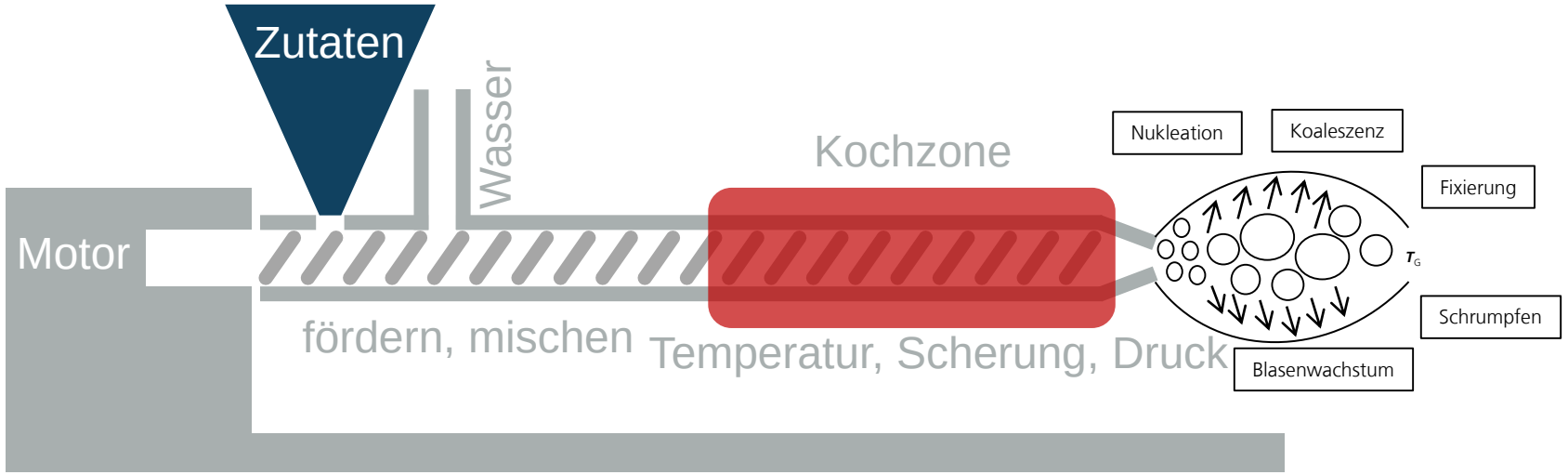
Texturierte Lebensmittel–
Prozessentwicklung, Materialeigenschaften und Produktqualität

© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Texturierungsverfahren - Extrusion

Thermoplastische Trockenextrusion

- T_m~ 150°C, Wassergehalt 20-40% w.b.
- Texturierung zu einem porösen, schwammingen Netzwerk



- Schwamm-artiges oder faseriges Netzwerk
- Für geformte Produkte z.B. Burger, Nuggets

✓ Texturate werden als Proteinzutat eingesetzt, um Bissfestigkeit und Saftigkeit zu generieren

© Fraunhofer
intern

Zusammensetzung von veganen Burger-Alternativen

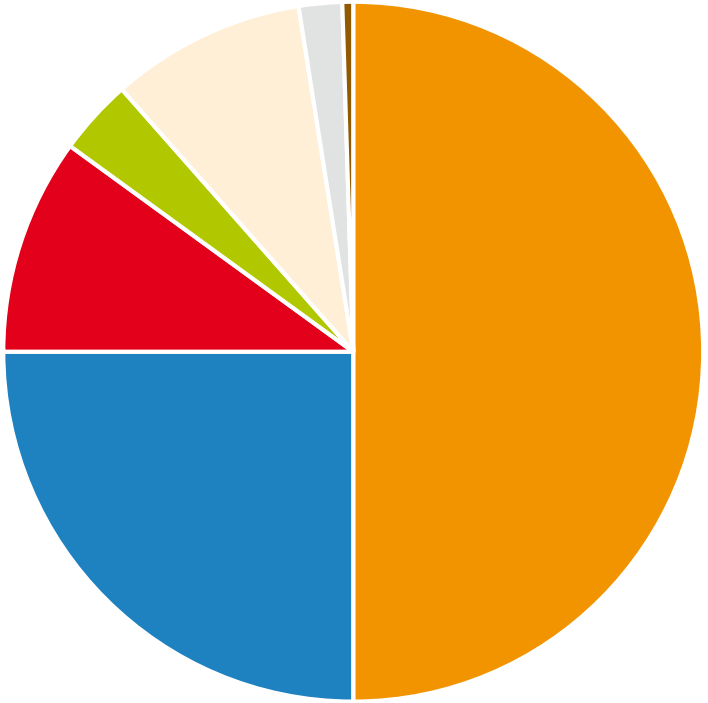
Nicht texturiert

Funktion:

Wasserbindung

Mundgefühl/Textur

Emulgierfähigkeit



Texturiert

Funktion:

Wasserbindung

Mundgefühl/Textur

Nährstoffe

Aussehen

Quelle unlöslicher Ballaststoffe

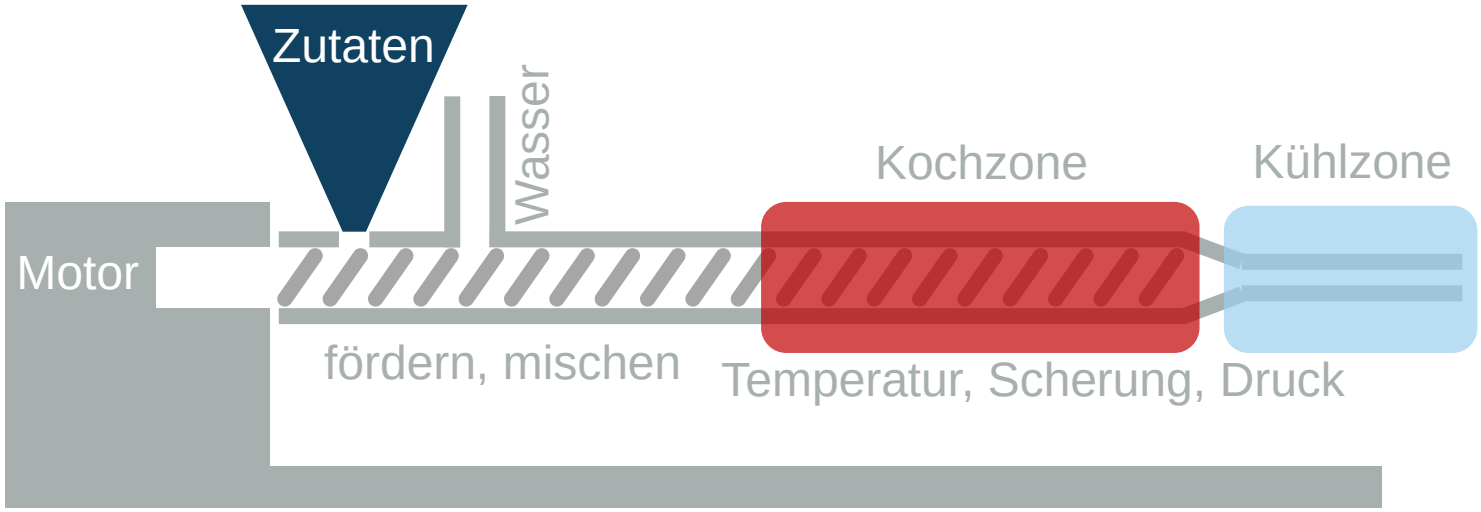
- Wasser
- TVP
- Nicht-texturiertes Protein
- Aroma und Gewürze
- Fett und Öl
- Bindemittel
- Farbstoffe

