

Bestimmung des genetisch bedingten „Teigwaren-Kochpotentials“ von Durumweizensorten anhand von Elektropherogrammen von Glutenproteinen

J. C. Autran, R. Damidaux und M. F. Jeanjean, Montpellier/Frankreich

1. Einleitung

Ein vordringliches Ziel der Züchter von Durumweizen ist es, Sorten mit gutem „Teigwaren-Kochpotential“ zu schaffen.

Wenn auch die Art der Teigwarengerichte, die individuellen Vorlieben und die Verbrauchergewohnheiten eine Rolle spielen, so besteht doch weitgehend Übereinstimmung darin, das Kochpotential als die Eigenschaft von Grießen zu definieren, die sie befähigt, Teigwaren zu liefern, die selbst nach überlanger Kochdauer bißfest, oberflächlich wenig verquollen und nicht klebend sind.

Die Kocheigenschaften von Teigwaren spiegeln sich in einer Vielzahl von Faktoren: rheologischen (Festigkeit, Elastizität), physikalischen (Oberflächenbeschaffenheit, Verquellung, Klebeneigung) und sonstigen (wie Wasseraufnahme, Abkochverluste, Farbton, Geschmack und Geruch). Insgesamt hängt die Qualität gekochter Teigwaren von den Charakteristika des verarbeiteten Durumweizens ab (Qualitätspotential der Sorte, das aber je nach den Aufwuchsbedingungen unterschiedlich zur Ausprägung kommen kann), vom Ausmahlungsgrad der Grieße und von den Herstellungsbedingungen der Teigwaren.

Die objektive Beurteilung des Kochpotentials von Durumweizen erscheint deshalb als schwieriges Problem, vor allem für den Züchter, denn die meisten der bisher angewendeten Testmethoden erlauben es nicht, den Qualitätsbeitrag der Sorte von dem der Verarbeitungsbedingungen in der Mühle und in der Teigwarenfabrik abzugrenzen.

Für die Hersteller von Grießen oder Teigwaren gibt es kein besseres Verfahren zur Eignungsprüfung einer Durumweizenprobe als die bestimmungsgemäße Verarbeitung, d. h. die Herstellung von Teigwaren und deren Beurteilung im Kochversuch. Die Aufgabe des Züchters besteht demgegenüber in der Bewertung des „angeborenen“ Kochpotentials der Sorten, unabhängig von Einflüssen des Anbaumilieus und der Verarbeitungsbedingungen.

Der Erfolg von Züchtungsprogrammen, die auf verbesserte Kochpotentiale abstellen, hängt deshalb nach unserer Ansicht von einer klaren Unterscheidung zwischen den folgenden beiden Begriffen ab:

- dem des Selektionstestes, der es ermöglicht, das genetisch bedingte Kochpotential zu beurteilen (qualité culinaire intrinsèque = Q.C.I.), (1, 2), das seiner Definition nach von Umweltfaktoren unabhängig ist;
- dem des kommerziellen Testes, der dazu dient, die technologische Eignung von Ernteproben zu bestimmen, d. h. das Ergebnis des Zusammenwirkens des genetisch bedingten Kochpotentials mit den Aufwuchsbedingungen.

Die Anwendung eines kommerziellen Testes, selbst als Miniaturverfahren, seitens des Züchters bedeutet, daß er weder auf einfache Weise noch in einem frühen Stadium der Selektion

den Faktor Kochpotential beurteilen kann, denn diese Tests setzen mehrjährige Wiederholungen mit Zuchtmaterial von verschiedenen Anbauorten und nach unterschiedlicher Düngung voraus, um zu einem Mittelwert im Urteil zu kommen. Es ist daher unerlässlich, besondere Selektionstests zu entwickeln, die von nichtgenetischen Faktoren so wenig wie möglich beeinflusst werden und somit das genetisch bedingte Kochpotential der Linien erkennen lassen.

Wir sind der Ansicht, daß sich leistungsfähige Methoden zur Ermittlung des Auslesefaktors Kochpotential am besten von den biochemischen Korneigenschaften ableiten lassen. Deshalb haben wir, parallel zu unseren Forschungen über die biochemischen Grundlagen des Kochpotentials mit folgenden praktischen Testanwendungen experimentiert:

- viscoelastische Eigenschaften des Glutens,
- Elektropherogramme der Gliadine,
- Elektropherogramme der reduzierten Gluteline.

2. Material und Methoden

2.1. Durumweizen

Um die untersuchten Beziehungen auf eine breite Grundlage zu stellen, wurden möglichst verschiedene Proben herangezogen, auch Kornmaterial, das in den unterschiedlichsten agroökologischen Regionen in Frankreich, Europa und USA angebaut wird. Das hat weiter dazu geführt, Proben mit breitgestreutem genetischem Ursprung zu untersuchen, um eine internationale Kollektion zu schaffen, in der die wichtigsten Durumweizen-Anbauländer vertreten sind.

Insgesamt wurden schließlich 422 Proben von 122 Sorten aus 14 Ländern in die Studie einbezogen. In jedem Fall war die genetische Abkunft bekannt. Der Anbau erfolgte in Versuchspartzellen.

2.2. Bestimmung der viscoelastischen Eigenschaften des Glutens

Die Grieße werden aus den Kornproben mittels einer Brabender-Junior-Mühle und Absiebung hergestellt (3).

Das Gluten wird aus angeteigtem Grieß mit entionisiertem Wasser ausgewaschen. Je 1 Gramm Feuchtkleber werden dann in einer Formzelle, die 90 s im kochenden Wasser erhitzt wird, zum Koagulieren gebracht (1, 4) und dann in Wasser auf 20° C abgekühlt.

Die viscoelastischen Eigenschaften des so gebildeten Glutenkörperchens werden mit dem Viscoelastographen (5) von Tripette und Renaud-Chopin bestimmt. Diese Apparatur erlaubt es, die Deformation eines festen Körpers in Abhängigkeit von dem darauf ausgeübten Druck und der Zeit zu verfolgen. Das Glutenkörperchen wird zwischen zwei horizontale Platten gelegt; ein konstantes Gewicht von 500 g wirkt für 40 s senkrecht ein und wird dann abgehoben.

