

# Chemie Mikrobiologie Technologie der Lebensmittel

**FOOD CHEMISTRY MICROBIOLOGY TECHNOLOGY  
CHIMIE MICROBIOLOGIE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE**

Wissenschaftlicher Beirat:

W. Baltes, Hamburg H.-D. Belitz, München H.-J. Bielig, Berlin J. F. Diehl, Karlsruhe W. Heimann, Karlsruhe  
R. Heiss, München K. Heyns, Hamburg W. G. Jennings, Davis/USA F. Korte, Bonn L. Kotter, München  
F. Krusen, Bonn J. M. de Man, Guelph/Canada H. J. Rehm, Münster H. Schildknecht, Heidelberg  
W. Schmidt-Lorenz, Zürich Th. Severin, München H. Suomalainen, Helsinki/Finnland H. Thaler, Braunschweig

Schriftleitung: F. Drawert W. Postel R. Tressl

SONDERDRUCK  
REPRINT  
TIRÈ A PART

**VERLAG HANS CARL D-8500 NÜRNBERG 1**

#### 4 Schlußbemerkung

Die Arbeiten werden bei den wichtigsten Fischarten gesondert fortgeführt, mit dem Ziel einer Charakterisierung von Frischegrad- und Güteklassen durch flüchtige Bestandteile.

In einer weiteren Veröffentlichung sollen die gaschromatographische Auftrennung der Aromakonzentrate und Fragen der Identifizierung der Peaks behandelt werden.

#### Literatur

- [1] Obata, Y., und Yamanishi, T., *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* 15, 551 (1950), 16, 361 (1951), 17, 10, 326 (1952).
- [2] Diemair, W., und Schrams, F., *Z. f. analyt. Chem.* 189, 161 (1962).
- [3] Wong, N. P., Damico, Y. N., und Salvin, H., *J. AOAC* 50, 8 (1967).
- [4] Wick, E. L., Underriner E., und Paneras, E., *J. Food Sci.* 32, 365 (1967).
- [5] Miwa, N., *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* 36, 8, 812 (1970).
- [6] Mc Lay, R., *J. Sci. Food Agr.* 18, 605 (1967).
- [7] Hughs, R. B., *J. Sci. Food Agr.* 15, 290 (1964).
- [8] Weuermann, G., *J. Agr. Sci. Food Chem.* 17, 370 (1969).
- [9] Hokanen, E., und Karvonen, P., *Acta Chem. Scand.* 17, 1357 (1967).
- [10] Reymond, D., Muiggler-Chavan, F., Vianti, R., Vuataz, L., und Egli, R., *J. Gas Chrom.* Januar 1966, 28–31.
- [11] Grasco, L., und de la Cruz, F., *J. Chrom. Sci.* 7, 228 (1969).
- [12] Johnson, F., *Food Manufacture* 1970, 45, 48–50, 52.
- [13] Forss, D., Jacobson, V., und Ramshaw, E., *J. Agric. Food Chem.* 15, 1104 (1967).
- [14] Winter, M., Polluy, E., Hinder, M., und Williams, B., *Helv. Chim. Acta* 45, 2186 (1962).
- [15] Liebich, H. M., Douglas, D., Bayer, E., und Zlatkis, A., *J. Chrom. Sci.* 8, 355 (1970).
- [16] Schormüller, J., und Kochmann, H. J., *Z. LUF.* 141, 1 (1969).
- [17] Walradt, J. P., Lindsay, R. C., und Libbey, L., *J. Agric. Food Chem.* 18, 926 (1970).
- [18] Pattée, H. E., Singleton, S. A., und Cobb, W. Y., *J. Food Sci.* 34, 625 (1969).
- [19] Libbey, L. M., Bills, D. L., und Day, E. A., *J. Food Sci.* 28, 329 (1963).
- [20] Flath, R. A., Black, D., Forrly, R., Mc Donald, G., Mon, T. R., und Teranishi, R., *J. Chrom. Sci.* 7, 508 (1969).
- [21] Liebich, H. M., König, W. A., und Bayer, E., *J. Chrom. Sci.* 8, 527 (1970).
- [22] Gottauf, M., *Z. f. Analyt. Chem.* 218, 175 (1966).
- [23] Tressl, R., Drawert, F., und Heimann, W., *Z. LUF* 142, 249 (1970).
- [24] von Sydow, E., Anderson, J., Anjou, K., und Karlsson, G., *LWT* 3, 11 (1970).
- [25] Dravnieks, A., und O'Donell, J., *J. Agric. Food Chem.* 19, 1049 (1971).
- [26] Schultz, T. H., und Mon, T. R., *J. Agric. Food Chem.* 19, 1060 (1971).
- [27] Heatherbell, D. A., Wrdstad, R. E., und Libbey, L. M., *J. Agric. Food Chem.* 19, 1069 (1971).
- [28] Jennings, W. G., Wohleb, R., und Lewis, M. J., *J. Food Sci.* 37, 69 (1972).
- [29] Tressl, R., und Jennings, W. G., *J. Agric. Food Chem.* 20, 189 (1972).
- [30] Honkanen, E., und Karvonen, P., *Acta Chem. Scand.* 20, 2626 (1966).
- [31] Timmer, R., ter Heide, R., de Valois, P., und Wobben, H., *J. Agric. Food Chem.* 19, 1066 (1971).
- [32] Keay, J. N., *J. Food Technol.* 3, 345 (1968).