© Fraunhofer
intern

Texturierungsverfahren - Extrusion

<u>Nassextrusion</u>

- T_m~ 150°C, Wassergehalt >60% w.b.
- Texturierung in einer langen Kühldüse zu einem faserigen Netzwerk



- Kompaktes, gelartiges faseriges Netzwerk
- Für Muskelfleisch-artige Produkte z.B. Steak
- ✓ Elastische, bissfeste Textur mit langen Fasern

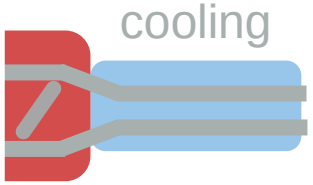
© Fraunhofer
intern

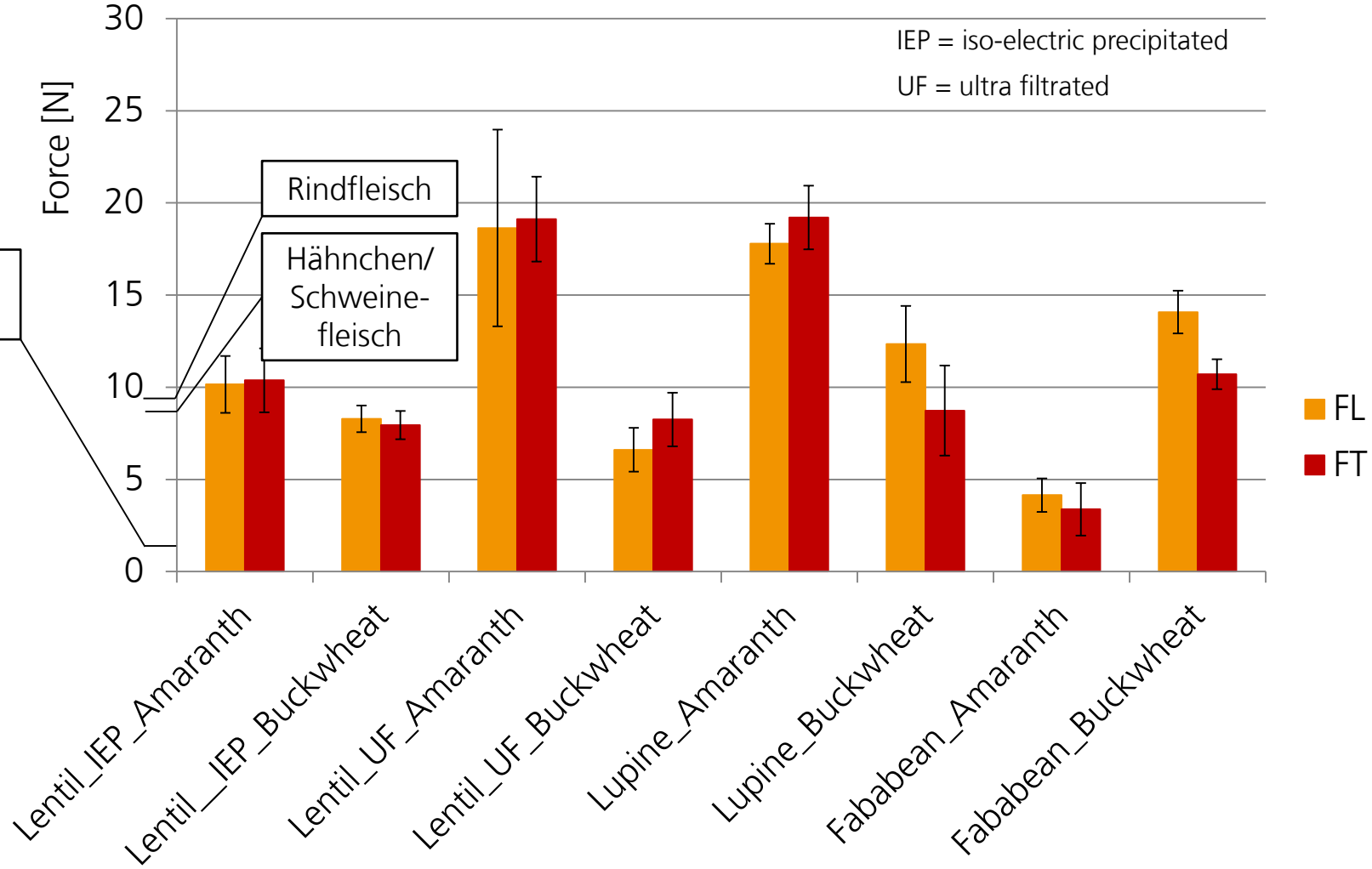
High moisture extrusion of legumes and pseudo-cereals

Texture evaluation

FL= longituninal cutting force

FT = transversal cutting force





© Fraunhofer

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

PROTEIN 2FOOD PIONEERING CROPS FOR FUTURE GENERATIONS P2FOOD

Fraunhofer IVV

Texturierungsverfahren - Equipment

Labormaßstab

(d=16mm, Output 1-5 kg/h) for Screening von Zutaten mit limitierter Verfügbarkeit

Pilotmaßstab (klein)

(d=25mm, Output 10-20kg/h) mit variabler Gehäuselänge und Schneckenkonfiguration

Pilotmaßstab (groß)

