

ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN DEN FÜR DIE BLAUFLECKIGKEIT DER KARTOFFELKNOLLE VERANTWORTLICHEN INHALTSSTOFFEN

KLAUS SCHALLER & ANTON AMBERGER

(München-Weihenstephan)

ABSTRACT

Relationships between 'black spot' of potatoes and several constituents of the tuber. With a factorial analysis and a multiple regression analysis could be shown that from 56 investigated constituents of the potato tuber only the dry matter content, aminobutyric acid, lysine, isochlorogenic acid, and potassium and calcium content influence the appearance of 'black spots'. A causal explanation of the 'black spot' phenomenon at present is not possible. Further investigations are necessary.

In einer vorangegangenen Mitteilung (5) wurde bereits auf den Komplex 'Blaufleckigkeit' der Knollen eingegangen. Auf Grund der dort referierten Literaturangaben kann die Blaufleckigkeit dem 'Schwarzkothen' der Kartoffel gleichgesetzt werden. In beiden Fällen soll die in den Knollen vorhandene Chlorogensäure mit Fe^{+++} -Ionen einen blau-schwarzen Komplex bilden. Daneben sind aber auch enzymatische Vorgänge mit beteiligt, z.B. die Oxydation von pflanzeigenen Phenolen.

Ziel der vorliegenden Arbeit soll sein, aus einer großen Zahl von Analyse- daten der Inhaltsstoffe mehrerer Kartoffelsorten mittels mathematisch-statistischer Verfahren Beziehungen zur Blaufleckigkeit herzustellen.

1. MATERIAL UND METHODEN

Versuchsaufbau, Probenahme und Aufbereitung wurden bereits an anderer Stelle beschrieben (1).

Die mathematisch-statistische Verfahrensweise entspricht in vollem Umfang der vorangegangenen Mitteilung in dieser Zeitschrift über den Komplex 'Rohverfärbung' (5).

2. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Der schon genannte blau-schwarze Komplex zwischen Chlorogensäure und Fe^{+++} -Ionen kann durch Citronensäure entfärbt werden (3,4). Da der Citronensäuregehalt der Kartoffel durch Kalidüngung erhöht werden kann, wird
Qual. Plant. – Pl. Fds. hum. Nutr. XXIV, 1/2 : 191–198, 1974

auf diese Weise die Blaufleckigkeit abgeschwächt.

Die Tab. 1 bestätigt diese Aussage, denn zwischen dem Kalium- und dem Citronensäuregehalt der Kartoffelknolle besteht eine positive Korrelation von $r = +0.700$. Fast gleich eng korreliert sind auch Phosphat- und Citronensäuregehalt mit $r = +0.610$ und noch mehr Kalium und Phosphat mit $r = +0.762$.

Auffallend ist ferner die gute Korrelation zwischen K- und Fe-Gehalt der Knolle mit $r = +0.763$. Mit verstärkter K-Aufnahme ist also auch mehr Fe in der Knolle zu finden. Damit kann aber die Ursache der Blaufleckigkeit über eine Ausschaltung des Eisen-Chlorogensäurekomplexes wiederum nicht vollständig geklärt werden.

Tab. 1. Einzelkorrelation zwischen Kartoffelinhaltsstoffen

	1	2	3	4	5	6 ⁺⁾
1 K	1.00	0.762	0.763	-0.351	0.700	-0.527
2 P		1.00	0.661	-0.125	0.610	-0.260
3 Fe			1.00	-0.205	0.393	-0.375
4 Ca				1.00	-0.167	0.225
5 Citronensäure					1.00	-0.454
6 γ -Aminobuttersäure						1.00

+) Die Ziffern 1–6 entsprechen den damit gekennzeichneten Inhaltsstoffen

Beachtung verdient auch die negative Abhängigkeit von K und Ca mit $r = -0.351$. Alle genannten Korrelationskoeffizienten, mit Ausnahme des letzteren, sind auf dem 0,1%-Niveau sicherbar. Die von Zehler (9) gefundenen negativen Zusammenhänge zwischen dem Gehalt der Knolle an Kalium und freiem Tyrosin bzw. Chlorogensäure konnten nicht bestätigt werden.