Anschrift des Verfassers:

Dr. H. Trommsdorff, Bundesanstalt für Fischerei, Institut für Biochemie und Technologie  
2000 Hamburg 50, Palmaille 9

# Wertgebende Inhaltsstoffe verschiedener Kartoffelsorten im Hinblick auf ihre Verarbeitung zu Edelerzeugnissen

IV. Mitteilung

## Zusammenhänge zwischen den zur „Maillard-Reaktion“ befähigten Inhaltsstoffen

K. SCHALLER und A. AMBERGER

Institut für Pflanzenernährung an der Technischen Universität München-Weihenstephan

Direktor: Prof. Dr. A. Amberger

[Eingegangen am 14. 3. 1974]

**Zusammenfassung:** Mittels der Faktorenanalyse wurde der Versuch unternommen, die aus mehreren Untersuchungsserien gewonnenen Daten über den Gehalt an freien Aminosäuren und löslichen Zuckern verschiedener Kartoffelsorten miteinander in Beziehung zu bringen.

Innerhalb der Gruppe der Zucker und freien Aminosäuren sind alle Einzelkorrelationen auf 0,1%-Niveau zu sichern, mit Ausnahme der Glutaminsäure. Es konnte gezeigt werden, daß zwischen beiden Stoffgruppen sehr enge Verbindungen bestehen, für die sich stoffwechselphysiologische Erklärungen anbieten. Solche verlangen aber u. E. noch gezielte physiologische Untersuchungen, für die das vorliegende Datenmaterial Ansatzpunkte bieten kann.

**Summary:** An investigation was carried out with the factorial analysis to correlate the data of free amino acids and sugars in different potato varieties from several trials. Within the group of soluble sugars and free amino acids all correlations are significant on the 0.1% level, except glutamic acid. It is shown, that there are very close relations between soluble sugars and free amino acids, which could be explained on a physiological basis. For this purpose definite physiological experiments have to follow starting from these data.

**Composants décisifs de diverses variétés de pommes de terre en vue de leur transformation en produits sélectionnés**

### IV. Correlations entre les constituants aptes à la réaction de Maillard

**Résumé:** On a essayé de trouver, au moyen de l'analyse de facteurs une corrélation entre les dates obtenues de plusieurs séries de recherches concernant la teneur en acides aminés libres et en sucres solubles de différentes sortes des pommes de terre. Dans le groupe des sucres et des acides aminés libres toutes les corrélations sont assurées à l'exception de l'acide glutaminique. On a pu démontrer qu'entre les deux groupes des corrélations assez étroites existent. On peut les expliquer par la physiologie du métabolisme, ce qui demande d'autres recherches physiologiques plus approfondies, pour lesquelles les dates ci-dessus peuvent servir comme points de départ.