Die Veränderung der Dicke der Glutenkörperchen in Abhängigkeit von der Zeit wird vor und nach der Belastung registriert. Aus den gemessenen Werten in mm - e, für die Dicke unter Belastung (Maß für den Druckwiderstand oder die Glutenfestigkeit) und e₂ für die Dicke 20 s nach Entlastung - wird die absolute Erholung e₂-e, berechnet, die ein Maß für die Elastizität der Probe darstellt.

2.3. Elektrophorese der Gliadine auf Polyacrylamidgel

Die Fraktionierung der Gliadine auf Polyacrylamidgel wird mit dem Material und nach der Methode vorgenommen, die von Bushuk und Zillman (6) ausgearbeitet worden ist, mit einigen Modifikationen, die die Untersuchung größerer Serien erleichtern sollen (4).

Die Gliadine werden aus dem Korn oder Grieß durch einfachen zweistündigen Kontakt mit einer wäßrigen Lösung (dem achtfachen Probengewicht entsprechend) extrahiert, die neben 25% Chloro-2-ethanol, 30% Saccharose und 0,02% Pyronine G enthält.

Die Fraktionierung erfolgt horizontal auf PAG-Platten der Größe 17 x 12 x 0,6 cm.

Verwendet wird 6%iges Polyacrylamidgel (Katalysator Eisensulfat-Ascorbinsäure-Wasserstoffsuperoxid) in Aluminiumlaktatpuffer ($\mu = 0,05$) von pH 3,1. Man arbeitet ohne Vorlauf. Nach Aufbringen der Proben (15 Mikroliter Gliadinextrakt) erfolgt die Trennung während 4 h 45 min bei konstanter Stromstärke von 70 mA.

Das Gel wird dann über Nacht angefärbt in einer wäßrigen Lösung von Coomassie-Blau R 250 (0,05%), die daneben 5% Ethanol und 12% Trichloressigsäure enthält.

2.4. Elektrophorese der reduzierten Gluteline auf Polyacrylamid-SDS

Hierzu wird die Technik von Payne et al. (7) benutzt mit einer Havana-Kammer von Desaga, die es ermöglicht, gleichzeitig 48 Proben auf einer vertikalen Platte zu analysieren.

Die Proteine werden aus feinvermahlenem Korn oder Grieß extrahiert durch 2½minütiges Behandeln im siedenden Wasserbad mit einer Lösung (dem 15fachen Probengewicht entsprechend), die 2% Natriumdodecylsulfat, 5% Mercaptoethanol, 0,001% Pyronine und 10% Glycerin in 0,063 M Tris-HCl-Puffer von pH 6,8 enthält. Die Fraktionierung erfolgt auf vertikalen PAG-Platten (11 x 11 x 0,15 cm), 10% Polyacrylamid in Tris-HCl-Puffer ($\mu = 0,375$) bei pH 8,8, nach Konzentration in einem Sammelgel, 3,5% Polyacrylamid in Tris-HCl-Puffer ($\mu = 0,125$) bei pH 6,8. Zur Trennung läßt man die Elektrophorese 16 h bei 5 mA je Gelplatte laufen.

Danach wird das Gel durch 24stündiges Schütteln in Coomassie-Blau R 250 (0,5%) in Methanol-Essigsäure-Wasser (40/7/53) angefärbt, 4 h im gleichen Lösungsmittel ohne Farbstoff entfärbt und in Wasser aufbewahrt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Viscoelastische Eigenschaften des Glutens und genetisch bedingtes Teigwarenkochpotential der Sorten

Untersuchungen über die Wiederholbarkeit und die Genauigkeit der Viscoelastizitätsmessungen an koagulierten Glutenkörperchen (1) zufolge zeigt sich:

- für die Gesamtheit der analysierten Sorten ergibt sich eine hochsignifikante Korrelation ($r = 0,93$) zwischen dem Wert $e_2 - e_1$ der absoluten elastischen Erholung und dem Festigkeitswert e_1 .
- bei jeder Sorte schwankt der Wert für $e_2 - e_1$ in ziemlich engen Grenzen um den Mittelwert, mit allgemeiner Tendenz zu niedrigeren Ergebnissen mit steigendem Proteingehalt (4).
- die Werte für $e_2 - e_1$ können als Sortencharakteristikum angesehen werden, das nur wenig durch agroökologische Faktoren beeinflusst wird. Eine Durumweizensorte ließe sich also durch den Mittelwert für die absolute elastische Erholung $e_2 - e_1$ ihres koagulierten Glutens charakterisieren (8, 9).
- die 122 untersuchten Sorten sind zwei Klassen zuzuordnen, deren Mittelwerte bei 0,6 mm bzw. bei 1,8 mm liegen.

Daraufhin wurden die viscoelastischen Eigenschaften des koagulierten Glutens von Sorten mit nachgewiesenem gutem oder schlechtem Kochpotential bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Daraus geht hervor, daß alle als kochtechnisch günstig bekannten Sorten für $e_2 - e_1$ Werte über 1,6 mm geliefert haben. Umgekehrt ergaben sich für Sorten, die als ungünstig bis mittel gelten, für $e_2 - e_1$ Werte unter 1 mm (mit Ausnahme der Sorte Lakota, die als mittel gilt) (Abb. 1).

Die absolute elastische Erholung des koagulierten Glutens gibt demnach unter den beschriebenen Bedingungen Auskunft über das genetisch bedingte Teigwarenkochpotential von Durumweizen. Die beschriebene Methode ist als Selektionstest zu bewerten.