Aus der Faktorenanalyse (Tab. 2) ist zu ersehen, daß die Blaufleckigkeit in Faktor II und III Ladungen von 3 bzw. 2% aufweist; diese Gruppen beinhalten im wesentlichen die gesamten Mineralstoffe, die Trockensubstanz und einige Aminosäuren. Im Faktor XI aber beträgt die Ladung der Blaufleckigkeit 63%; mit ihr zusammen stehen (wenn auch mit geringen Ladungen): Eisen, Trockensubstanz und die Aminosäuren Arginin, Lysin, Valin und Serin.

Auf Grund der in der Faktorenanalyse gefundenen Zusammenhänge wurde eine multiple Regressionsanalyse zur Erklärung der Blaufleckigkeit durchgeführt (Abb. 1).

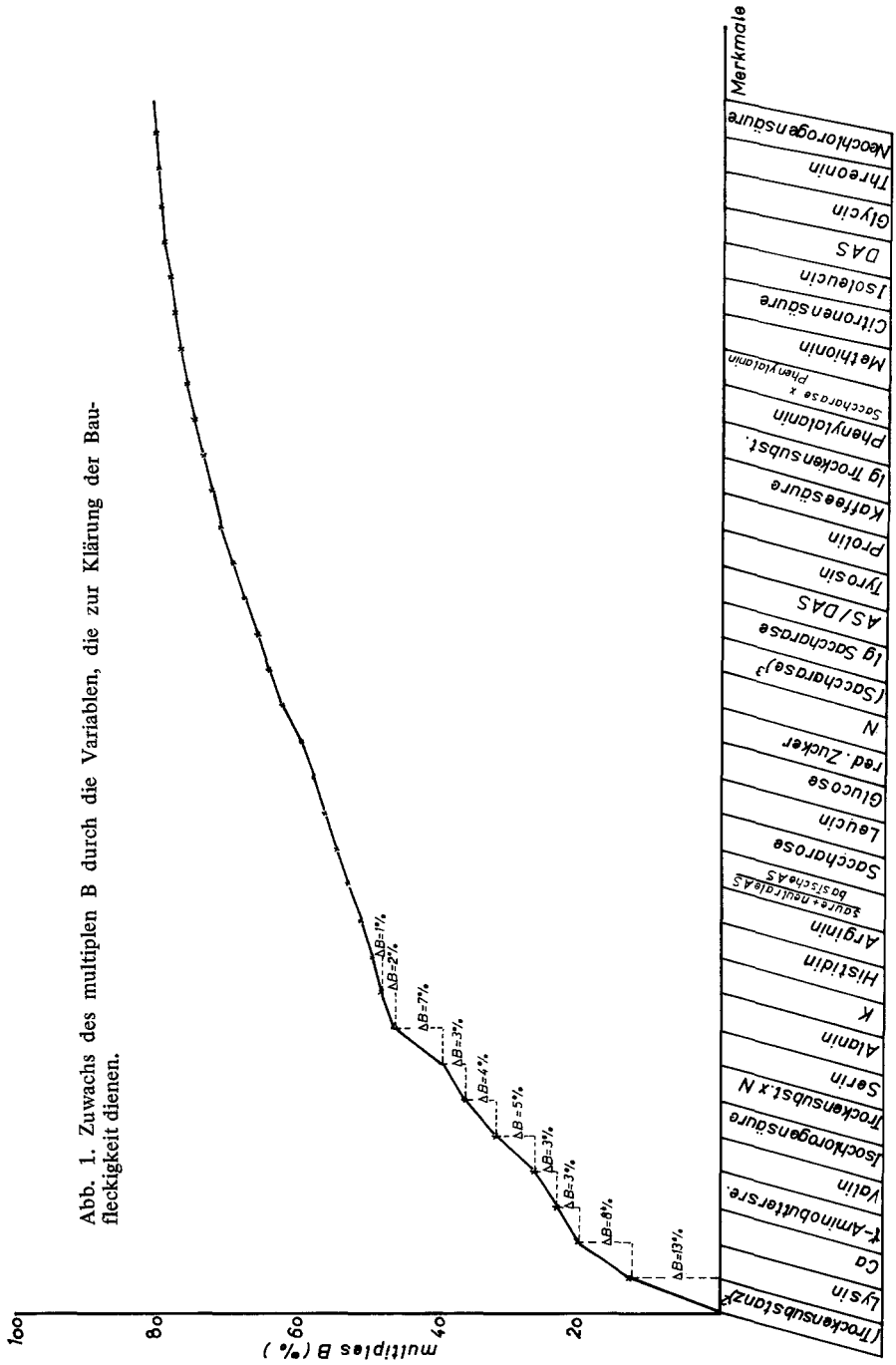


Abb. 1. Zuwachs des multiplen B durch die Variablen, die zur Klärung der Bau-
flektigkeit dienen.

Tabelle 2. Faktorenanalyse

Merkmal	Faktoren																				Kommu- nitäten
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	
TS	-35	-7	-	10	-	-	7	-	5	-3	5	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	94
Pfeifsaft-pH	9	10	-	15	-	3	-3	-3	-	-	-	2	-	4	3	-	-	-	-	-	89
Glucose	7	-	-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81	3	-	-	-	-	100
Fructose	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	100
Saccharose	10	-	-	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	90
red. Zucker	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	54
Saccharase	-3	-2	-	-2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	12	56	-	-	-	-	85
Ges. Aminosn.	82	-	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
s. + n. AS	79	-	3	-	-	5	-	-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
bas. AS	75	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	6	-3	-	-	-	-	100
Verhältnis	-18	-	-	-	-	-	-	-	-61	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93