## 0 Einleitung

In der II. und III. Mitteilung [1, 4] wurde der Einfluß des Standortes bzw. der Lagertemperatur auf die an der „Maillard-Reaktion“ beteiligten Inhaltsstoffe in verschiedenen Kartoffelsorten dargestellt. Dabei konnte gezeigt werden, daß sowohl Standort und Sorte als auch die Lagertemperatur die für die technologische Weiterverarbeitung wichtigen direkt reduzierten Zucker und freien Aminosäuren in unterschiedlicher Weise beeinflussen.

Zwischen dem Kohlenhydrat- und Aminosäurestoffwechsel der Pflanze bestehen bekanntlich enge Beziehungen, insofern erstere das C-Skelett liefern.

In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, diese Zusammenhänge für die Kartoffelknolle herauszustellen.

Die Versuche und Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft Bad Godesberg gefördert, wofür an dieser Stelle besonders gedankt sei.

## 1 Material und Methoden

Die Untersuchungsmethodik wurde bereits unter [1] beschrieben.

Zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den untersuchten Inhaltsstoffen — lösliche Zucker und freie Aminosäuren — wurde die Faktorenanalyse nach der Hauptachsenmethode verwendet [3, 5]. Nach diesem Verfahren wird eine größere Anzahl abhängiger Merkmale auf eine kleine Anzahl unabhängiger, echter Einflußgrößen („Faktoren“) eingeengt. Auf diese Weise werden diejenigen Merkmale, die untereinander eng korrelieren, in Gruppen zusammengefaßt.

Die Berechnungen wurden zum Jahresende 1971 des Institutes für Plasmaphysik der TU München in Garching durchgeführt. \*

\* Für die Überlassung der Programme sei Herrn Priv.-Doz. Dr. Reiner vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der TU München an dieser Stelle besonders gedankt.

Tabelle 1 Einzelkorrelationen zwischen den zur „Maillard-Reaktion“ befähigten Inhaltsstoffen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18*
1 red. Zucker	1.00	.956	.980	.323	.405	.388	.067	.235	.288	.762	.487	.472	.561	.646	.521	.501	.398	.556
2 Glucose		1.00	.879	.227	.484	.324	.052	.159	.204	.649	.347	.397	.470	.506	.450	.392	.289	.427
3 Fructose			1.00	.373	.331	.413	.029	.275	.330	.801	.559	.501	.595	.710	.544	.551	.452	.616
4 Saccharose				1.00	.176	.209	.220	.245	.168	.499	.433	.149	.395	.600	.418	.390	.180	.315
5 Saccharase					1.00	.204	.050	.059	.045	.225	.137	.338	.270	.117	.093	.085	.037	.164
6 Asp						1.00	.680	.365	.280	.406	.487	.456	.513	.507	.442	.517	.218	.526
7 Glu							1.00	.337	.184	.054	.287	.266	.232	.187	.235	.335	.005	.239
8 Ser								1.00	.701	.340	.602	.642	.700	.576	.537	.722	.374	.598
9 Thr									1.00	.299	.643	.655	.661	.532	.575	.705	.664	.674
10 Pro										1.00	.588	.452	.589	.772	.545	.578	.493	.558
11 Arg											1.00	.603	.753	.825	.663	.792	.614	.727
12 Val												1.00	.898	.722	.549	.840	.544	.781
13 Ileu													1.00	.886	.701	.865	.561	.849
14 Leu														1.00	.706	.820	.572	.800
15 Lys															1.00	.711	.405	.705
16 His																1.00	.561	.797
17 $\gamma$ -ABA**																	1.00	.548
18 Phe																		1.00

\* Die Ziffern 1—18 entsprechen den mit den gleichen Zahlen gekennzeichneten Inhaltsstoffen

\*\*  $\gamma$ -Aminobuttersäure

## 2 Ergebnisse

Bevor auf die Ergebnisse der Faktorenanalyse eingegangen wird, sollen die Zusammenhänge zwischen den untersuchten Einzelkomponenten anhand der Einfachkorrelationen in einer Zweifachtafel dargestellt werden.