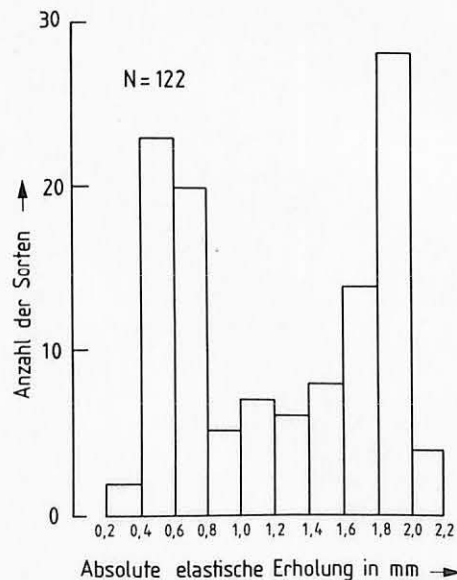


Abb. 1: Verteilung von Durumweizensorten in Klassen entsprechend der absoluten elastischen Erholung ($e_2 - e_1$) des koagulierten Glutens

Es war demnach unerlässlich, die biochemischen Hintergründe der Sortenunterschiede in der Viscoelastizität des koagulierten Glutens weiter zu erforschen, vor allem hinsichtlich eines ursächlichen Zusammenhanges mit den verschiedenen Glutenproteinen. Dies ist Gegenstand der elektrophoretischen Untersuchungen an Glutenfraktionen, über die nachstehend berichtet wird.

3.2. Elektropherogramme der Gliadine

Die Gliadinfraktion der 122 Sorten, deren viscoelastische Glutencharakteristik bestimmt worden war, wurde elektrophoretisch untersucht. Die auf Polyacrylamidgel erhaltenen Elektropherogramme weisen im Mittel bei jeder Sorte 25–30 Banden auf.

Man weiß, daß diese Gliadinbandenbilder sortenspezifisch und von Umweltbedingungen unabhängig sind. Nach der elektrophoretischen Mobilität lassen sich vier Zonen unterscheiden: α -, β -, γ - und ω -Gliadine. Die relative elektrophoretische Mobilität jeder Bande wird durch Zahlen von 0 bis 100 ausgedrückt. Die Bande 51, die bei den meisten Durumweizensorten vorhanden ist, dient als Bezugswert, um mit der internationalen Nomenklatur der Gliadine in Übereinstimmung zu bleiben (10).

Die verschiedenen Zonen der Gliadinogramme zeigen einen starken intervarietalen Polymorphismus an, der übrigens auch bei der Identifizierung von Weizensorten genutzt wird. Nach eingehendem Studium der Zonen ω (Mobilitäten 20–40) und γ (Mobilitäten 41–51) – und ohne ein Urteil über die tatsächliche Identität der elektrophoretisch unterscheidbaren Proteinbestandteile von gleicher Mobilität vorzunehmen – zeichnet sich ab, daß alle untersuchten Sorten grundsätzlich zwei Typengruppen zugeordnet werden können (Abb. 2):

- Die eine ist charakterisiert durch die Gegenwart der γ -Gliadinbande 45 und die Abwesenheit von Banden in der Zone 38–42.
- Die andere ist charakterisiert durch die Abwesenheit der Bande 45 und die Gegenwart der Bande 42.

Von den 122 untersuchten Sorten entsprechen 68 dem Typus 45, 50 dem Typus 42 und 4 sind weder dem einen noch dem anderen Typus zuzuordnen (charakteristische Gliadinbanden 41 oder 44).

Es ist außerordentlich interessant, daß eine enge Übereinstimmung zwischen dem elektrophoretischen Typus und den viscoelastischen Eigenschaften des koagulierten Glutens zu beobachten ist (Abb. 3 und Tab. 1):

- von den 68 Sorten des Typus 45 weisen 61 (90%) einen Wert von mehr als 1,2 mm für die absolute elastische Erholung auf,
- von den 50 Sorten des Typus 42 weisen 49 (98%) einen Wert von weniger als 1,2 mm für die absolute elastische Erholung auf.

Die wenigen Sorten, die scheinbar dem elektrophoretischen Typus 45 entsprechen, aber eine mittlere absolute elastische Erholung von weniger als 1,2 mm aufweisen, bilden offenbar Ausnahmen, die jedoch nicht durch agroökologische Faktoren bedingt sind. Diejenigen Proben ($n = 10$), die der Bestimmung der mittlereren absoluten elastischen Erholung beispielsweise für die Sorte ISA 1 zugrunde lagen ($e_2 - e_1 = 0,57$), bestätigen, daß es sich um eine Sortencharakteristik handelt (4).

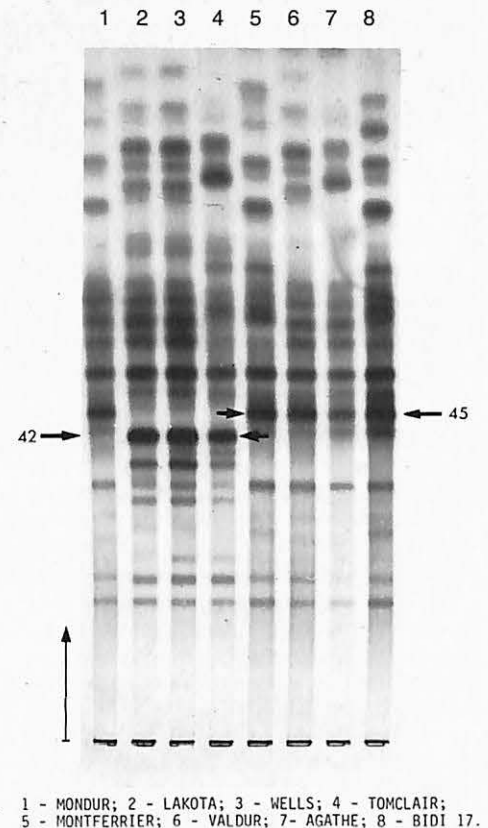


Abb. 2: Elektrophoresediagramme verschiedener Durumweizensorten auf horizontalen PAG-Platten (Gliadinbanden)

Das Studium der anderen Zonen (α und β) der Gliadinogramme hat keinerlei Beziehungen zu den genetisch bedingten Teigwarenkochpotentialen der Sorten erkennen lassen. Bezüglich der vier Sorten vom Typus 41 oder 44 sind mit Rücksicht auf das noch nicht ausreichende Belegmaterial vorerst keine Schlußfolgerungen erlaubt.

