

Einfluss von Lagerung und Sorte auf die Verteilung der Glykoalkaloide in der Kartoffelknolle

A. WÜNSCH¹ und M. MUNZERT²

¹Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München, 85354 Freising, Bundesrepublik Deutschland

²Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttinger Strasse 38, 85354 Freising, Bundesrepublik Deutschland

Abschluss des Manuskriptes: 21. Dezember 1992

Summary p. 9

Zusätzliche Stichworte: α -Solanin, α -Chaconin, *Solanum tuberosum*

Zusammenfassung

Fünf Speisekartoffelsorten wurden während einer sechsmonatigen Lagerung fünfmal auf α -Solanin und α -Chaconin untersucht. Es wurden vier Gewebebereiche der Knolle getrennt überprüft. Der Gesamtglykoalkaloidgehalt betrug im Augenbereich 164, in der restlichen Schale 101 und in der Gefässbündelzone mit äusserem Speichergewebe 8 mg/100 g Trocken-substanz. Im restlichen Innenkörper waren nur noch Spuren (0.164 mg/100 g TS) nachzuweisen. Zwischen den Sorten und diesen Gewebepartien traten statistisch gesicherte Wechselwirkungen auf, die im wesentlichen von einer Sorte verursacht wurden. Während der Lagerung sind die Alkaloidgehalte leicht, aber statistisch nicht gesichert gesunken.

α -Solanin und α -Chaconin kamen generell im Verhältnis von etwa 1:1.5 vor; die Korrelation zwischen beiden Formen ist sehr eng ($r=0.865$). Bezogen auf die gesamte Knolle lagen die Gesamtglykoalkaloide je nach Sorte zwischen 2.4 und 8 mg/100 g Frischsubstanz und damit im gesundheitlich unbedenklichen Bereich.

Einleitung

Glykoalkaloide der Kartoffel finden in jüngster Zeit stärkere Beachtung (Beukema & van der Zaag, 1990). Während man in der Gesamtpflanze eine grössere Vielfalt dieser Verbindungen feststellt, ist diese in der Knolle eingeschränkt. Zwei Alkaloide (α -Solanin, α -Chaconin) machen nahezu 100% des Gesamtgehaltes aus, während β - und γ -Formen nur in geringen Spuren vorkommen (Roosen-Runge, 1978). Die Höhe der Alkaloidmenge ist wegen der Beteiligung am Kartoffelgeschmack, aber auch wegen der Gefährdung der menschlichen Gesundheit von Bedeutung (Wirth, 1981; Sinden & Deahl, 1976). Untersuchungen zum Gesamtalkaloidgehalt und beeinflussender Parameter bezogen sich bisher jeweils auf die Gesamtknolle und nicht auf einzelne Zonen (Fraktionen) der Knolle (Ross et al., 1978; Gregory, 1984; Müller, 1983; Salunkhe & Wu, 1979; Olsson, 1986).

In diesem Beitrag werden die Konzentrationen der Glykoalkaloide (α -Solanin, α -Chaconin) in verschiedenen Gewebezonen der Knolle in Abhängigkeit von Lagerung und Sorte aufgezeigt. Erste Untersuchungen zu diesem Problem hat Wünsch (1989) vorgelegt.

Material und Methode

Die verwendeten Sorten Erna (Er), Granola (Gr), Gusto (Gu), Ilse (Il) und Margit (Ma) stammten aus dem Landessortenversuch 1988, Standort Freising. Margit ist eine sehr frühe Speisesorte, alle übrigen gehören dem mittelfrühen Speisesortiment an. Je Sorte und Untersuchungstermin wurden 1 kg Knollen verwendet, wobei nach der Ernte (Mitte September) eine praxisübliche Lagerung bei anfänglich 15 °C mit allmählicher Abkühlung auf 4 °C und Dauerlagerung bei dieser Temperatur stattfand. Als Untersuchungstermine wurden gewählt:

1=03.10.1988, 2=14.11.1988; 3=27.12.1988; 4=06.02.1989, 5=20.03.1989.

Die Knollen wurden in vier Fraktionen zerlegt:

A = Augenbereich: 10 mm tiefe und breite Augenzone;

S = Schalenbereich: Cortex, Periderm und äusseres Phloem;

G = Gefässbündelbereich: Äusseres Speichergewebe, Gefässbündel und äussere Perimedulla;

I = Innenkörper: Inneres Phloem, innere Perimedulla, Mark mit Markstrahlen.