(d=57mm, Output 50-400kg/h) für Scale Up Versuche

© Fraunhofer

Texturierungsverfahren - Dosierung

Kontrollierte Materialdosierung von feuchten und trockenen Gütern

Durchsatz Labormaßstab 1-5 kg/h

Durchsatz Pilotmaßstab (klein) 10-20 kg/h

Brabender®
coperion K-TRON

Gravimetrische und volumetrische Feeding Systeme

Durchsatz 5 – 20 l/h

pH 6 – 8

Dichte 1,1 – 1,2 kg/dm³

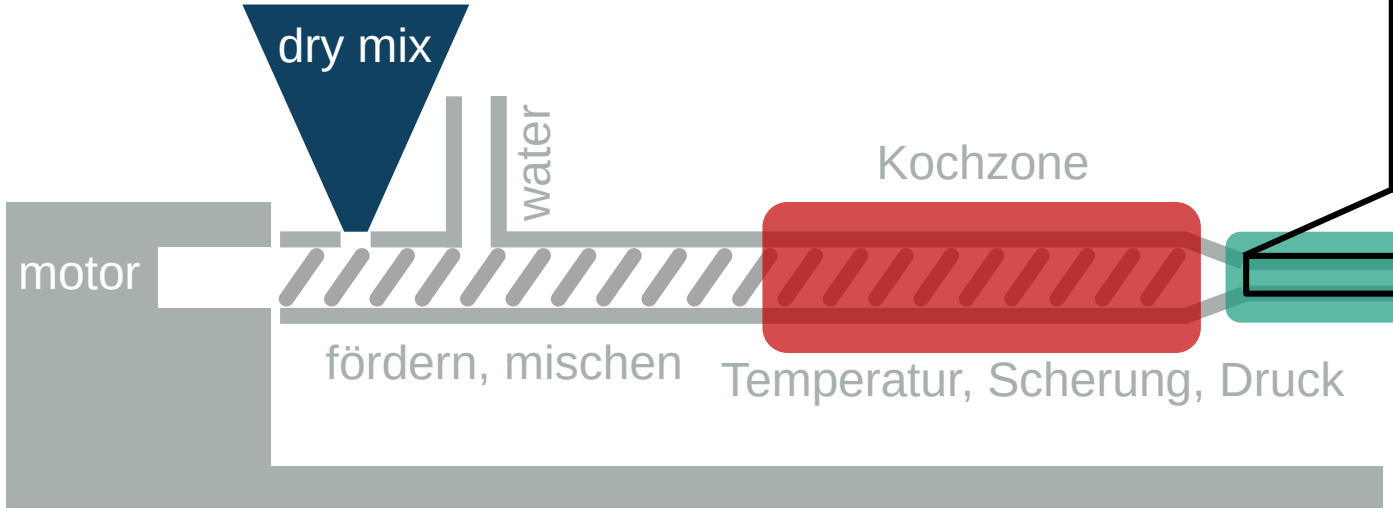
Viskosität 5000 – 1000 mPas

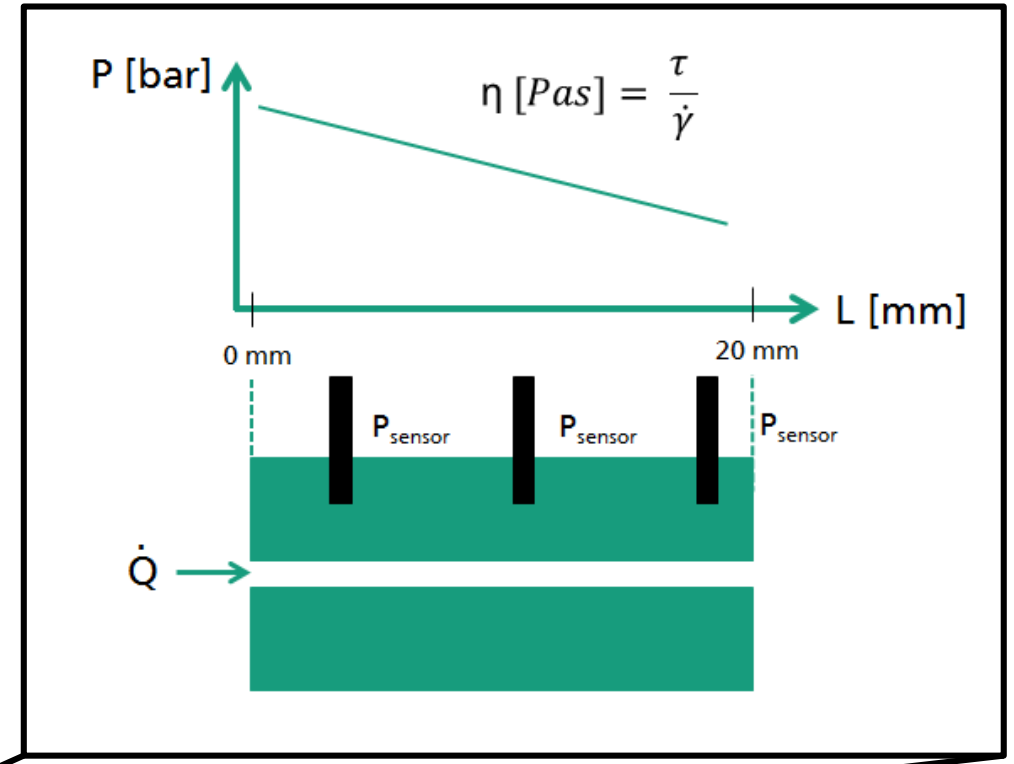
Exzenterschneckenpumpen für das Fördern hoch-viskoser Materialien