Asparaginsre.	20	-	-5	-	-	4	48	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	90
Glutaminsre.	8	-	2	-	-	-	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95
Threonin	56	8	5	-	-	-	-	-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97
Serin	64	-	4	-	-	-	-	6	-3	-2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
Prolin	20	-	-	7	-	-	2	-	-	-	-	4	-	-	48	-	-	-	-	12	99
Glycin	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82
Alanin	26	-3	5	-	-	2	5	-	-	-	-8	-5	4	-	-5	-3	-	-	-	-	87
Valin	75	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98
Methionin	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2	-	-	-6	-	-	-	-	-	-	87
Isoleucin	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	-	-	100
Leucin	65	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	100
Phenylalanin	68	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-5	-	-	-	8	-	-	-	-	-	95
Tyrosin	62	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-2	-	-	6	-	-	-	-	2	93
γ-ABA	30	13	-	-	-	-	5	-2	2	-	-	29	-	-	5	-	-	-	-	-	93

Das erste aufgenommene Glied ist die ins Quadrat erhobene Trockensubstanz (multiples $B = 12,58\%$); der Koeffizient ist negativ, d.h. mit abnehmendem Trockensubstanzgehalt ist eine Zunahme der Blaufleckigkeit verbunden. Das widerspricht der bisher üblichen Meinung, wonach hohe Trockensubstanzgehalte eine größere Neigung der Knollen zur Blaufleckigkeit zur Folge haben. Unsere Ergebnisse lassen sich aber insofern recht gut erklären, als Knollen mit niedrigen Trockensubstanzgehalten mehr Wasser enthalten und es durch Druckanwendung – auf Grund der Inkompressibilität des Wassers – leichter zu Zerreißen der Zellen bzw. Zellverbände kommt.