Bezogen auf das Gesamtknollengewicht betrug A=1.4 – 3%, S=10 – 15%, G=35 – 50% und I=36 – 53%.

Das Material wurde gefriergetrocknet. Extraktion, Reinigung und Bestimmung der Glykoalkaloide erfolgten nach dem Verfahren von Carman et al. (1986) durch Hochdruckflüssigkeitschromatographie.

Das Datenmaterial wurde über eine dreifaktorielle Varianzanalyse ohne Wiederholungen verrechnet, wobei die Wechselwirkung höchsten Grades (Sorte x Termin x Fraktion) als Versuchsfehler diente. Die bereinigte Korrelationsanalyse erfolgte mit Hilfe der Kovarianzanalyse (Munzert, 1992).

Ergebnisse

In Abbildung 1 werden die Gesamtalkaloidgehalte in der Frischsubstanz (FS) der gesamten Knolle wiedergegeben. Die Gehalte der 5 Sorten an 5 Untersuchungsterminen schwanken zwischen 2.4 und 8.0 mg/100 g FS und liegen damit erwartungsgemäss im unschädlichen Bereich. Die Veränderung im Lager ist sortenweise verschieden, insgesamt jedoch nicht sehr ausgeprägt. Margit und Granola mit den höchsten Gehalten zeigen die stärksten Veränderungen, jedoch mit unterschiedlicher Tendenz.

In Abbildung 2 sind die mittleren Glykoalkaloidgehalte der 3 Versuchsfaktoren (Termin, Knollenfraktion, Sorte) auf Basis Trockensubstanz zusammengestellt. Damit ist der Bezugsmassstab für alle Gewebepartien trotz unterschiedlicher TS-Gehalte einheitlich. Die Mittelwerte sind jedoch nicht auf die Gesamtknolle übertragbar, da die einzelnen Knollenfraktionen sehr unterschiedliche Knollenanteile ausmachen.

Generell ist in Abbildung 2 eine Dominanz des α -Chaconins festzustellen; das Verhältnis zwischen α -Solanin und α -Chaconin beträgt etwa 1:1.5. Der Einfluss der Lagerung (Untersuchungstermin) ist relativ gering; das α -Solanin nimmt bis zum 4. Termin leicht ab und steigt zum Lagerungsende (5. Termin) geringfügig an. Ähnlich

Abb. 1. Gesamtalkaloidgehalt der Knollen an fünf Terminen.

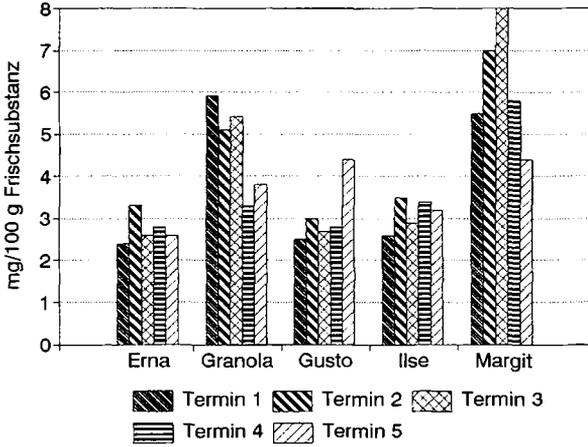


Fig. 1. Total glycoalkaloid content in tubers on 5 dates at intervals of about 6 weeks during storage.

Abb. 2. Mittlere Alkaloidgehalte der Faktoren.

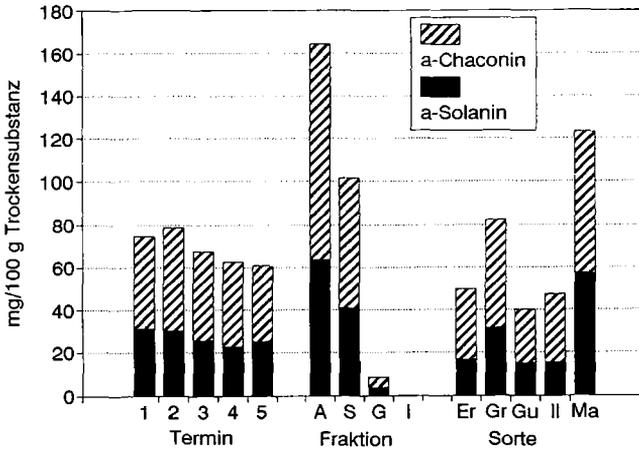


Fig. 2. Mean glycoalkaloid content for the factors date, tuber part and cultivar.

verhält es sich mit dem α -Chaconin; hier ist lediglich zum 2. Termin ein leichter Anstieg zu verzeichnen. Der Gesamtalkaloidgehalt verhält sich tendenziell wie das α -Chaconin.