© Fraunhofer
intern

Materialeigenschaften pflanzlicher Biopolymere – inline Rheologie

Bestimmung der rheologischen Eigenschaften der Schmelze während des Prozesses





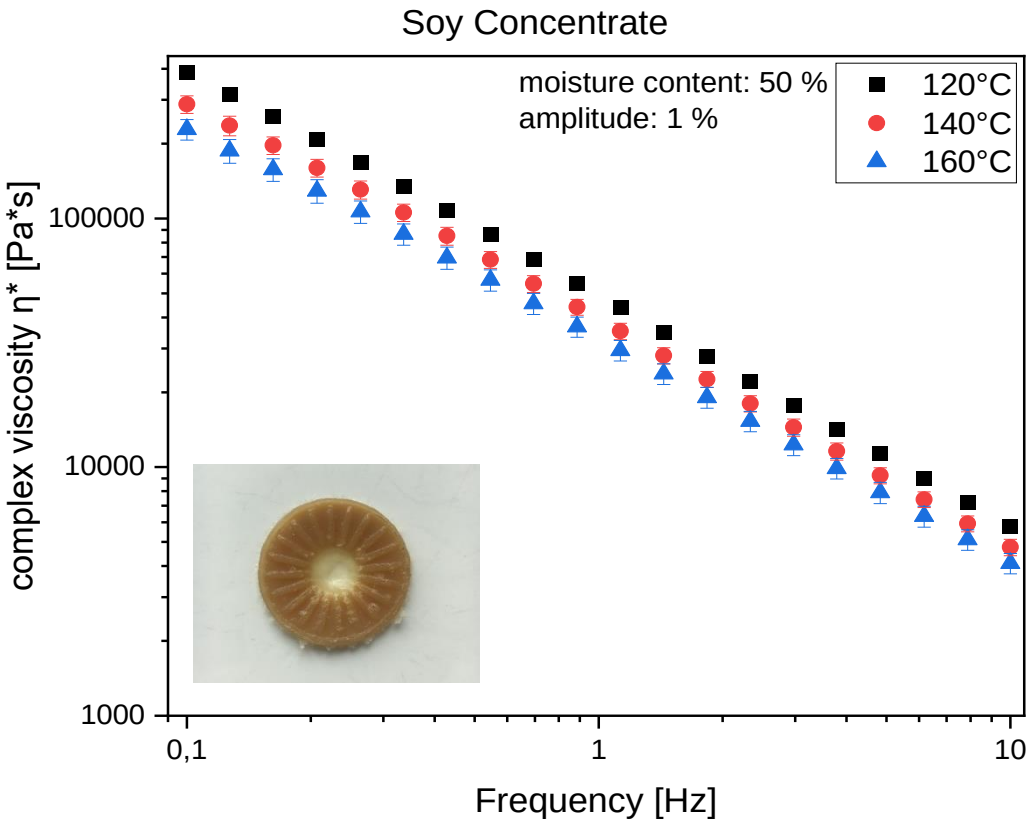
Schlitzkapillatrheometer

© Fraunhofer
intern

Materialeigenschaften pflanzlicher Biopolymere – offline Rheologie

Oszillationsmessungen unter extrusionsähnlichen Bedingungen

Closed Cavity Rheometer



© Fraunhofer
intern

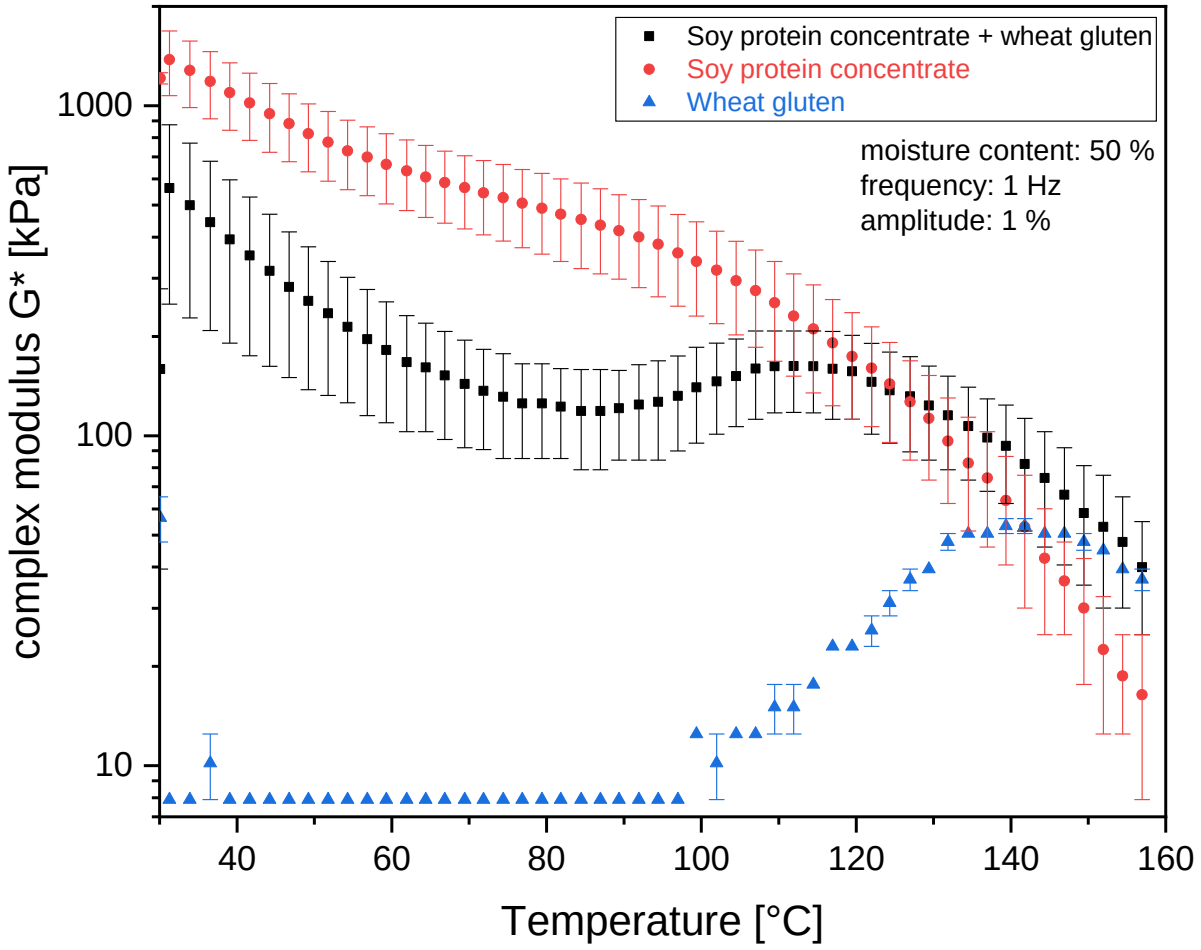
Materialeigenschaften pflanzlicher Biopolymere – offline Rheologie

Rheologische Charakterisierung von

- Proteinen
- Stärke
- Biopolymer-Blends

Variation von

- Wassergehalt
- Verweilzeit
- Scherbeanspruchung
- Temperatur



© Fraunhofer
intern

Weiterverarbeitung von Texturaten in Lebensmittelapplikationen

© Fraunhofer
intern

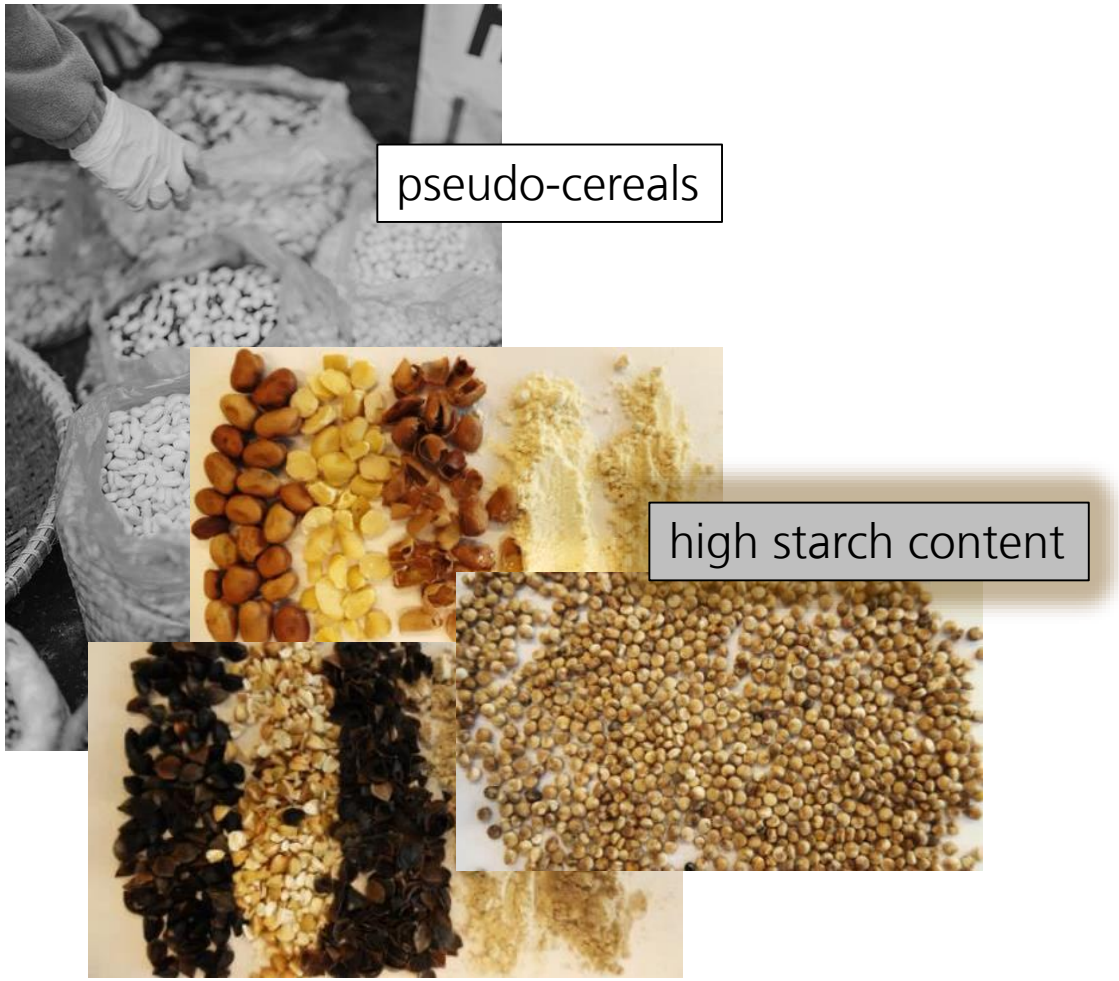
Weiterverarbeitung von Texturaten in Lebensmittelapplikationen

