

SCHÄLUNG VON RAPSSAAT DURCH DEFINIERTE VERFORMUNG

FELIX H. SCHNEIDER - Universität Essen GHS, Fachbereich 13
Lebensmittel-Verfahrenstechnik
D-4300 Essen 1, Universitätsstraße 15

Einleitung

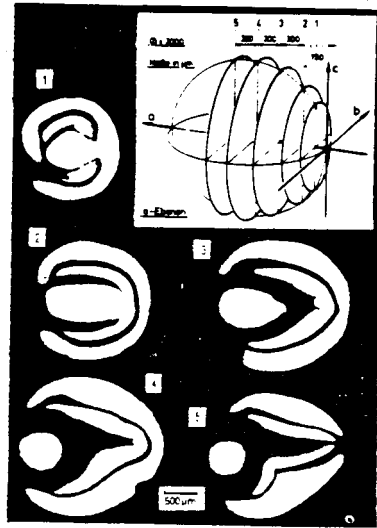
Durch eine Schälung der Rapssaat wird der Rohfasergehalt im entölten Schrot verringert und die Verwendbarkeit als Viehfutter und die Verarbeitbarkeit zu Proteinkonzentrat verbessert.

In Gießen wurde über ein Schälverfahren berichtet, bei dem die Rapssaat im Luftstrom stark beschleunigt und durch einen nachfolgenden Aufprall zerstört wird [1, 2, 3]. Ein ebenfalls pneumatisches Verfahren zerstört die Saat durch Druckwechselwirkungen [4, 8]. Scherung zwischen mit Schlupf laufenden Walzen wurde für Sesamsaat vorgeschlagen [5]. Alternativ zum Stand Malmö [6, 7] wird ein effektives Schälverfahren nach dem Prinzip der definierten Saatkornverformung vorgestellt. Die schonende und vollständige Zerlegung der Saat mit vergleichsweise niedrigem Energieaufwand ermöglicht die Gewinnung nahezu reinen Kernfleisches.

Zwei grundsätzliche Problemstellungen der Rapsschälung sind zu unterscheiden: (A) das Ablösen der Hüllen vom Saatembryo und (B) die Trennung des Bruchgemisches in Hüllen und Kernfleisch. Die Problemlösung wird - dem Ablauf der seit 1975 durchgeführten Untersuchungen folgend - anhand von fünf Teilschritten abgehandelt: (1) die Voraussetzungen für eine Hüllenablösung sind in der Rapssaatanatomie begründet; (2) Grundprinzip der Rapssaatschälung ist die definierte Verformung des Saatkornes; (3) der technische Löseschritt erfolgt im Walzwerk mit Anbruchkorn-Rückführung; (4) die Bruchgemisch-Trennung in Hüllen und Fleisch ist durch Sichtsortieren zu realisieren; (5) die erreichte Sortiergüte ist quantitativ nachweisbar.

Rapssaat-Anatomie

Das Rapssaatkorn besteht aus vier Elementen: der Hülle, der Keimwurzel und zwei Keimblättern. Zur Beschreibung der Anatomie wird das Saatkorn so in ein rechtwinkliges Koordinatensystem gelegt, daß der Ort der Verbindung zwischen den Embryoelementen im Ursprung liegt. Geschnitten wird in von den Koordinatenachsen senkrecht durchstossenen Ebenen in Abständen von ca. 300 μm . Die fünf Schnittfolgen von a-Ebenen beginnen am Verbindungspunkt der Embryoteile. In Ebene 1 besteht noch eine Verbindung zwischen Keimwurzel und äußerem Keimblatt. In der Ebene 2 existiert lediglich eine Verbindung zwischen Keimwurzel und innerem Keimblatt. Ab Ebene 3 existiert zwischen den