Sehr grosse Unterschiede treten bei den 4 Knollenfraktionen auf. Im Augenbereich wurden durchschnittlich 164, im Schalenbereich 101, in der Gefässbündelzone 8

Tabelle 1. Ergebnis der dreifaktoriellen Varianzanalyse (F-Test).

Varianzursache	FG	F-Wert		
		Sol.	Chac.	Sol.+ Chac.
Untersuchungstermin (T)	4	-	-	-
Knollenfraktion (F)	3	h.s.	h.s.	h.s.
Sorte (S)	4	h.s.	h.s.	h.s.
T * F	12	-	-	-
T * S	16	-	-	-
F * S	12	h.s.	h.s.	h.s.

h.s. = hoch signifikant – *highly significant* ($\alpha < 1\%$); - = nicht signifikant – *not significant* ($\alpha > 5\%$)

Table 1. Results of the variance analysis based on the factors date, tissue-zone and cultivar (F-test).

und im Innenkörper 0.164 mg Gesamtalkaloid je 100 g TS ermittelt. Damit liegt ein Verhältnis von 1000:616:49:1 vor. In allen Knollenzonen überwiegt das α -Chaconin.

Die Sorten unterscheiden sich ähnlich wie in Abbildung 1. Margit und Granola zeigen die höchsten Gehalte, während Erna, Gusto und Ilse kaum differenzieren.

Das Ergebnis der Varianzanalyse des Gesamtversuchs ist in Tabelle 1 aufgeführt. Daraus geht klar hervor, dass es sowohl bei den Einzelkomponenten wie auch beim Gesamtalkaloidgehalt keine gesicherten Mittelwertdifferenzen bezüglich des Untersuchungstermins gibt.

Dagegen bestätigt der F-Test für die Mittelwerte der Knollenfraktionen und

Abb. 3. Mittlere α -Solanin-Gehalte.

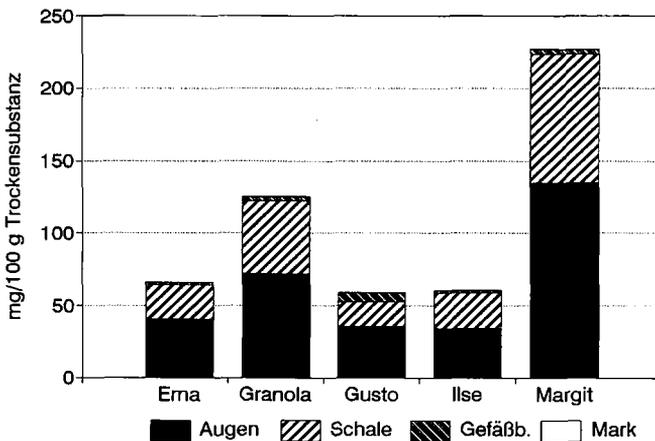


Fig. 3. Mean α -solanine contents of the tuber parts: eye-zone, peel, vascular bundle region and medulla.

Sorten hohe Signifikanz. Signifikante Wechselwirkungen treten nur zwischen den Knollenfraktionen und den Sorten auf.

Der statistische Befund in Tabelle 1 verlangt noch eine Darstellung der Kombinationsmittelwerte Sorte * Knollenfraktion. Diese wird mit den Abbildungen

Abb. 4. Mittlere α -Chaconin-Gehalte.