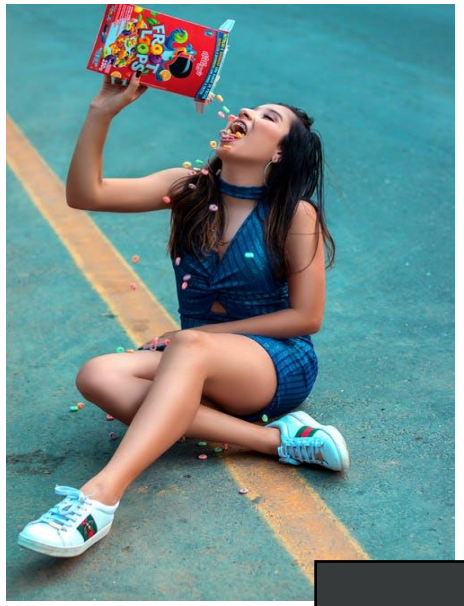
- Fleischwolf (Labor-/Industrie-Maßstab)
- Kutter
- Vakuum-Kutter/Füller

- Teigkneter
- Schneideeinrichtungen
- Teig-Former
- Lange/runde Former
- Etagenofen
- MIWE roll-in Ofen

© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Projekt Protein2Food & Smart Protein





reduction of calories in daily diet

deliver alternatives to sugar-rich breakfast cereals

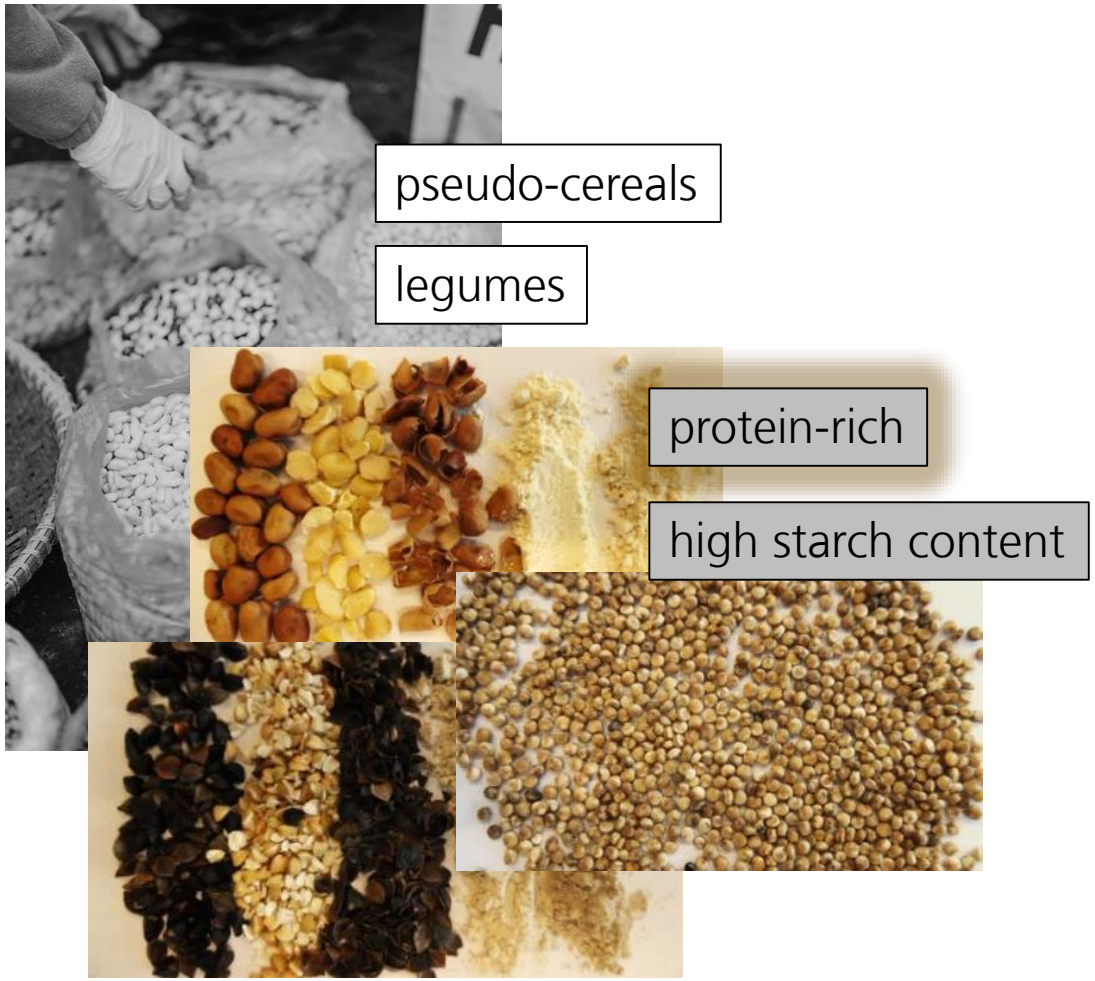
© Fraunhofer

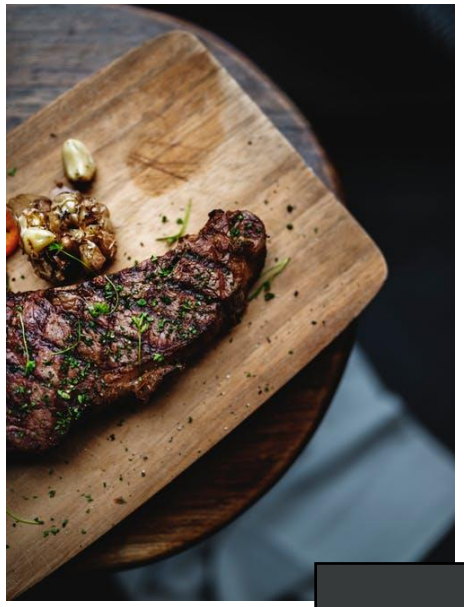
This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

