

Institut für Lebensmitteltechnologie
der Universität Hohenheim
Fachgebiet Getreidetechnologie
Prof. Dr. M. Kuhn

und

Institut für Müllerei- und Bäckereitechnologie
der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Detmold
Prof. Dr. W. Seibel

**Einfluß der Rohstoffe (Soja, Reis, Weizen) und der Kochextrusion
auf den Nährwert und die funktionellen Eigenschaften von Extrudaten
unter Anwendung statistischer Versuchsmethoden**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften

der Fakultät I

Allgemeine und Angewandte Naturwissenschaften
der Universität Hohenheim

vorgelegt von
Master of Science
Ruguo Hu
aus Jixi, Anhui, China

1996

7 Zusammenfassung

Mit Hilfe statistischer Modellierungen wurden die Zusammenhänge zwischen den Rohstoffen, den Extrusionsparametern (Einflußgrößen) und den ernährungsphysiologischen, sensorischen und funktionellen Eigenschaften der Produkte (Zielgrößen) erfolgreich dargestellt. Diese Modelle können als Standarddatenbank benutzt werden und ermöglichen eine Analyse der Wirkungsweise der Einflußgrößen auf die Zielgrößen. Darüber hinaus können mit diesen gegebenen Modellen die Rezepturen und entsprechenden Extrusionsbedingungen bei der Produktentwicklung oder Qualitätssicherung von instantisierten Lebensmitteln optimiert werden.

Durch die konventionelle thermische Behandlung bei Temperaturen bis 100°C und 60 Minuten Verweilzeit wurde der Trypsin-Inhibitor (TI) im Sojamehl nicht hinreichend deaktiviert, wobei die Behandlungstemperatur eine größere Rolle als die Behandlungszeit spielt. Dagegen kann aber die TI-Aktivität im Sojamehl durch eine hydrothermische Behandlung mittels Kochextrusion (T_p : 123-177°C, W_f : 16-32%) sehr stark bis hin zur vollständigen Zerstörung deaktiviert werden; dabei werden die Ergebnisse durch eine höhere Produkttemperatur, einen niedrigen Feuchtigkeitsgehalt und eine höhere Drehzahl der Schnecken begünstigt. Die spezifisch-mechanische Energieeinleitung (SME) trägt zur TI-Desaktivierung nicht wesentlich bei, dagegen spielt die Produkttemperatur T_p und die mittlere Verweilzeit die entscheidendere Rolle. In 1:1-Mischextrudaten von Soja mit Reis oder Weizen sind die TI-Aktivitäten sehr gering. Eine 100 %ige Desaktivierung der TI ist leicht zu erreichen, wobei Temperatur und Verweilzeit im Extruderzylinder die entscheidende Rolle spielen.

Der Desaktivierungsgrad der Urease in Soja steigt sehr stark mit der Erhöhung der Produkttemperatur an. Die Schneckendrehzahl trägt positiv zur Desaktivierung der Urease bei, während der Massefeuchtigkeitsgehalt nur eine geringe Auswirkung zeigt. Die völlige Zerstörung der Urease durch Extrusion wurde bei Produkttemperaturen ab ca. 150°C erreicht.

Die Kochextrusion zeigt nur geringfügige Auswirkungen auf die Lysin-, Methionin- und Tryptophangehalte in allen Rohstoffen. Produkttemperatur und/oder -feuchtigkeit sind fast immer die wichtigsten Faktoren für die Erhaltung der Aminosäuren, wogegen

die Schneckendrehzahlen nur eine untergeordnete Rolle spielen. Steigende Temperaturen führen immer zu Schädigung von Lysin, Methionin und Tryptophan. Ein niedriger Feuchtigkeitsgehalt bedingt die Erhaltung von Lysin in Soja-, Reis- und Soja/Reis-Extrudaten, diese Bedingung gilt nicht für die Weizenprodukte. Im Vergleich zu Weizen- und Reis-Extrudaten sind die Änderungen der Methioningehalte in Soja- und entsprechenden Mischextrudaten nicht signifikant. Steigende Feuchtigkeitsgehalte führen zu fallenden Methioningehalten in Reis- und analogen Mischextrudaten.