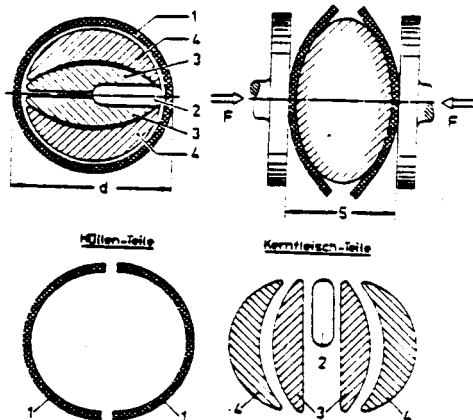


Embryoteilen keine Verbindung mehr. Entsprechende Schnitte in Ebenen orthogonal zur b-Achse bestätigen diesen Befund. Folglich besteht nur eine räumlich eng begrenzte Verbindung zwischen den Elementen der Rapssaat. Daraus ist zu schließen, daß bereits durch eine schwache mechanische Beanspruchung der natürliche Verband des Embryos gelöst werden kann. Die anatomische Schwachstelle kann im Sinne der Aufgabenstellung als "Sollbruchstelle" für eine Kornzerstörung interpretiert werden [9].

Saatkornzerlegung

Ein Rapssaatkorn zerfällt infolge einer definierten Verformung durch Zerstörung der Sollbruchstelle in Hüllenteile (1) und in fünf Embryoelemente (Fleisch): die Keimwurzel (2), zwei Hälften des inneren Keimblattes (3) und zwei Hälften des äußeren Keimblattes (4).

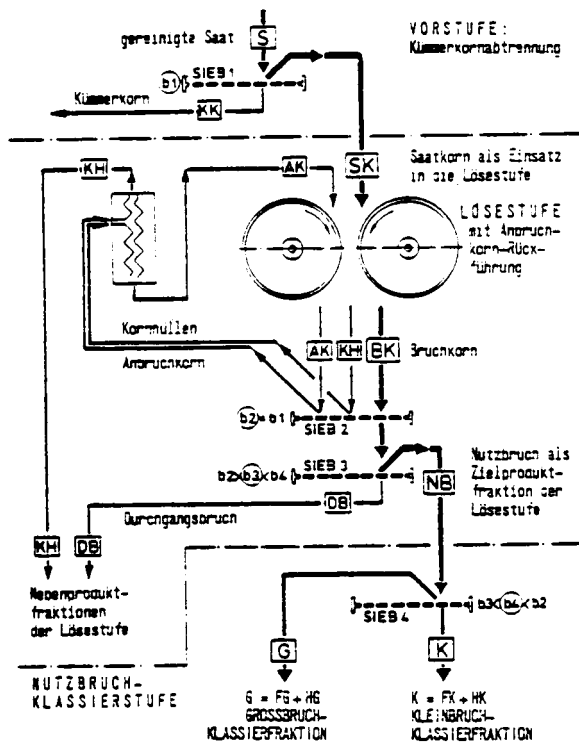
Maß für die definierte Verformung ist das Verhältnis aus Spaltweite S und Korndurchmesser d . Kriterien für die Verformung sind einerseits das vollständige Ab-



platzen der Hülle, andererseits ein Zerfall des Embryos lediglich in die fünf vorbezeichneten Embryoteile. Ein Zerquetschen der Kernfleischteile würde Öl austreten lassen und zu einem Anhaften von Schalentteilen an den Kernfleischteilen führen. Dadurch wäre das Trennen dieser beiden Strukturarten (Hüllen H und Fleisch F) behindert und das Gesamtergebnis der Schalenabtrennung verschlechtert [6, 9]. Die technische Realisierung des ersten Prozeßschrittes (Löseschritt durch Kornzerlegung) hat somit bereits Bedingungen zur effektiven Durchführung des zweiten Prozeßschrittes (Sortierschritt) zu berücksichtigen.