Die errechneten Beziehungen zeigen, daß — wie zu erwarten — die Monosaccharide untereinander in sehr enger Beziehung stehen; die Korrelationskoeffizienten von Glucose zu Fructose ( $r = +0,879$ ), Glucose zu direkt reduzierenden Zuckern ( $r = +0,956$ ), sowie Fructose zu direkt reduzierenden Zuckern ( $r = +0,980$ ) sind alle auf dem 0,1 %-Niveau signifikant. Gleiche Aussagen ergibt die Faktorenanalyse (Tab. 2).

Die insgesamt 28 Einzelmerkmale konnten dabei auf 20 Faktoren (Spalten I—XX) reduziert werden. In diesen Spalten finden sich die sogenannten Faktorenladungen, die als Korrelationskoeffizienten eines bestimmten Verursachungsfaktors mit dem betreffenden Merkmal anzusehen sind. Aus Gründen der Anschaulichkeit wurden die Korrelationskoeffizienten als Bestimmtheitsmaße ( $r^2 \times 100$ ) angegeben. Es wurden außerdem nur Faktorladungen über  $r = 0,15$  ( $B = 2\%$ ) aufgenommen. Demnach erscheint im Faktor XVIII die Saccharaseaktivität zusammen mit der Glucose bzw. im Faktor XVII mit den Zuckern.

Sehr aufschlußreich sind auch die Abhängigkeiten, die zwischen der Fructose und den freien Aminosäuren bestehen. Mit Ausnahme von Glutaminsäure, Serin und Threonin sind sämtliche Korrelationskoeffizienten positiv und auf dem 0,1 %-Niveau bedeutsam (Tab. 1). Dieser Sachverhalt wird auch durch die Faktorenanalyse verdeutlicht: im Faktor I, der sämtliche Aminosäuren mit sehr hohen Ladungen enthält, ist die Fructose mit einer Ladung von 17 % vertreten. Damit kann ein Zusammenhang zwischen freien Aminosäuren und der Fructose als gesichert angenommen werden.

Auffallend ist der hohe Korrelationskoeffizient zwischen Prolin und Fructose ( $r = +0,801$ ). Diese Beziehung kommt auch in der Faktorenanalyse zum Ausdruck, wo

nach im Faktor XVII Prolin und Fructose mit Ladungen von 47 und 81 % vereinigt sind.

Wie zu vermuten ist und durch die Korrelationskoeffizienten bestätigt wird, bestehen innerhalb der Gruppe der freien Aminosäuren sehr enge Beziehungen (fast durchweg auf dem 0,1 %-Niveau signifikant). Auffallenderweise existiert aber zwischen der Glutaminsäure und allen anderen Aminosäuren mit Ausnahme der Asparaginsäure keine Beziehung. Die Faktorenanalyse verdeutlicht diese Wechselbeziehungen im Bereich des Faktors I, in dem die Aminosäuren sehr hohe Ladungen tragen. Die Sonderstellung der Glutaminsäure kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß sie mit einer sehr hohen Ladung (76 %) im Faktor VII zusammen mit der Asparaginsäure (48 %) vertreten ist.

## 3 Diskussion

Aufgrund der großen Anzahl der gewonnenen Einzeldaten schien eine Interpretation der Ergebnisse in der herkömmlichen Weise schwierig und problematisch. Es wurde deshalb der Versuch unternommen, mittels der Faktorenanalyse mögliche Zusammenhänge zwischen den untersuchten Inhaltsstoffen aufzuzeigen.