Soja-Extrudate beinhalten einen hohen Lysin- und Tryptophangehalt, wogegen Reis-Extrudate über einen relativ hohen Methioningehalt verfügen. Durch die Mischung mit Sojaerzeugnissen wird der Lysingehalt in Getreideextrudaten wesentlich erhöht, der Methioningehalt von Reisschrot aber dadurch herabgesetzt. Der Tryptophananteil im Getreide ist niedrig und relativ stabil gegen die Hitzebehandlung während der Kochextrusion verglichen mit Sojaprodukten und deren Mischungen. Die Empfindlichkeit des Lysins und des Tryptophans im Getreide während der HTST-Extrusion nimmt durch den Sojazusatz in geringem Maß zu, Methionin nimmt dagegen ab.

Die Proteinqualitäten der Getreideextrudate sind um mehr als 50% niedriger als die der Soja-Extrudate. Im allgemeinen tendieren Reis-Extrudate verglichen mit den Weizen-Extrudaten zu niedrigeren DC-PER-Werten (Discriminant Calculated Protein Efficiency Ratio). Die DC-PER-Werte von Getreideextrudaten werden durch hohe Produkttemperaturen beeinträchtigt, aber durch die Schneckendrehzahlen leicht positiv begünstigt. Höhere Feuchtigkeiten haben höhere DC-PER-Werte der Getreideextrudate zur Folge.

Die Extrusion von Sojamehl bei den angegebenen Prozeßbedingungen verursacht keine wesentliche Schädigung der ernährungsphysiologischen Proteinqualität. Im Bereich hoher Drehzahlen hat die Produkttemperatur eine positive Wirkung auf das DC-PER, wogegen sie sich im Bereich von niedrigen Drehzahlen negativ auswirkt. Steigende Drehzahlen und fallende Feuchtigkeitsgehalte führen zu besseren Proteinqualitäten von Soja-Extrudaten.

Im Vergleich zu Weizen- und Reis-Extrudaten ist die Proteinqualität der gemischten Extrudate viel besser und stabiler gegen die Extrusionseinflüsse. Das beruht

wahrscheinlich auf dem hohen Proteingehalt der Sojaprodukte und der relativ günstigen Aminosäurezusammensetzung der Mischung. Die Produkttemperatur und die Drehzahl sind die beiden wichtigsten Faktoren für das DC-PER aller Mischungen aus Getreide und Sojamehl. Bei höheren Temperaturen und Drehzahlen und niedrigeren Feuchtigkeitsgehalten wurden höhere DC-PER-Werte bei den Mischextrudaten erreicht.

Die Steigerung des Proteingehaltes der Extrudate ist fast direkt proportional zum Sojaanteil in den verschiedenen Mischungen, weil Sojamehl mit ca. 40 % Proteingehalt den entscheidenden Beitrag zum Proteingehalt der Mischextrudate liefert. Weizen trägt dabei stärker zum Proteingehalt als Reis bei.

Der Unterschied des physiologischen Brennwertes von Vollfett-Sojamehl, Vollkorn-Parboiled-Reis und Weizenvollkornschrot ist nicht sehr groß. Deswegen ist eine große Differenz des Brennwertes der Extrudate aus den verschiedenen Rohstoffen nicht zu erwarten.

Das Wasserbindevermögen (WBV) von Getreideextrudaten - besonders von Reis-Extrudaten - ist deutlich höher als das von Soja-Extrudaten. Durch den Sojazusatz konnte das WBV von Getreideextrudaten wesentlich reduziert werden. Die Feuchtigkeit und die Produkttemperatur sind die beiden signifikantesten Einflußgrößen auf das WBV der Extrudate aus sämtlichen Rohstoffen, während die Drehzahl nur bei Reis-Extrudaten und Soja/Weizen-Extrudaten eine gewisse Relevanz zeigt.