Technischer Löseschritt

Das Lösen der Hüllen von den Embryoteilen erfolgt in einem Walzwerk mit einstellbarer Spaltweite. Aus der gereinigten und vom Kümmerkorn befreiten Saat wird ein Bruchkorn erzeugt, bestehend aus Hüllenbruchstücken und Kernfleischteilen. Ein erheblicher Anteil der Hüllen bricht als Halbschalen, die zusammen mit dem Anbruchkorn (dessen Struktur zwar gelockert, jedoch noch nicht zerstört ist) vom Bruchkorn abgesiebt werden. Das Anbruchkorn wird nach einem Trennschritt in das Walzwerk für eine zweite Passage zurückgeführt. Aus dem zweiten Hauptschritt (Bruchgemischtrennung) ergeben sich Forderungen an eine Mindestkorngröße, die das Kornspektrum des als Zielproduktfraktion der Lösestufe bezeichneten Nutzbruchs begrenzen: Das Kornfeine wird deshalb als Durchgangsbruch abgetrennt. Einrichtungen zum Sichtsortieren verlangen möglichst einheitliche Kornspektren. Deshalb wird der Nutzbruch in Großbruch und Kleinbruch klassiert (jeweils Gemische aus Fleisch und Hüllen).



geben sich Forderungen an eine Mindestkorngröße, die das Kornspektrum des als Zielproduktfraktion der Lösestufe bezeichneten Nutzbruchs begrenzen: Das Kornfeine wird deshalb als Durchgangsbruch abgetrennt. Einrichtungen zum Sichtsortieren verlangen möglichst einheitliche Kornspektren. Deshalb wird der Nutzbruch in Großbruch und Kleinbruch klassiert (jeweils Gemische aus Fleisch und Hüllen).

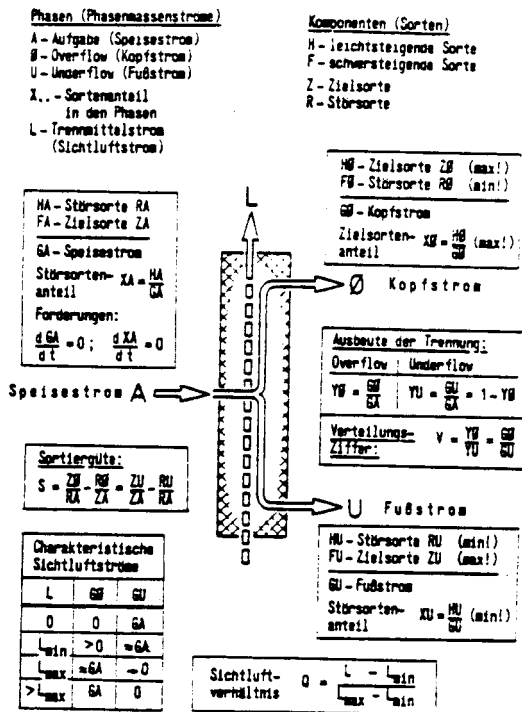
Die quantitative Entwicklung der einzelnen Fraktionen und insbesondere des Nutzbruches durch Rückführung und Aufschluß des Anbruchkornes über der Passagenzahl wurde experimentell untersucht. Dabei nimmt der Anteil des Anbruchkornes von Passage zu Passage ab, alle anderen Fraktionen nehmen zu. Die quantitative Entwicklung der beiden Nutz-Klassen für unterschiedliche Spaltweiten erlaubt die Festlegung eines optimalen Spaltverhältnisses [10] nach zwei Kriterien:

1. das Massenverhältnis aus Groß- und Kleinbruch muß maximal und nach etwa drei Passagen konstant sein;
2. Das Rücklaufverhältnis als Quotient aus Rücklauf und Saatkornesatz soll bereits nach der ersten Passage möglichst kleine Werte annehmen, denn ein großes Rücklaufverhältnis schränkt die Durchsatzleistung des Walzwerkes ein.