Nichtsdestoweniger läßt sich feststellen, daß angesichts

- der Unabhängigkeit der Gliadin-Elektropherogramme von Umweltfaktoren,

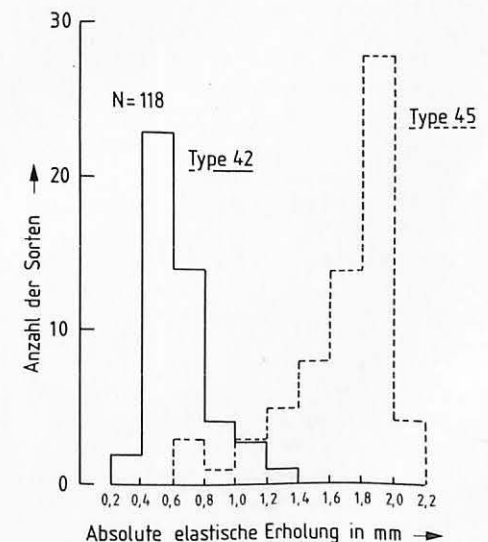


Abb. 3: Verteilung von Durumweizensorten in Klassen entsprechend der absoluten elastischen Erholung des koagulierten Glutens und der Gliadinelektrophorese

Tabelle 1: Beziehungen zwischen dem genetisch bedingten Teigwaren-Kochpotential von Durumweizensorten und den viscoelastischen Eigenschaften des (koagulierten) Glutens sowie den Elektropherogrammen von Gliadinen und Gluteninen

a) Gutes genetisch bedingtes Teigwaren-Kochpotential

Sorten	absolute elastische Erholung des Glutens*)	Gliadin-Typus	Glutenin-Typus	
			A	B
Agathe	1.79 (32)**	45	3-10-13	2-3-4
Appulo	1.64 (8)	45	6-11	2-3-5
Bidi 17	1.70 (11)	45	6-11	2-3-5
Capeiti	1.65 (9)	45	6-11	2-3-5
Edmore	1.71 (6)	45	3-10-13	2-3-4
Mondur	1.91 (4)	45	3-10-13	2-3-4
Montferrier	1.90 (2)	45	3-10-13	2-3-4
Trinakria	1.81 (8)	45	6-11	1-3-5
Valdur	1.82 (6)	45	3- 6-10-13	2-3-4

b) Mittleres bis mäßiges genetisch bedingtes Teigwaren-Kochpotential

Sorten	absolute elastische Erholung des Glutens*)	Gliadin-Typus	Glutenin-Typus	
			A	B
Chandur	0.61 (2)**	42	3-10-13	1-3-4
Durtal	0.79 (20)	42	1- 6- 8-12	1-3-4
Kidur	0.28 (1)	42	3-10-13	1-3-4
Lakota	1.28 (17)	42	3-10-13	1-3-4
Poinville	0.72 (1)	42	3-10-13	1-3-4
Rikita	0.47 (1)	42	6- 8-12	1-3-4
Tomclair	0.59 (4)	42	6-11	1-3-4
Valsacco	0.59 (2)	42	6-11	1-3-4
Wells	0.71 (1)	42	6-11	1-3-4

*) Mittlerer Wert des Glutens, 90 s thermisch geformt
 **) Zahl der Proben von unterschiedlicher Herkunft

- der Möglichkeit, große Analysenreihen an Kleinstproben (Einzelkörner oder halbe Körner) mittels der Elektrophoresetechnik durchzuführen,
- der nachgewiesenen engen Beziehung zwischen der Gegenwart der Banden 42 oder 45 und den viscoelastischen Eigenschaften des koagulierten Glutens aus Durumweizen, die vorliegenden Ergebnisse es rechtfertigen, von einem neuen Werkzeug für den Züchter zu sprechen, das er bei der Entwicklung von Durumweizensorten mit gutem Kochpotential anwenden kann (11).

3.3. Elektropherogramme von reduzierten Gluteninen

Die unter den in Absatz 2.4 beschriebenen Bedingungen extrahierten und reduzierten Proteine sind für 80 Sorten mittels vertikaler Elektrophorese auf Polyacrylamid-SDS-Gel untersucht worden. Bei diesem Verfahren erfolgt eine Auftrennung nach Unterschieden in der Molekülgröße.

Bei allen geprüften Sorten zeigten die Diagramme drei Hauptzonen (Abb. 4):

- eine Zone von erhöhter Mobilität (I), die wahrscheinlich den Proteinen vom Typ der Albumine-Globuline entspricht,
- eine mittlere Zone (II), die im wesentlichen aus Gliadinfraktionen besteht,
- eine langsam wandernde Zone (III) hochmolekularer Proteinbestandteile, die man überwiegend den Gluteninen zurechnen kann.

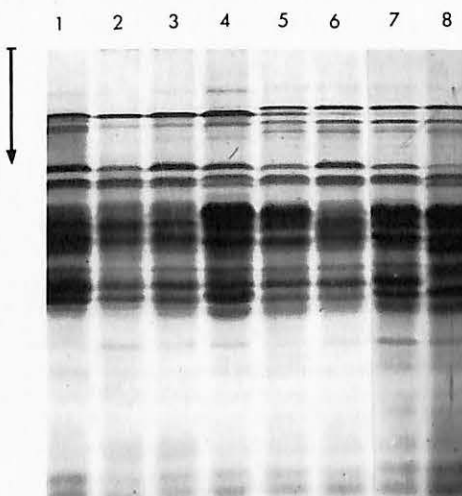
Wie schon bei verschiedenen vorhergegangenen Arbeiten sind auch hier keine klaren Sortenunterschiede in der Zone der Albumine-Globuline zu beobachten. Die Zone der Gliadine, die bei der SDS-Elektrophorese nur unvollständig aufgetrennt wird wegen der geringen Molekulargewichtsunterschiede innerhalb ihrer Proteinbestandteile, läßt in diesem Milieu keine größeren Unterschiede erkennen, die nicht bereits bei der Elektrophorese in Aluminiumlaktatpuffer sichtbar geworden wären.