PROTEIN 2FOOD PIONEERING CROPS FOR FUTURE GENERATIONS P2FOOD

Fraunhofer IVV

Projekt Protein2Food & Smart Protein





reduction of meat in daily diet

deliver alternatives to soy based meat analogues

© Fraunhofer

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

PROTEIN 2FOOD PIONEERING CROPS FOR FUTURE GENERATIONS P2FOOD

Fraunhofer IVV

Low moisture extrusion of legumes and pseudo-cereals - targets

Target 1

optimized amino acid composition by combination of lentil, faba bean, white and blue lupine with buckwheat, amaranth or quinoa meals

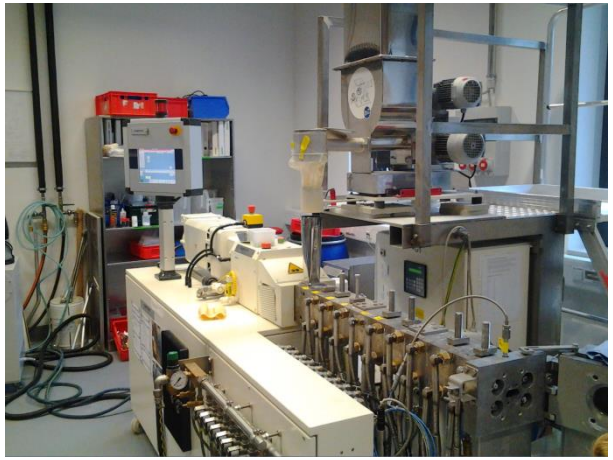
blue lupine
white lupine
lentil
faba bean

buckwheat
amaranth
quinoa

Target 2

easy to produce (production by standard equipments of the food industry)

varation of process parameters (screw speed, temperture, moisture content)



Target 3

high in protein (45% of the energy value is provided by protein)

popular taste and texture properties

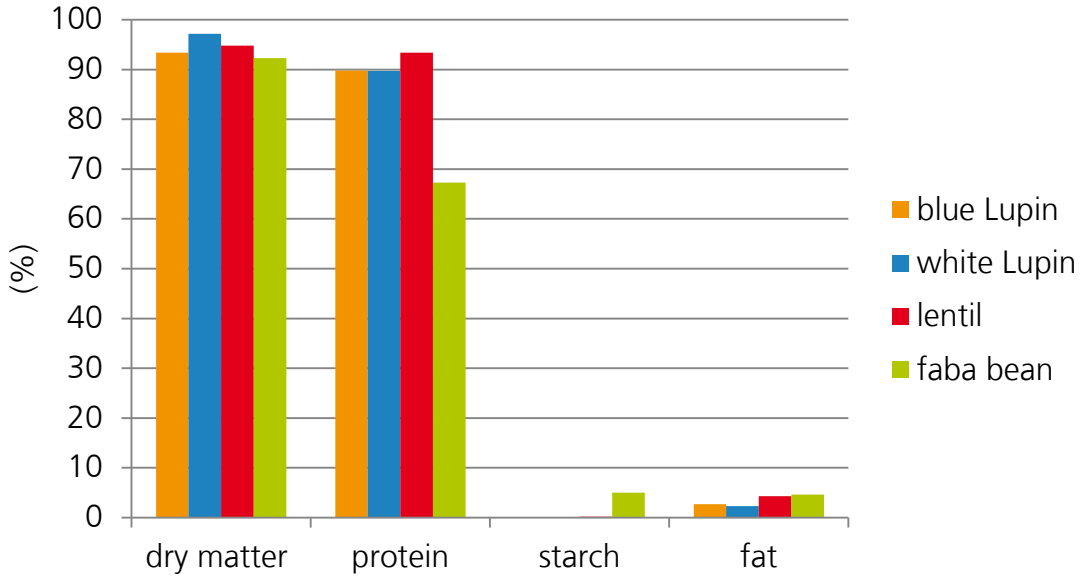
© Fraunhofer

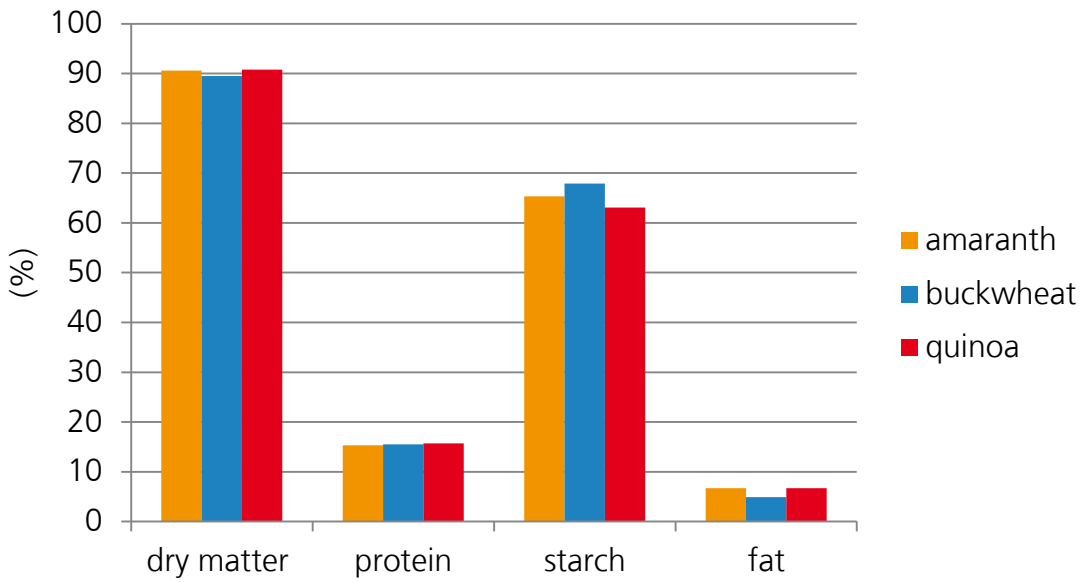
This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