Das in erster Linie interessierende Problem, inwieweit die Saccharaseaktivität mit der Anreicherung von direkt reduzierenden Zuckern gekoppelt ist, konnte auch durch die Faktorenanalyse nur z. T. geklärt werden. Die Ladungen für die Saccharaseaktivität und Fructose bzw. Glucose in den Faktoren XVIII und XVII (Tab. 2) deuten nur gewisse Zusammenhänge an, die auch durch den geringen Korrelationskoeffizienten von + 0,484 bzw. + 0,331 zum Ausdruck kommen (Tab. 1). Entsprechend den Ladungsverhältnissen sind aller Wahrscheinlichkeit nach wichtige Intermediärprodukte durch unsere Untersuchungen nicht erfaßt worden. Vielleicht hätte die Bestimmung des Saccharaseinhibitors [2] mehr Information geliefert. Somit können kausale Zusammenhänge zwischen dem Gehalt

Tabelle 2 Faktorenanalyse

Merkmal	Faktoren																			Kumula- tionen	
	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
Preßsaft-pH	9	10	—	15	—	—	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	12	56	—	—	85
Ges. Aminosäuren	82	—	2	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
s. + n. AS	79	—	3	—	—	5	—	—	-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
bas. AS	75	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	6	-3	—	—	100
Verhältnis *	-18	—	—	—	—	—	—	—	—	-61	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	93
Asparaginsäure	20	—	—	-5	—	4	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	90
Glutaminsäure	8	—	2	—	—	76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95
Threonin	56	8	5	—	—	—	—	—	-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97
Serin	64	—	4	—	—	—	—	—	6	-3	-2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	100
Prolin	20	—	—	—	7	—	—	2	—	—	—	—	4	—	—	—	48	—	—	—	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-Aminobuttersäure	30	13	—	—	—	—	—	5	-2	2	—	—	—	29	—	—	5	—	—	—	93
Lysin	45	—	—	—	—	—	—	—	—	2	-3	-5	—	-2	—	9	7	—	—	—	96
Histidin	77	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	99
Arginin	63	—	—	—	—	—	—	—	—	13	-3	—	—	—	—	—	6	-5	—	—	100
Einzel-%	32	10	9	7	5	4	4	3	2	3	2	3	2	1	2	1	0,5	0,5	0,7	0,3	
Kumulativ-%	32	42	51	58	63	67	71	74	76	79	81	84	86	87	89	90	90,5	91,0	91,7	92,0	

\* (s. + n. AS)/bas. AS

an direkt reduzierenden Zuckern und der Saccharaseaktivität nicht zwingend abgeleitet werden.

In einer früheren Arbeit [6] konnten wir einen deutlichen Einfluß von Fructose und Prolin auf die Ausbildung der Chipsfarbe feststellen. Die enge Beziehung zwischen beiden Inhaltsstoffen im Stoffwechsel der Knolle geht auch aus den sehr hohen Ladungen im Faktor XVII hervor (Tab. 2). Die Einzelkorrelation beträgt + 0,801 (Tab. 1), d. h. die Varianz des Prolingehaltes kann zu 65 % mit den Veränderungen des Fructosegehaltes erklärt werden.

Die durchgeführten Untersuchungen und Berechnungen erlauben zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht eine physiologische Deutung der errechneten Abhängigkeiten. Es kann also nicht ausgesagt werden, ob die Zunahme bestimmter Aminosäuren durch vermehrte Synthese aus verschiedenen Zuckerbausteinen oder aufgrund proteolytischer Vorgänge erfolgt ist. Eine beweiskräftige Erklärung hierfür vermögen nur gezielte stoffwechselphysiologische Untersuchungen zu

geben. Sicherlich laufen auch in der „ruhenden“ Knolle noch bisher wenig geklärte Vorgänge ab, die zu einer Anreicherung von Zuckern und Aminosäuren führen und somit die technologische Weiterverarbeitung beeinflussen können.