Folglich haben wir uns auf die Interpretation der Bandenbilder der hochmolekularen Glutenine in Zone III konzentriert. Diese Zone bietet gegenüber den Gliadindiagrammen eine völlig neuartige Information, da diese hochmolekularen Komponenten in Aluminiumlaktatpuffer nicht mitwandern (oder doch nicht genügend klar aufgetrennt werden).

Übrigens haben zahlreiche Autoren diesen Untereinheiten der hochmolekularen Glutenine eine wichtige Rolle mit Bezug auf die Backfähigkeit von Weichweizen (2, 7, 12) oder die Eignung von Durumweizen zur Teigwarenherstellung (2, 13) zugeschrieben.

In der Zone III lassen sich zwei deutlich voneinander unterscheidbare Bereiche, A und B, erkennen (Abb. 4):

- Bereich A enthält Proteine mit sehr hohen Molekulargewichten (85 000–111 000) und weist je nach Sorte 2–5 Komponenten auf,



1 - RIKITA, 2 - TOMCLAIR, 3 - WELLS, 4 - BIDI 17, 5 - VALDUR
 6 - LAKOTA, 7 - AGATHE, 8 - BRUMAIRE

Abb. 4: Elektrophoresediagramme verschiedener Durumweizensorten auf vertikalen PAG-SDS-Platten (reduzierte Proteine)

- Bereich B enthält Proteine mit mittleren Molekulargewichten (62 000–70 000) und weist je nach Sorte 2 oder 3 Komponenten auf.

Für die Gesamtheit der untersuchten Sorten sind im A-Bereich 13 verschiedene Banden A₁ bis A₁₃ und im B-Bereich 5 (B₁ bis B₅) zur Auswertung herangezogen worden. Dies ist am Beispiel einiger Sorten in Abbildung 5 schematisiert dargestellt.

Außerdem war festzustellen, daß bei den 80 untersuchten Proben ein relativ starker Polymorphismus in dieser Diagrammzone besteht: wir fanden 18 verschiedene Typen im Bereich A (wobei zwei vorherrschen; A 3–10–13 und A 6–11 kamen bei 43 Sorten vor) und 8 verschiedene Typen im Bereich B (wobei vier vorherrschen; B 1–3–4, B 1–3–5, B 2–3–4 und B 2–3–5 kamen bei 60 Sorten vor). Bei der nachfolgenden Interpretation der Elektrophoreseergebnisse beschränken wir uns deshalb auf die am deutlichsten hervortretenden Fakten.

a) Gluteninbereich A

- Unter den 22 Sorten, die zum Typ A 3–10–13 gehören, sind 10, bei denen die absolute elastische Erholung des koagulierten Glutens über 1,2 mm liegt, aber 12 bei denen diese Werte unter 1,2 mm bleiben.
- Unter den 25 Sorten, die zum Typ A 6–11 gehören, sind 16, bei denen die Erholungswerte über 1,2 mm liegen, aber 9, bei denen diese Werte unter 1,2 mm bleiben.

Hinsichtlich der verschiedenen Typen lassen sich zwar wegen der schwachen Belege keine allgemeingültigen Schlüssen ziehen, doch ist anzumerken:

- Die 7 Sorten mit den Bestandteilen A₁ und A₂ von geringer Mobilität weisen auch ein niedriges genetisch bedingtes Teigwaren-Kochpotential auf. Es handelt sich um Durtal, Belfuggito, Rainirio, Kubanka, Karakolskaja, Ak Bugda und Melianopus 69 (die beiden zuletzt genannten besitzen die Gliadinbande 45).
- Die 3 Sorten mit dem Bestandteil A₅ bringen gleichfalls schlechte Kocheigenschaften mit. Es handelt sich um Durtal, Rikita und Isa 1

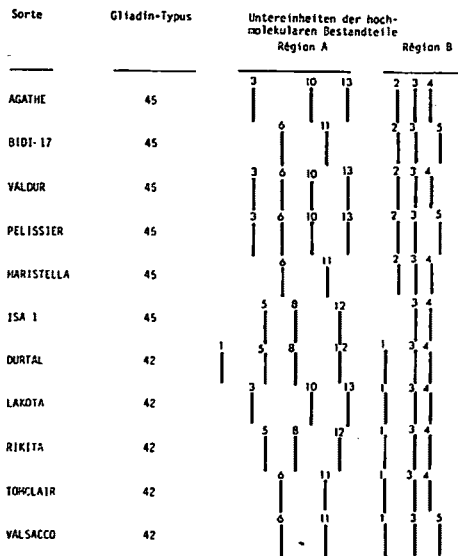


Abb. 5: Schema der Elektrophorese-Typen von Gluteninen aus Durumweizensorten

(die zuletzt genannte besitzt die Gliadinbande 45).

- Die 5 Sorten, in deren Diagrammen die Bestandteile A₃ und A₆ zusammen vorkommen (was gewöhnlich nicht der Fall ist), haben dagegen ausgezeichnete Kochpotentiale. Es handelt sich um Blondur, Valdur, Diabolo, Pélissier und DF 1974.