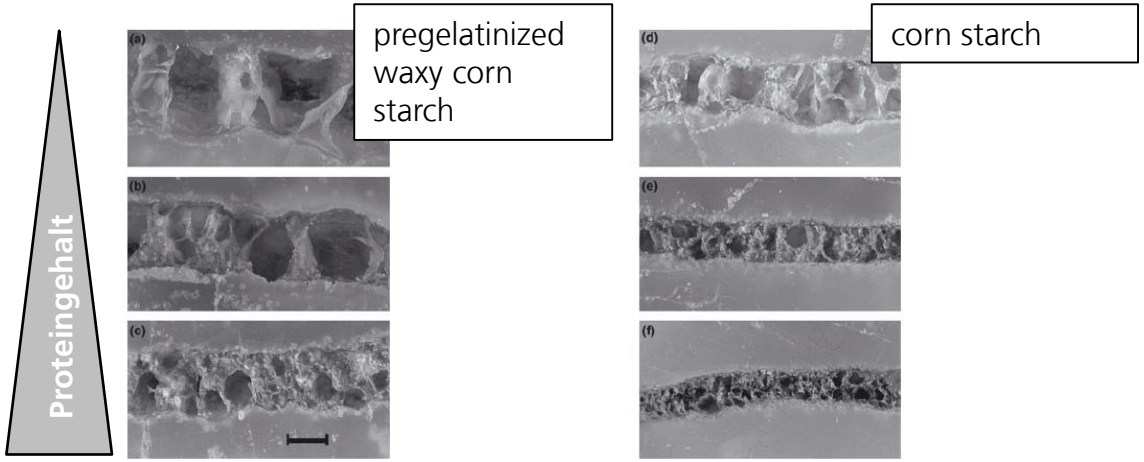
PROTEIN 2FOOD PIONEERING CROPS FOR FUTURE GENERATIONS P2FOOD

Fraunhofer IVV

Low moisture extrusion of legumes and pseudo-cereals – ingredient knowledge







Allen et al. 2007

Tasks:

- screening of starches for targeted texture properties
- combination of starch, legumes and pseudo-cereals
- protein content varying from 30-50%

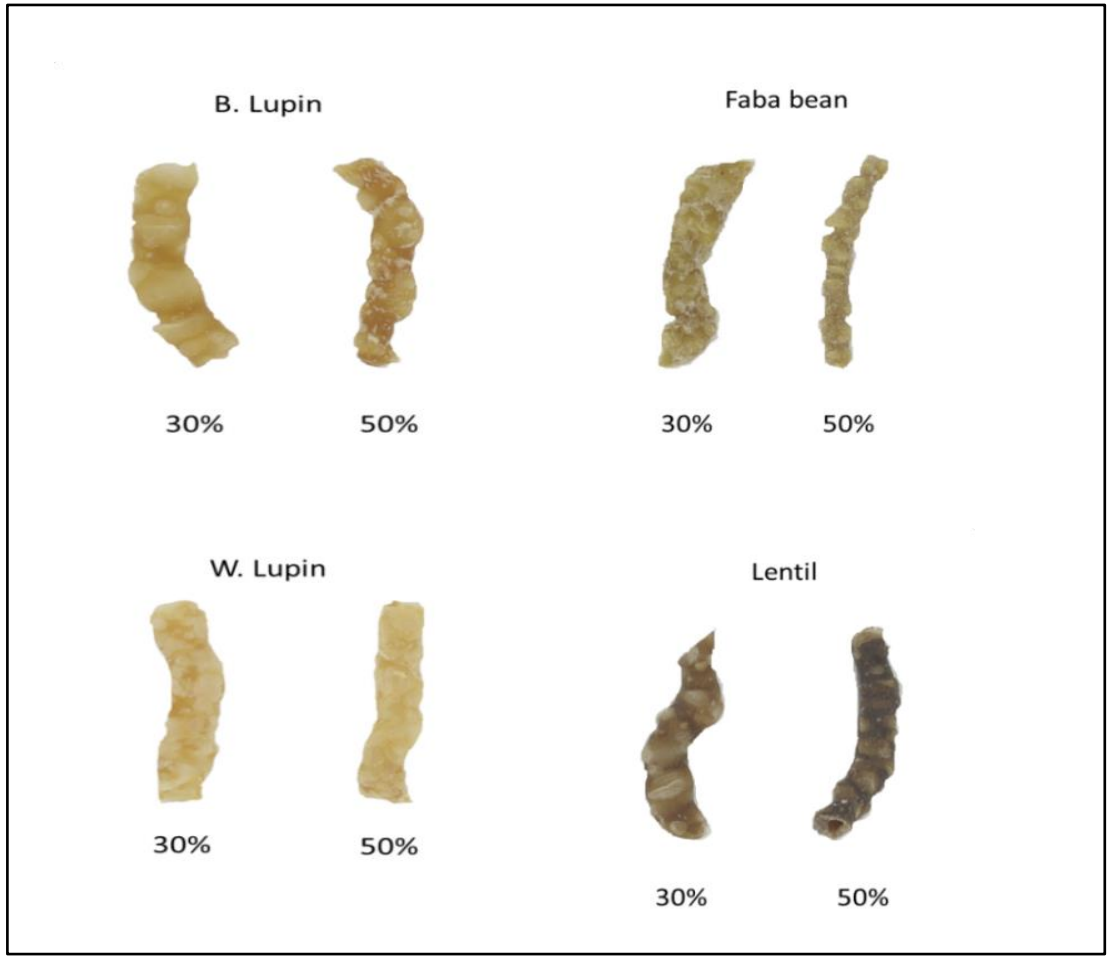
© Fraunhofer

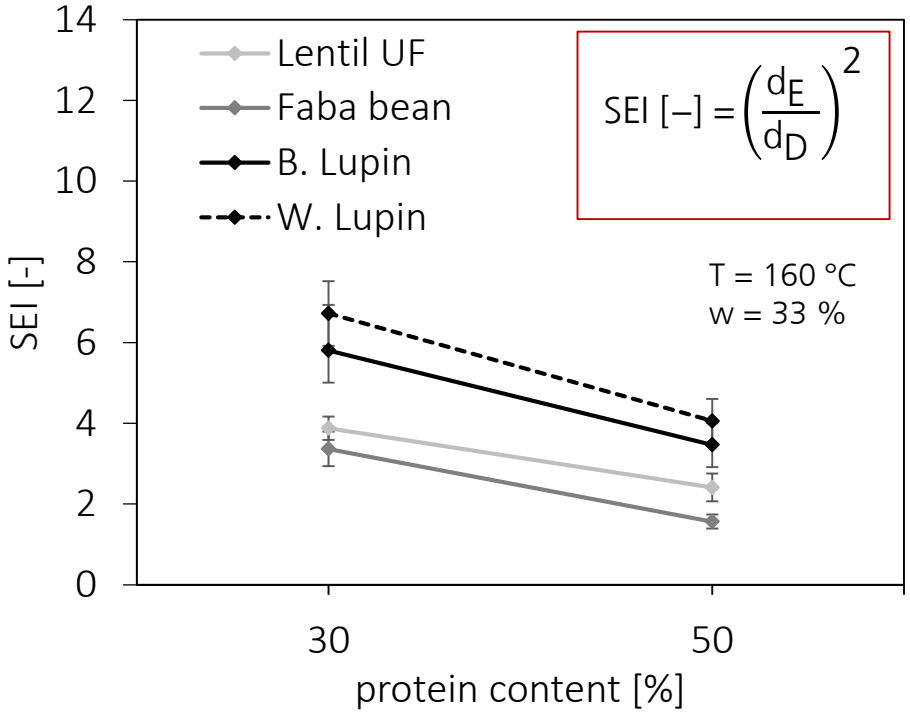
This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