Bruchgemisch-Trennung

Untersuchungen zur Zerlegung des Bruchgemisches in Hüllen- und Fleischsorte wurden mit Hilfe eines Zickzacksichters [12] durchgeführt. In einer verallgemeinernden Problemstellung des Sichtsortierens [13] wird ein Speisestrom (bestehend aus Hüllen und Kernfleisch) bei definiertem Sichtluftstrom in einen Kopfstrom und einen Fußstrom zerlegt. Die leichtsteigenden Hüllen reichern sich im Kopfstrom an. Die schwersteigenden Kernfleischteile sind Zielsorte im Fußstrom. Gefordert ist ein möglichst reines Kernfleischprodukt (minimaler Störsortenananteil). Eine maximale Sortiergüte wird dann erreicht, wenn die Störsortenanteile möglichst gering sind. Beurteilungsgrundlage für die Trennbarkeit eines Gemisches durch Sichtsortieren sind die Overflow-Ausbeutekurven für reine Komponenten.

Die vorbenannten Größen sind jeweils abhängig vom gewählten Sichtluftstrom. Für jede Sorte existiert ein Minimalwert (das erste, leichteste Teilchen geht in den Kopfstrom über) und ein Maximalwert,



der zu einem Übergang des schwersten Teilchens führt. Mit Hilfe dieser Grenzwerte läßt sich ein Sichtluftverhältnis für reine Sorten und für das Gemisch definieren. Für die Gemischtrennung ist jener Sichtluftstrombereich interessant, in dem der Maximalwert für die leichtsteigende Sorte und der Minimalwert für die schwersteigende Sorte liegt. Vollständiges Trennen der Sorten ist nur dann zu erreichen, wenn keine Überlappung vorliegt. Die Grenzwertlagen sind durch konstruktive Maßnahmen an der Sortiereinrichtung in gewissem Umfang zu beeinflussen. Die Kenntnis der Owerflow-Ausbeutekurven für reine Komponenten macht die Ausbeutekurve für ein Gemisch bestimmter Zusammensetzung XA berechenbar. Laborexperimente mit realen Gemischen in einem Zickzacksichter mit seitlicher Zugabe und fluchtenden Spitzen haben für den technisch interessierenden Bereich gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und gerechneten Werten ergeben [14].

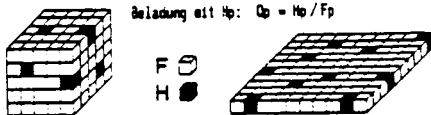
Schälprodukt-Charakterisierung

Die Bestimmung geringer Resthüllenanteile auf analytischem Wege über den Rohfaseranteil, den Fettgehalt oder den Stickstoffgehalt ist bei Resthüllenanteilen von weniger als 4% nicht befriedigend [11]. Reproduzierbare Ergebnisse lassen sich jedoch mit einer sogenannten Fotoanalyse gewinnen. Es werden Standardproben mit definierter Hüllenbeladung hergestellt und von diesen mit einer Sofortbild-Kamera Standardprobenfotos aufgenommen. Der Hüllenanteil einer gezogenen Probe kann dann durch Vergleich der Hüllenhäufigkeit auf einem korrespondierenden Standardfoto bestimmt werden. Die Methode wurde an zahlreichen Proben geprüft. Sie hat sich insbesondere bewährt für Hüllenanteile bis etwa 4% (Standardprobenfotos mit Hüllenanteilen von 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 3% usw.; Dreifachbewertung). Bei Hüllenanteilen über 6% ist die Unterscheidbarkeit zwar weniger befriedigend, für den technisch interessanten Bereich ist jedoch eine problemlose Quantifizierung möglich.