Insgesamt sind also keine engen Beziehungen zwischen den Haupttypen (A 3–10–13 und A 6–11) der Diagramme im Gluteninbereich A und den viscoelastischen Eigenschaften des koagulierten Glutens festzustellen, im Gegensatz zu den Beobachtungen bei den ω- und γ-Gliadinen. Immerhin zeichnet sich jedoch für einige weniger häufige Typen eine Verbindung zu guten oder schlechten Kochpotentialen ab. Es ist interessant, daß mehrere Sorten, die bezüglich der Relation zwischen dem Vorkommen der Gliadinbande 45 und gutem Kochpotential eine Ausnahme machen, hier in die Gruppen mit ungünstigen Kocheigenschaften fallen.

b) Gluteninbereich B

- 21 Sorten können dem Typ B 1–3–4 zugerechnet werden. Alle besitzen Werte unter 1,2 mm für die absolute elastische Erholung des koagulierten Glutens. Alle weisen die Gliadinbande 42 auf.
- 24 Sorten können den Typen B 2–3–4 oder B 2–3–5 zugerechnet werden, 22 davon besitzen Erholungswerte über 1,2 mm, die beiden anderen solche zwischen 1,0 und 1,2 mm. Alle weisen die Gliadinbande 45 auf.
- 15 Sorten können dem Typ B 1–3–5 zugerechnet werden. Davon besitzen 8 gute und 7 mittlere bis mäßige Kochpotentiale.

Mit dem Vorbehalt, daß die tatsächliche Identität der Komponenten von anscheinend gleicher elektrophoretischer Mobilität noch nicht erwiesen ist, beobachtet man also im Gluteninbereich B eine Beziehung, die der zu den Gliadinbanden 45 und 42 entspricht. Eine eingehendere Prüfung zeigt:

- Der Bestandteil B₂ steht in Beziehung zu guten Kochpotentialen und außerdem zum Gliadintyp 45, während der Bestandteil B₁ eher mit niedrigen Kochpotentialen und dem Gliadintyp 42 in Verbindung zu bringen ist.

- Ebenso wie die Typen A 3–10–13 und A 6–11 lassen die Bestandteile B₄ und B₅ keinen Zusammenhang mit den Kocheigenschaften der Sorten erkennen. In der Gesamtheit der Sortendiagramme ist übrigens eine bevorzugte Verknüpfung des Vorkommens des Bestandteiles B₄ mit dem Typ A 3–10–13 und des Bestandteiles B₅ mit dem Typ A 6–11 zu beobachten.

Diese unterschiedlichen Ergebnisse können mit der Natur der Bestandteile im Bereich B erklärt werden. Nach Diagrammen von Jeanjean u. a. (14) enthalten B₃, B₄ und B₅ keine ethanollöslichen Anteile, sind also typische Glutenine, während B₁ und B₂, obwohl sie auch zur Kategorie der „Untereinheiten von hohem Molekulargewicht“ gehören, sicher Gliadine darstellen. Versuche zur Fraktionierung und Reinigung der Gliadine (15) haben übrigens eine Analogie zwischen 1'ω-Gliadin 35 (in den Sorten des Gliadintyps 45) und dem Bestandteil B₂ ergeben. Aus der Arbeit von Wasik und Bushuk (13) ist weiterhin abzuleiten, daß die mit der Qualität in Zusammenhang zu bringenden Untereinheiten Nr. 5 und 6 des Glutenins aus Durumweizen mittlere Molekulargewichte besitzen und somit in einer Gliadinzone auftreten könnten.

Diese Befunde sind wie folgt zusammenzufassen: Die Prüfung des B-Bereiches bestätigt insgesamt die Sortenklassifizierung auf der Basis der Gliadinbanden 42 und 45. Die Diagramme der Proteine mit den höchsten Molekulargewichten (Bereich A) erlauben es darüber hinaus, neue intervarietale Zusammenhänge gegenüber den einfachen Gliadinelektrophogrammen aufzudecken. Beide Techniken ergänzen sich demnach, da bestimmte Glutenindiagramme die Ausnahmen hinsichtlich der Beziehung zwischen den Gliadinbanden 42 oder 45 und dem Kochpotential zu erklären vermögen.

4. Schlußfolgerungen

Gegenstand dieser umfangreichen Versuche war die Erforschung einer biochemischen Verbindung zu unterschiedlichen technologischen Qualitäten, die sich eventuell zur züchterischen Selektion ausnützen ließe.

Unter den geprüften Proteinbestandteilen zeigen die Gliadine 42 und 45 die engste Beziehung zum Teigwaren-Kochpotential.

Die Anwendung der Elektrophorese auf Polyacrylamidgel erscheint deshalb als einfaches und wirkungsvolles Instrument für den Züchter, das es ermöglicht, Durumweizenlinien mit gutem Kochpotential zu erkennen. Zu diesem Zweck – und ohne die Qualitätsfaktoren Farbe und Proteingehalt zu vernachlässigen – schlagen wir das folgende Selektionsschema vor:

- Sortieren ab der F₃-Generation (oder von F₂ an, mit halben Körnern) nach Vorhandensein der Gliadinbande 45;
- Sortieren ab F₃ (bei Linien, die die Gliadinbande 45 aufweisen) nach einer hohen elastischen Erholung des koagulierten Glutens (über 1,5 mm);
- nach Erreichen des Zuchtzieles Bestätigung der Kocheigenschaften der Sorten durch Kochversuche (Mikroversuch; halbindustrielle Versuche) und Beurteilung der Schwankungen dieses Qualitätsmerkmals in Abhängigkeit von den Anbau- und Aufwuchsbedingungen.

Die Klassifizierung, die sich auf die Gliadine stützt, wird durch die Analyse der hochmolekularen Proteine im Bereich B (Molekulargewichte 62 000–70 000) bestätigt. Zwischen diesen Komponenten und den Gliadintypen 42 oder 45 besteht eine Beziehung.

Dagegen überrascht die Beobachtung, daß die Gegenwart verschiedener Untereinheiten von Gluteninen mit den höchsten Molekulargewichten im Bereich A (85 000–110 000) anscheinend im allgemeinen nicht mit dem genetisch bedingten Kochpotential in Verbindung steht.

Dennoch zeigt die Tatsache, daß bestimmte Ausnahmetypen nur bei den im Kochpotential sehr guten oder sehr schlechten Genotypen anzutreffen sind, die Nützlichkeit der Auswertung von SDS-Elektrophogrammen der reduzierten Proteine:

- für den Züchter im Fall der Kreuzungsabstammung, wo nach Payne et al. (7) die Untereinheit Glutenin 1 zur Selektion nach Backfähigkeit von Weichweizen herangezogen werden kann,
- in der Forschung, um bestimmte Anomalien zu erklären, die in der Beziehung zwischen dem Gliadintyp und den viscoelastischen Eigenschaften des koagulierten Glutens zu beobachten waren, und ganz allgemein, um für die biochemischen Grundlagen der Kochqualität ein besseres Verständnis zu erlangen.