Für Getreideextrudate nimmt das WBV mit zunehmender Produkttemperatur ab, während die gleiche Tendenz für Soja- und Soja/Reis-Extrudate nur bei niedrigem Feuchtigkeitsgehalt zu beobachten ist. Für Soja/Weizen- und Soja/Reis/Weizen-Extrudate nimmt das WBV bei fallender Temperatur ab. Die Änderung des WBV für Soja/Reis-Extrudate durch den Einfluß der Kochextrusion ist gering. Zunehmende Massefeuchtigkeit führt zu höherem WBV für Getreide- und Soja/Weizen-Extrudate (für Soja auch im hohen Temperaturbereich), aber zu fallendem WBV für Soja/Reis- und Soja/Reis/Weizen-Extrudate.

Soja-Extrudate zeigen die höchste Löslichkeit, während starke Änderungen der gesamten Löslichkeit von Getreideextrudaten durch den Feuchtigkeitseinfluß - nicht

die Produkttemperatur - zu beobachten ist. Die Löslichkeit von Soja-Extrudaten ändert sich dagegen in geringfügigem Maße bei unterschiedlichem Feuchtigkeitsniveau. Durch Sojazusatz wurde das Löslichkeitsverhalten der Getreideextrudate wesentlich verringert, und ihre Änderung durch die Extrusion - besonders die Feuchtigkeit - ganz kompensiert. Der Feuchtigkeitsgehalt ist der relevanteste Faktor für die Löslichkeit der Extrudate aller Rohstoffe, die Produkttemperatur spielt daneben nur eine untergeordnete Rolle. Der Einfluß der Schneckendrehzahlen ist nicht nennenswert. Die maximalen Löslichkeiten wurden im niedrigen Feuchtigkeitsbereich erreicht, wozu ansteigende Temperaturen generell auch beitragen würden.

Der Feuchtigkeitsgehalt hat keine Wechselwirkung mit den drei Komponenten Soja, Reis und Weizen hinsichtlich der Sensorischen Qualitätszahl der Extrudate. Abnehmender Feuchtigkeitsgehalt führt prinzipiell zu Produkten mit besserem Geschmack. Die Sensorische Qualität wird verbessert, wenn man den Anteil von Reis und Weizen in den Mischungen erhöht. Weizen hat hierbei eine geringere Bedeutung als Reis. Dagegen wird die Qualitätszahl beeinträchtigt, wenn der Sojaanteil erhöht wird, was hauptsächlich auf den unangenehmen typischen Sojageschmack des unbehandelten Sojamehls zurückzuführen ist. Mischungen mit hohen Anteilen von Reis und Soja ergeben Produkte von guter Sensorischer Qualität; das heißt, daß Reis und Soja hinsichtlich Geschmack besser zusammenpassen.

Die Kochextrusion hat eine vergleichsweise ausgeprägte Wirkung auf den Geschmack der Extrudate. Die Produkttemperatur beeinflusst die Sensorische Qualitätszahl stark und vorteilhaft, wohingegen die Wirkung der Drehzahl nur gering ist. Hohe Produkttemperaturen und niedrige Drehzahlen führen zu Produkten von besserer sensorischer Qualität.

Optimierungen aller Art und von unterschiedlichem Interesse wurden nach den erstellten Modellen in der vorliegenden Arbeit durchgeführt. Solche Optimierungsergebnisse können für die Herstellung instantisierter pulverförmiger Produkte zur Ernährung von Kindern und älteren Menschen verwendet werden, wenn Vollkorn-Parboiled-Reis, Vollkorn-Weizenschrot und Sojamehl als Rohmaterialien zur Kochextrusion vorhanden sind und tierisches Protein nicht immer verfügbar ist.