#### 4 Literatur

- [1] Amberger, A., und Schaller, K.: Z. Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 2, 107—111 (1973).
- [2] Pressey, R., und Shaw, R.: Plant Physiol. 41, 1657—1661 (1966).
- [3] Reiner, L.: Habilitationsschrift TU München 1971.
- [4] Schaller, K., und Amberger, A.: Z. Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 2, 144—147 (1973).
- [5] Uberla, K.: Faktorenanalyse, Springer Berlin, Heidelberg, New York (1968).
- [6] Wünsch, A., und Schaller, K.: Potato Res. 15, 12—23 (1972).

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. A. Amberger, Dr. K. Schaller, Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München D-8050 Freising-Weihenstephan

# Vergleich einer kolorimetrischen und titrimetrischen Zuckerbestimmung in Futtermitteln

W. KUHBAUCH und M. SCHMIDT

Institut für Grünlandlehre der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan  
[Eingegangen am 14. 5. 1974]

**Zusammenfassung:** An 10 verschiedenen Futtersubstanzen wurde ein Methodenvergleich zur Zuckerbestimmung mit einem kolorimetrischen und titrimetrischen Verfahren angestellt.

Über die gesamte Breite des Probenmaterials wurde mit beiden Methoden praktisch 100%ige Übereinstimmung erzielt. Die Streubreite der hier als Mikromethode gehandhabten Kolorimetrie ist zwar größer als nach Titration, hohe Zeitersparnis zusammen mit einer Nachweismöglichkeit bis in den Gammabereich mit einem Variationskoeffizienten von weniger als 3% lassen jedoch die Kolorimetrie für die Makroanalyse und im besonderen für den Mikronachweis empfehlen.

**Summary:** 10 different food substances were analysed comparatively with the aid of a colorimetric and titrimetric method sugar determination. Both methods lead to nearly complete corresponding results. The colorimetric procedure were handled as microanalysis. In this way the variance were higher than with titration. Even though the colorimetric carbohydrate estimation seems to be more preferable because it can be carried out with much saving of time and the possibility of sugar determination down to quantities of millionths of gram with a variation coefficient of minor than 3 per cent.

**Résumé:** Comparaison d'une détermination colorimétrique et titrimétrique dans les matières fourragères.

La comparaison de la détermination des sucres a été effectuée au moyen d'une méthode colorimétrique et titrimétrique en utilisant dix diverses matières fourragères. Les deux méthodes montrent exactement les mêmes résultats. La déviation relative de la colorimétrie utilisée comme micro-méthode est plus haute qu'après la limite de microgrammes (déviations économes de temps de même que la possibilité de l'identification jusqu'à la limite de microgrammes (déviations relatives de moins de 3%) recommandent l'application de la colorimétrie en ce qui concerne la macroanalyse et surtout quant à la micro-méthode.

## 0 Einleitung

Die Bedeutung der Kohlenhydrate für die Futtermittelkonservierung und Tierernährung macht diese zu einem häufig untersuchten Objekt in der landwirtschaftlichen Forschung.

Standardverfahren ist derzeit in Westdeutschland eine Vorschrift von *Schoorl* und *Luff* [1], nach der Cu-II durch die Reduktionsäquivalente der Zucker nach vorhergehender Abtrennung der N-haltigen Verbindungen zu Cu-I reduziert und der Rest des Cu-II mit Natriumthiosulfat gegen Jod-Stärke zurücktitriert wird. Die Titration ist ein zeitaufwendiges Verfahren, und scheint darüber hinaus vor allem für Mikroanalysen bis in den Gammabereich auf Grund der Labilität des jodometrisch bestimmten Titrationsendpunktes ungeeignet. In dieser Arbeit wird daher unter Beibehaltung des Extraktions- und Proteinfällungsverfahrens der Standardmethode der Reduktionswert des Zuckers einmal mit der herkömmlichen Titration und zum anderen mit einem modifizierten kolorimetrischen Verfahren nach *Nelson* [2] und *Somogyi* [3], mit dem besonders zeitsparend gearbeitet werden kann, bestimmt.