Man hat oft Zusammenhänge des Kochpotentials eines Durumweizens mit seinem Proteingehalt und der Proteinqualität angenommen, wobei die Proteinmenge weitgehend von Umweltfaktoren beeinflusst wird, die Qualität dagegen erblich ist. Können wir aber den Begriff „Proteinqualität“ schon richtig verstehen und interpretieren? Wir meinen, nein.

Es ist zwar gelungen, eine gewisse Anzahl von elektrophoretisch erfaßbaren und mit der Qualität in Verbindung stehenden Bestandteilen nachzuweisen und diese Erkenntnisse jetzt schon bei der Heranzüchtung von Sorten zu nutzen. Aber Einsichten in die Natur des Zusammenhangs zwischen den Proteinbanden in den Elektrophogrammen und den technologischen Qualitätsmerkmalen fehlen noch. Handelt es sich um eine funktionale Beziehung oder nur um ein einfaches genetisches Unterscheidungsmerkmal?

Andererseits, wenn „Proteinqualität“ die Fähigkeit zur Bildung unlöslicher Aggregate und viscoelastischer Komplexe im Verlauf der technologischen Prozesse bedeutet, dann ist die Elektrophorese der aus dem Korn extrahierten Proteine vielleicht gar nicht das beste Verfahren zur Identifizierung der funktional bedeutsamen Untereinheiten. Nach unserer Ansicht sollten dann die Proteinfractionierungen vielmehr einem dynamischen Konzept entsprechend vollzogen werden:

- in verschiedenen Verarbeitungsabschnitten
- im Verlauf thermischer Behandlungen
- nach Extraktion mit steigenden Mengen an Reduktionsmitteln oder an Stoffen, die hydrophobe Bindungen lösen (Seifen).

Schließlich ist zu bemerken, daß die Einschätzung der Kocheigenschaften seit langem und mit Erfolg aufgrund rheologischer Prüfungen vorgenommen worden ist. Nun aber gibt es

neue Genotypen, bei denen unserer Ansicht nach die physikalischen Merkmale der gekochten Teigwaren (Klebung, Oberflächenverquellung) nicht mehr mit den rheologischen Befunden übereinstimmen, sondern als voneinander unabhängig anzusehen sind. Die Aspekte der Oberflächenbeschaffenheit gekochter Teigwaren könnten zudem mit anderen Molekularbereichen der Proteine in Verbindung stehen als denen, die hier abgehandelt worden sind. Hier setzen unsere weiteren Untersuchungen an.

5. Zusammenfassung

Um Beziehungen zwischen technologischen Qualitätsmerkmalen von Durumweizen und biochemischen Gegebenheiten aufzuklären, wurden hier Zusammenhänge (oder Parallelen) zwischen dem Teigwaren-Kochpotential und genetisch bedingten Proteinmerkmalen untersucht. Über die positiven Ergebnisse mit dem Viscoelastizitätstest koagulierter Glutenkörperchen und mit der Auswertung von PAG-Elektrophogrammen der Gliadine sowie reduzierter Glutenine wird berichtet. Die Anwendung als Selektionstest in frühen Züchtungsstadien wird erläutert.

Literatur

- Damidaux, R., u. P. Feillet: Relation entre les propriétés viscoélastiques du gluten cuit, la teneur en protéines et la qualité culinaire des blés durs (*T. durum*). — *Ann. Technol. agric.* **28** (1978) **4**, S. 799–808
- Feillet, P.: Wheat proteins: evaluation and measurements of wheat quality. In "Cereals for food and beverages". — *Acad. Press* (1980) S. 183–200
- Alause, J.: Description d'un petit sasseur de laboratoire. — *Bull. E.F.M.* **241** (1971) S. 36–40
- Damidaux, R.: Nouveaux critères de sélection pour l'amélioration de la qualité culinaire du blé dur: propriétés viscoélastiques du gluten et électrophorogramme des gliadines. — Thèse Docteur-Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc (1979) 72 S.
- Feillet, P., J. Abecassis u. R. Alary: Description d'un nouvel appareil pour mesurer les propriétés viscoélastiques des produits céréaliers. Application à l'appréciation de la qualité du gluten, des pâtes alimentaires et du riz. — *Bull. E.N.S.M.I.C.* **278** (1977) S. 97–101
- Bushuk, W., u. R. R. Zillman: Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. 1. Apparatus, method and nomenclature. — *Can. J. Plant Sci.* **58** (1978) S. 505–515
- Payne, P. I., K. G. Cornfield u. J. A. Blackman: Identification of a high molecular weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-making quality in wheats of related pedigree. — *Theor. Appl. Genet.* **55** (1979) S. 153–159
- Feillet, P.: Evaluation de la qualité culinaire intrinsèque des variétés de blés durs (*Triticum durum*) par examen des électrophorogrammes des gliadines et par mesure des propriétés viscoélastiques du gluten. — *C. R. Symp. Int. «Matières premières et pâtes alimentaires»*. Rome (1980) S. 77–92
- Damidaux, R., J. C. Autran u. P. Feillet: Gliadin electrophoregrams and measurements of gluten viscoelasticity in durum wheats. — *Cereal Foods World* **25** (1980) **12**, S. 754–756
- Autran, J. C., W. Bushuk, C. W. Wrigley u. R. R. Zillman: Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. 4. International comparison of electrophoretic methods. — *Cereal Foods World* **24** (1979) **9**, S. 471–475
- Damidaux, R., J. C. Autran, P. Grignac u. P. Feillet: Mise en évidence de relations applicables en sélection entre l'électrophorogramme des gliadines et les propriétés viscoélastiques du gluten de *Triticum durum* Desf. — *C. R. Acad. Sc.* **287** (1978) S. 701–704
- Bietz, J. A., K. W. Shepherd u. J. S. Wall: Single-kernel analysis of glutenin: use in wheat genetics and breeding. — *Cereal Chem.* **52** (1975) S. 513–532
- Wasik, R. J., u. W. Bushuk: Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis of reduced glutenin of durum wheats of different spaghetti-making quality. — *Cereal Chem.* **52** (1975) S. 328–334
- Jeanjean, M. F., R. Damidaux u. P. Feillet: Effect on heat treatment of protein solubility and viscoelastic properties of wheat gluten. — *Cereal Chem.* **57** (1980) **5**, S. 325–331
- Autran, J. C.: (1980) (unveröffentlicht)