Aehnlich muß die Stellung des Calciums in dieser Gleichung gewertet werden, das ebenfalls negativ zur Zielgröße korreliert ist. Da es in den pflanzlichen Geweben sehr häufig als Calciumpektinat vorliegt und für die Stabilität der Zellwände mit verantwortlich ist, könnte seine Bedeutung hinsichtlich der Blaufleckigkeit so interpretiert werden, daß geringere Calciumanteile in den Knollen einer geringeren Festigkeit der Zellwände entsprechen und es daher bei starken Belastungen von außen (Druck, Stoß) zu Zerreißen kommt. Auch die γ -Aminobuttersäure ist als unabhängige Variable positiv zur Zielgröße korreliert. Da aber eine negative Korrelation zum Citronensäuregehalt der Kartoffelknolle besteht (Tab. 1) und dieses Verhältnis nach Herrmann und Rahts (2) einen Hinweis auf den Verlauf der Atmung der Knolle geben soll – anaerobe Atmung soll zu einer Anreicherung von γ -Aminobuttersäure, aerobe zu Anhäufung von Citronensäure führen – muß der γ -Aminobuttersäure entsprechend der Stellung in der Regressionsgleichung ein höherer Aussagewert für die Blaufleckigkeit zukommen als der Citronensäure.

Diese Zusammenhänge werden unseres Erachtens durch Beobachtungen aus der Praxis gestützt, wonach die Blaufleckigkeit in Boxenlagern bei tiefen Lagertemperaturen auftritt (anaerobe Verhältnisse!), aber vermieden werden kann, wenn das Lager längere Zeit belüftet und erwärmt wird (aerobe Verhältnisse), bevor Transportbewegungen der Kartoffel stattfinden. Die negative Korrelation der Isochlorogensäure zur Blaufleckigkeit deutet darauf hin, daß auch eine Komplexierung mit Fe^{+++} -Ionen stattfinden kann, die von einigen Autoren angenommen wird. (6, 7, 8).

Von den in die Regressionsgleichung aufgenommenen Aminosäuren korreliert das Phenylalanin negativ mit der Blaufleckigkeit.

Es wird bekanntlich durch die Phenylalaninammoniumlyase (PAL) in den Stoffwechsel der phenolischen Pflanzeninhaltsstoffe eingeschleußt; bei einer Abnahme des freien Phenylalanins könnten vermehrt phenolische Inhaltsstoffe entstehen, wie Zimtsäure, Kaffeesäure, Chlorogensäure usw., die ihrerseits mit der Blaufleckigkeit in engem Zusammenhang stehen.

Schließlich besteht noch eine positive Korrelation der Saccharaseaktivität

zur Zielgröße. Es wäre durchaus denkbar, daß die durch die Saccharase entstehenden Monosaccharide, vor allem die ebenfalls zur Blaufleckigkeit positiv korrelierte Glucose, über den Shikimisäureweg in phenolische Inhaltsstoffe umgewandelt werden. Mit Hilfe der multiplen Regressionsgleichung kann unter Einbeziehung von 56 Einflußgrößen der Komplex Blaufleckigkeit recht gut erklärt werden (Abb. 2).

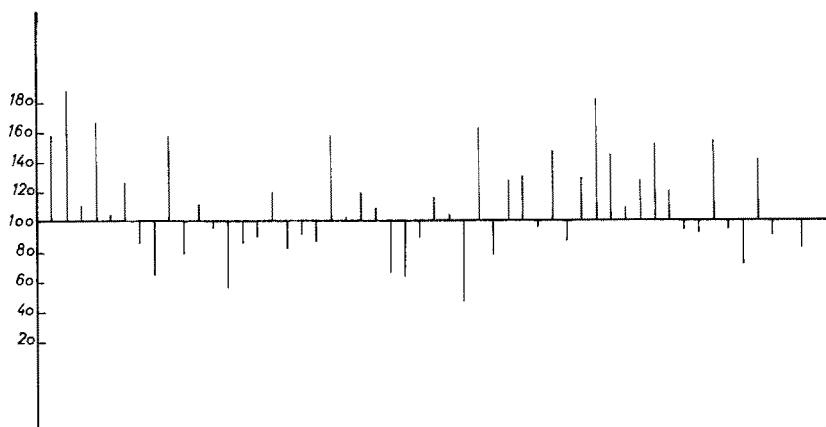


Abb. 2. Vergleich der errechneten Bonituren mit den visuell ermittelten Werten (= 100).