Der Stabilität des Farbkomplexes und dessen Störanfälligkeit gegenüber den verwendeten Eiweißfällungsreagentien soll besonders Beachtung geschenkt werden.

## 1 Material und Methodik

Die untersuchten Futtersubstanzen: Gräser, Gräser-Leguminosen-Kräuter-Gemische unterschiedlicher Zusammensetzung, mit Melasse versehene mineralische Futtermittel, Mais und Weizenschrot. Die frisch geernteten Gräser bzw. Gräser-Leguminosen-Kräuter-Gemische wurden gefriergetrocknet; bei den mineralischen Futtermitteln, Mais und Weizenschrot handelte es sich um luftgetrocknetes lagerfähiges Material. Alle Proben wurden pulverisiert (Siebporen < 1 mm). Die Kohlenhydratanalyse: 5 g Probensubstanz wurden mit ca. 200 ml Wasser 30 Minuten im Schüttler extrahiert, anschließend mit 5 ml einer 15%igen Kaliumferrocyanidlösung,  $K_3[Fe(CN)_6]$ , die Proteinfällung durchgeführt und überschüssiges Fällungsreagens mit 5 ml 23%igem Zinkacetat,  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ , entfernt.

In dem auf 250 ml ergänzten Extrakt wurde die Zuckerbestimmung alternativ nach *Schoorl* und *Luff* [1] titrimetrisch bzw. nach Verdünnung 1:100 kolorimetrisch in Anlehnung an ein Verfahren von *Nelson* [2] und *Somogyi* [3] vorgenommen.

Die Titration wurde nach der Verbandsmethode der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten [1] durchgeführt und soll hier nicht im einzelnen beschrieben werden.

an direkt reduzierenden Zuckern und der Saccharaseaktivität nicht zwingend abgeleitet werden.

In einer früheren Arbeit [6] konnten wir einen deutlichen Einfluß von Fructose und Prolin auf die Ausbildung der Chipsfarbe feststellen. Die enge Beziehung zwischen beiden Inhaltsstoffen im Stoffwechsel der Knolle geht auch aus den sehr hohen Ladungen im Faktor XVII hervor (Tab. 2). Die Einzelkorrelation beträgt + 0,801 (Tab. 1), d. h. die Varianz des Prolingehaltes kann zu 65 % mit den Veränderungen des Fructosegehaltes erklärt werden.

Die durchgeführten Untersuchungen und Berechnungen erlauben zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht eine physiologische Deutung der errechneten Abhängigkeiten. Es kann also nicht ausgesagt werden, ob die Zunahme bestimmter Aminosäuren durch vermehrte Synthese aus verschiedenen Zuckerbausteinen oder aufgrund proteolytischer Vorgänge erfolgt ist. Eine beweiskräftige Erklärung hierfür vermögen nur gezielte stoffwechselphysiologische Untersuchungen zu

geben. Sicherlich laufen auch in der „ruhenden“ Knolle noch bisher wenig geklärte Vorgänge ab, die zu einer Anreicherung von Zuckern und Aminosäuren führen und somit die technologische Weiterverarbeitung beeinflussen können.

#### 4 Literatur

- [1] Amberger, A., und Schaller, K.: Z. Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 2, 107—111 (1973).
- [2] Pressey, R., und Shaw, R.: Plant Physiol. 41, 1657—1661 (1966).
- [3] Reiner, L.: Habilitationsschrift TU München 1971.
- [4] Schaller, K., und Amberger, A.: Z. Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 2, 144—147 (1973).
- [5] Uberla, K.: Faktorenanalyse, Springer Berlin, Heidelberg, New York (1968).
- [6] Wünsch, A., und Schaller, K.: Potato Res. 15, 12—23 (1972).

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. A. Amberger, Dr. K. Schaller, Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München D-8050 Freising-Weißenstephan