Aufgabe: In einer Sortierprodukt-Probe mit der Masse M_p ist der Gehalt der die Ziel-Struktursorte F verunreinigenden Stör-Struktursorte H quantitativ zu bestimmen

$$\text{Gehalt an Hp: } q = H_p / M_p = H_p / (F_p + H_p)$$

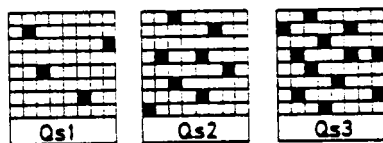
$$\text{Beladung mit Hp: } Q_p = H_p / F_p$$



Einschichtiges Ausbreiten der Sortierprodukt-Probe auf quadratischer Fläche; Sofortbild-Fotos der Sortierprodukt-Probe

Herstellen von Standard-Proben mit definierter Beladung $Q_s = H_s / F_s$ mit F_s als reiner Sortenmasse; Sofortbild-Fotos der Standardproben

Beachte: - Bezugsmasse F_s mit einschichtigem Belegung gewährleisten
- Material-Normalisierung auf konstante Klimbedingungen



Herstellen von Vergleichs-Probenfotos des Sortierproduktes aus der Probe mit der Masse $M_p = F_p + H_p$ ($0,95 \dots 1,05$ -faches der Bezugsmasse F_s)



Bewertungsvergleich mit dem Standard-Probenfoto liefert die korrespondierende Beladung $Q_{sk} = Q_{s2}$
Gehalt an $q = \frac{Q_{sk} \cdot F_s}{M_p}$
Sorte H_p :

Zusammenfassung

Aufbauend auf den Studien zur Saatantomie wurde experimentell der Kornzerfall als Folge einer definierten mechanischen Deformation nachgewiesen. Der technische Prozeß umfaßt zwei Schritte: A - den Löseschritt zur Saatkornzerlegung und B - einen Sortierschritt zur Bruchtrennung in Fleisch und Hüllen. Zielsetzungen für die Trennaufgabe sind: 1. die saubere Trennung zwischen Hüllen und Fleisch; 2. die Geometrie und Konsistenz des Kernfleisches müssen gute Abtrennung des öles ermöglichen; 3. niedrige Verluste durch Nichttrennbare. Daraus resultieren Forderungen an den Löseschritt: 1. vollständiges Lösen zwischen Hülle und Fleisch; 2. zur Vermeidung von öläustritt darf das Kernfleisch nicht gequetscht werden; 3. schonendes Brechen soll den Feinstbruchanteil gering halten. Im Laborexperiment wurden sowohl für den Groß- als auch für den Kleinbruch Resthüllengehalte unter 1% erreicht.

Anerkennung und Dank gebührt meinen Mitarbeitern Ulrich Rütte und Michael Wessel für die sorgfältige Durchführung der experimentellen Untersuchungen und dem Minister für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen für die finanzielle Förderung der Experimente in den Jahren 1978/81.

Zitierte Literatur

- [1] Stanley, D. W. und J. M. de Man, Proceedings 4. Internat. Rapskongreß, Gießen 1974, S. 633-636
- [2] Palyi, L., DE-AS 21 35 173 (1971)
- [3] Schislin, J. M., et al., DE-AS 22 69 441 (1972)
- [4] Caubet, J.-J., DE-OS 26 26 929 (1976)
- [5] Vorwerck, K., DE-OS 16 92 454 (1966)
- [6] Schneider, F. H., DE 26 35 169 (1976); PL 112 720 (1977); FR 77 24 187 (1977); DD 131 530 (1977); CA 10 62 118 (1977); SE 77 08 072-9 (1977)
- [7] Wiegand, J. G., Proceedings 5. Internat. Rapskongreß, Malmö 1978, Band 2, S. 314-333, (5 einschlägige Zitate)
- [8] Gris, A., a. a. O. Band 2, S. 336-340
- [9] Schneider, F. H., Fette-Seifen-Anstr.M., 81(1979), 11-16
- [10] Schneider, F. H., Fette-Seifen-Anstr.M., 81(1979), 53-59
- [11] Schneider, F. H., Fette-Seifen-Anstr.M., 84(1982), 213-220
- [12] Kaiser, F., Chemie-Ing.-Techn., 35(1963), 273-282
- [13] Schneider, F. H., in Vorb. (Fette-Seifen-Anstr.M., Mai 1983)
- [14] Schneider, F. H., U. Rütte und M. Wessel, in Vorbereitung, (Fette-Seifen-Anstr.M., Sept./Okt. 1983)