PROTEIN 2FOOD PIONEERING CROPS FOR FUTURE GENERATIONS P2FOOD

Fraunhofer IVV

Low moisture extrusion of legumes - results



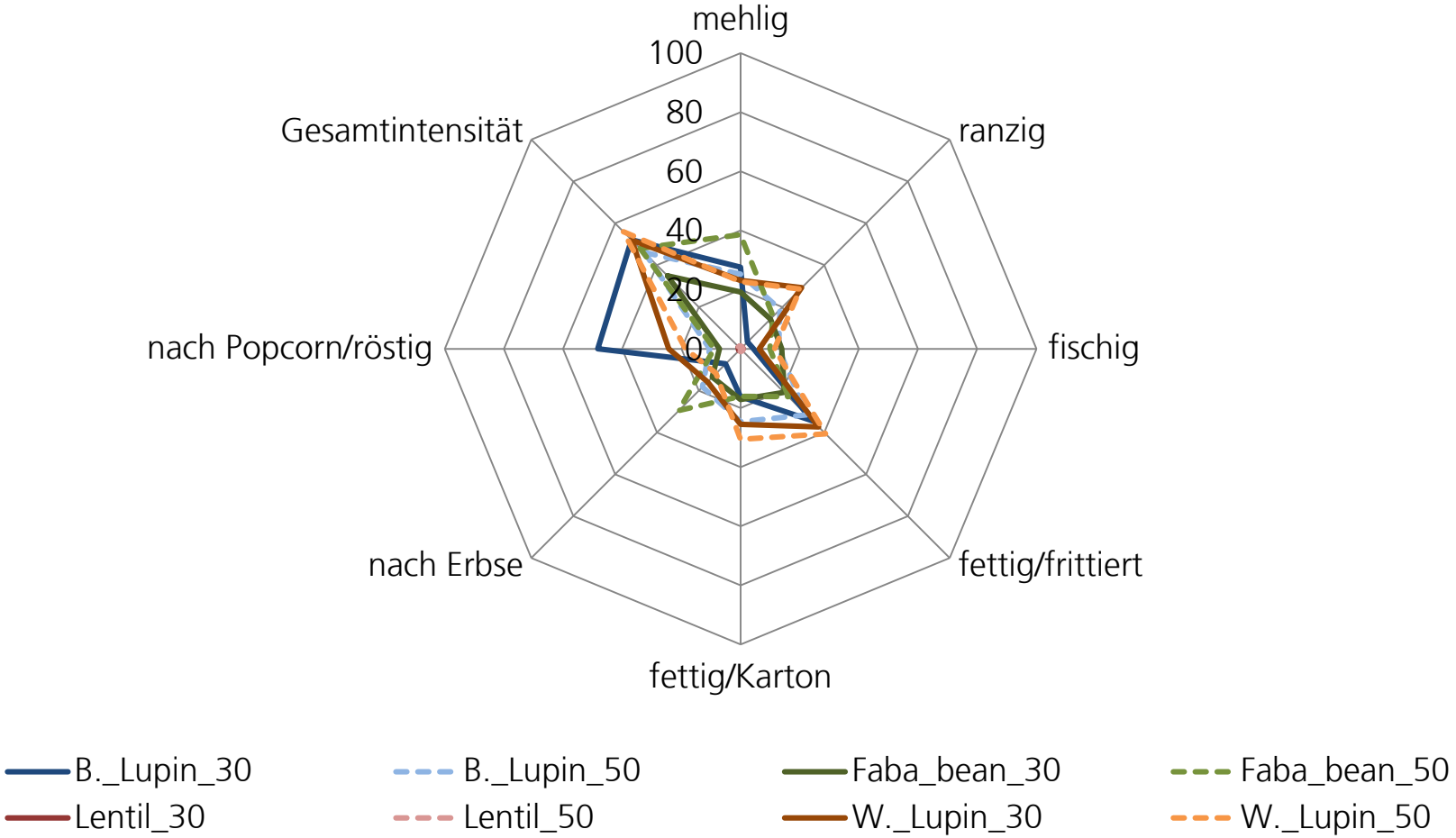


sectional expansion index (SEI)…

…. as a function of protein content for legumes Data are shown as means ± SEM. Lines between measurement points are just to guide the eye.

© Fraunhofer
This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

Low moisture extrusion of legumes – retronasal sensory evaluation



© Fraunhofer

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

PROTEIN 2FOOD
PIONEERING CROPS FOR FUTURE GENERATIONS
P2FOOD
Fraunhofer IVV

Setting the benchmark

Produkt	Energie [kcal]	Fett [g/100g]	Kohlenhydrate [g/100g]	Davon Zucker	Protein [g/100g]
Kölln Zauberfleks	398	4,9	80	15	6,6
Kölln Vollkorn Haferfleks	388	4,3	75	30	9,1
Weetabix Protein Crunch	383	2,5	66	22	20
Natural crunchy-lentil cocoa	86	1,8	69	12	14
Protein2Food Lupine Buckwheat		2,8	19,7	0	70

© Fraunhofer

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 635727.

PROTEIN 2FOOD
PIONEERING CROPS FOR FUTURE GENERATIONS
P2FOOD
Fraunhofer IVV

Pflanzliche Fleischalternativen

Bedarf

- Große Nachfrage nach veganen und vegetarischen Lebensmitteln
- Pflanzliche Fleischalternativen mit faseriger Textur
- Einfache Weiterverarbeitung

Ergebnis

- Fleischähnliche Textur durch spezielle Extrusionstechnologie
- Hoher Proteingehalt ohne chemische Zusatzstoffe
- Rohstoffe Erbse, Lupine, Weizen, Bohne

Nutzen

- Firmengründung Endori Food Company GmbH & Co. KG
- Produktvielfalt: z. B. Schnitzel, Nuggets
- Produkteinführung Skandinavien 2016/Deutschland 2017

© Fraunhofer

Produkte aus Lupinenproteinisolat – entwickelt am Fraunhofer IVV

- Direkte Anwendung des Lupinenproteinisolats als funktionelle Zutat in vielen Lebensmitteln
- Ersatz von Ei oder Milch

© Fraunhofer

Produkte aus heimischem Hafer – entwickelt am Fraunhofer IVV

Bayernglück

© Fraunhofer
Fraunhofer IVV

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Christian Zacherl
christian.zacherl@ivv.fraunhofer.de
+49 8161 491-426

www.ivv.fraunhofer.de

© Fraunhofer

Fraunhofer IVV