Für eine schnelle Erkennung allerdings, inwieweit verschiedene Kartoffelsorten zur Blaufleckigkeit neigen, wäre aber die Bestimmung von 56 Inhaltsstoffen zu umständlich. Würden aber nur leicht zu bestimmende Größen, wie Trockensubstanz und Ca-Gehalt herangezogen werden, wäre die zu erwartende Information zu gering und eine kausale Erklärung nicht möglich. Mit dieser Regressionsgleichung ist somit ein Weg aufgezeigt, den Komplex Blaufleckigkeit in Einzelfaktoren aufzugliedern.

Möglicherweise liefert auch die Bestimmung von Produkten des 'Sekundärstoffwechsels' bessere Ergebnisse mit derselben Gleichung.

3. ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Faktorenanalyse nach der Hauptachsenmethode und der aufbauenden multiplen Regressionsanalyse, unter Einbeziehung von 56 Einflußgrößen, konnte gezeigt werden, daß die Blaufleckigkeit von Kartoffelknollen im wesentlichen vom Gehalt an Trockensubstanz, γ -Aminobuttersäure, Lysin, Isochlorogensäure und den Mineralstoffen Ca und K abhängt. Eine kausale Erklärung des gesamten Komplexes Blaufleckigkeit ist allerdings zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht möglich.

RÉSUMÉ

Relations entre la 'tâche noire' des pommes de terre et divers constituants du tubercule.

L'analyse factorielle, l'analyse de la régression multiple ont pu démontrer que sur 56 constituants déterminés dans le tubercule de pomme de terre seuls l'acide aminobutyrique, la lysine, l'acide isochlorogénique, le taux de potassium et de calcium agissent sur la formation de la 'tâche noire'.

Une explication causale du phénomène 'tâche noire' n'est pas encore possible pour l'instant. De nouvelles recherches sont nécessaires.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Amberger, A. & Schaller, K. (1973). Wertgebende Inhaltsstoffe verschiedener Kartoffelsorten im Hinblick auf ihre Verarbeitung zu Edelerzeugnissen. II. Der Einfluß von Sorte und Standort auf die an der 'Maillard-Reaktion' beteiligten Inhaltsstoffe. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* 2: 107–111.
2. Herrmann, J. & Raths, J. (1958). Internationaler Kongreß für Biochemie vom 1.9.–6.9.1958, Wien, Referatenband S. 152.
3. Hughes, J.C. & Swain, T. (1962). After-cooking blackening in potatoes. I. *J. Sci. Fd. Agric.* 13: 224–229.
4. Hughes, J.C. & Swain, T. (1962). After-cooking blackening in potatoes. III. *J. Sci. Fd. Agric.* 13: 358–363.
5. Schaller, K. & Amberger, A. (1974). Zusammenhänge zwischen den für die Rohverfärbung der Kartoffelknolle verantwortlichen Inhaltsstoffen. *Qualit. Plant.* im Druck.
6. Vertregt, N. (1968). After-cooking discoloration of potatoes. *Europ. Potato J.* 11: 34–44.
7. Vertregt, N. (1968). De samenstelling van aardappelen in verband met het optreden van stootblauw. *Kali* 8: 255–258.
8. Zaag, van der, E. (1968). Blauverfärbung von Kartoffeln. *Kart. Wirt.* 21: 195.
9. Zehler, E. (1970). Kali – ein entscheidender Faktor zur Verminderung von Schwarzverfärbung in der Kartoffel. *Der Kartoffelbau* 21: 8–9.

Anschrift der Verfasser:

Professor Dr. A. Amberger
Institut für Pflanzenernährung
8050 Freising-Weißenstephan
B.R.D.

Dr. Klaus Schaller
Hess. Forschungsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau
6222 Geisenheim
B.R.D.