Anschrift der Verfasser: Dr. J. C. Autran, R. Damidaux und M. F. Jeanjean, Institute National de la Recherche Agronomique, 9, Place Viala, F-34060 Montpellier Cedex

Überwachung von Trocknungsanlagen

K. Ernst, Bad Bevensen

1. Einleitung

Die Überwachung von Trocknungsanlagen ist durch die Verhältnisse immer wichtiger geworden. Sie erstreckt sich nicht nur auf den Brenner und auf die Luft-, Wasser- und Getreidetemperatur wie in alten Zeiten in althergebrachter Weise. Von größerer Bedeutung ist heute die Wirtschaftlichkeit und die Gleichmäßigkeit des Austrags bezogen auf den Feuchtesollwert.

Trockner gibt es in verschiedenen Arten: vertikale, horizontale und schräge. Je nach Art der Führung der Trocknungsgase unterscheidet man zwischen Gleichstrom-, Gegenstrom- und Querstromtrocknern. Am gebräuchlichsten bei Vertikaltrocknern ist die Querstromführung; bei Horizontaltrocknern ist auch Gegenstromführung der Luft üblich.

Wichtig für den Verwender ist die Trocknungsfähigkeit und die Leistungsangabe. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wird die Trocknungsfähigkeit bezogen auf die stündliche Leistung beim Heruntertrocknen von 20 auf 16% Eigenfeuchte des Getreides. Die Leistungsangabe kann also definiert werden als eine Kennzahl, die sich aus der zu trocknenden Getreidemenge pro Stunde über der Eigenfeuchtedifferenz zwischen Ein- und Austrag ergibt. 4% Feuchtigkeitsentzug bei einer Leistung von 5 t/Std. ergibt die Kennzahl 20. Vorausgesetzt ist eine konstante Temperatur zur Trocknung und konstante Lufttemperatur (Luft Eintrittstemperatur). Die Leistungsbe-

grenzung des Trockners ist konstruktiv gegeben durch die Abmessungen, die Luftführung und die maximal zulässige Temperatur der trocknenden Luft sowie durch die maximale Durchlaufgeschwindigkeit, die durch Trocknerkonstruktion und nachfolgende Abtransportorgane begrenzt ist.

Andererseits liegt die Grenze bei der maximal zulässigen Verweilzeit ohne Schädigung des Kornes. Es ist nicht sinnvoll, Getreide in einer Partie um mehr als 4% herunterzutrocknen, da der Wirkungsgrad des Trockners erheblich absinkt. Heute ist es vielfach üblich, höhere Trocknungstemperaturen zu verwenden, um zu größeren Leistungen zu gelangen. Dadurch erhält man leicht Körner, die außen ca. 14% und innen ca. 18% Eigenfeuchte haben. Die Folge ist Schmachtkorn, wenn die Eingangsfeuchte zu groß war.

In nur ca. 60% aller Fälle wird die volle Fähigkeit, von 20 auf 16% herunterzutrocknen, benötigt. Daher ist eine angepaßte Einstellung an die Eigenfeuchte, von Temperatur, Durchlauf und Takt-Pausen-Einstellung unbedingt erforderlich.

Bei manueller Kontrolle erfolgt die Beobachtung im Durchschnitt einmal innerhalb 1–1½ Stunde, d. h. daß die Trocknung nicht homogen genug erfolgen kann. Eigenfeuchteschwankungen im Austrag zwischen 12,5 und 18% sind dann keine Seltenheit, wenn am Einlauf der Wassergehalt des Getreides zwischen

16,5 und 22% schwankt. Dies bedeutet unnötige Kosten, Mehraufwand an Arbeitszeit, Maschinenzeit und Energie sowie nasse Nester in der Lagerzelle.

Diese nassen Nester werden oft nach 3 Wochen und mehr nicht entdeckt. Die Temperaturfortpflanzung im Getreide beträgt für die ersten 10 cm ca. 3 Tage. Um im ungünstigsten Fall eine Meldung an einer Temperaturmeßstelle im Abstand von 3,50 m zu erhalten, reicht oft ein Monat nicht aus. Darum ist die richtige automatische Trocknungskontrolle immer erforderlich, wenn wirtschaftlich gearbeitet werden soll. Wirtschaftliches Arbeiten erzielt man, indem man

- das Getreide vor der Trocknung automatisch und ständig über eine kontinuierliche Feuchtemessung sortiert. 3 Bereiche sind empfehlenswert:
 - = kleiner als ca. 16% Eigenfeuchte (ohne Trocknung)
 - = ca. 16–20% Eigenfeuchte (1 × trocknen)
 - = größer als ca. 20% Eigenfeuchte (mind. 2 × trocknen)

Diese Bereiche haben sich als zweckmäßig erwiesen, können aber entsprechend den örtlichen Verhältnissen etwas variieren. Diese Vorsortierung entlastet den Trockner in normalen Jahren um ca. 15–20% und gewährleistet beim Trocknen auch eine bessere Ausnutzung des Trockners.

L 1943 EX

Organ der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V. Detmold

Getreide Mehl und Brot

36. Jahrgang – Heft 2 – Februar 1982

Rheinisch-Westfälischer Bäcker-Verlag GmbH - 4630 Bochum