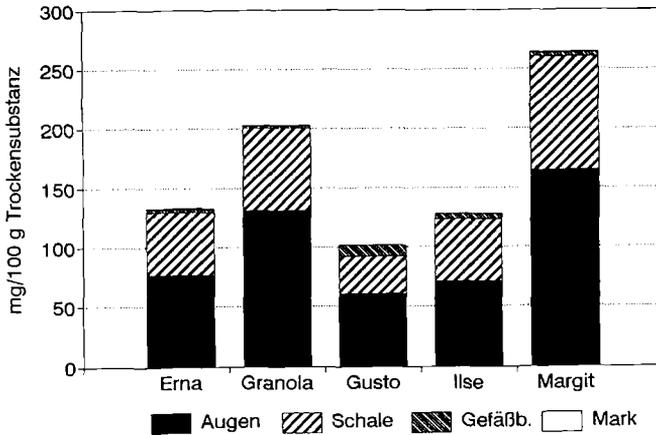


Fig. 4. Mean α -chaconine contents of the tuber parts: eye-zone, peel, vascular bundle region and medulla.

Abb. 5. Mittlere Gesamtalkaloid-Gehalte.

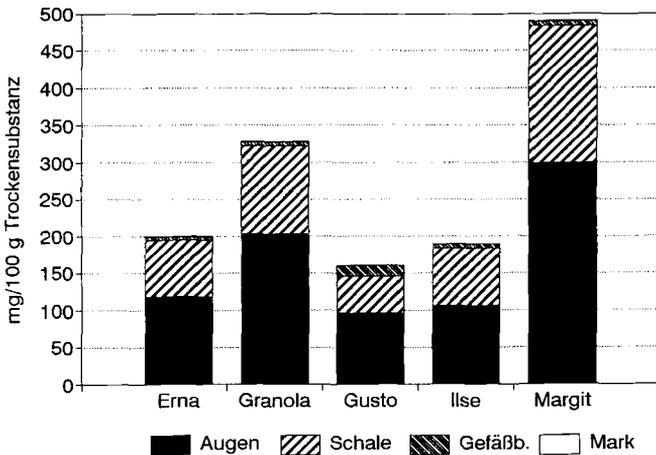


Fig. 5. Mean total glycoalkaloid contents of the tuber parts: eye-zone, peel, vascular bundle region and medulla.

3 – 5 gegeben. Es fällt auf, dass im Falle des α -Solanins (Abb. 3) insbesondere die Sorte *Gusto* mit einem etwas höherem Gehalt im Gefässbündelbereich aus dem Rahmen fällt, obwohl die Sorte insgesamt den geringsten Gehalt aufweist (vgl. Abb. 2). Dies gilt in gleicher Weise für den α -Chaconin- und folgerichtig erst recht für den Gesamtalkaloidgehalt (Abb. 4 und 5). Insgesamt sind diese statistisch gesicherten Abweichungen jedoch von geringer praktischer Bedeutung, bedenkt man die Grössenordnung des Auftretens der Alkaloide in den einzelnen Knollenfraktionen und ihre relativ einheitliche Tendenz bei den Sorten.

Zwischen α -Solanin und α -Chaconin besteht ein Zusammenhang von $r=0.941^{**}$, wenn der Einfluss der Sorte, des Untersuchungstermins und der Knollenfraktion dabei nicht eliminiert wird. Schaltet man diese Einflüsse über eine Kovarianzanalyse aus, so ergibt sich ein "bereinigter" Korrelationskoeffizient von $r=0.865^{**}$. Gerade die letztgenannte Masszahl zeigt den engen Zusammenhang zwischen beiden Glykoalkaloiden gut auf.

Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass eine fachgerechte Lagerung nicht zum Anstieg der Glykoalkaloide führt. In unseren Versuchen wurde eine sechsmonatige Lagerperiode, in der es zu keiner Keimung der Knollen kam, berücksichtigt. Der Hinweis von Beukema & van der Zaag (1990), dass eine achtmonatige Dunkelagerung zu einem ein- bis zweifachen Anstieg führen kann, muss wohl im Hinblick auf den letzten Teil einer solchen langen Lagerphase mit einer erhöhten Keimbereitschaft der Knollen gesehen werden.

Da längere Lagerperioden bei Speisekartoffeln in der Praxis selten sind, darf dieses Ergebnis als Hinweis auf die insgesamt geringe Bedeutung der Lagerung für die Anreicherung von Glykoalkaloiden in der Knolle gewertet werden.

Bestätigt werden können Sortenunterschiede. Möglicherweise steht der relativ hohe Gehalt von *Margit* mit der Frühreife dieser Sorte in Beziehung. Allerdings wäre dann die deutliche Abnahme der Alkaloide zum 4. und 5. Untersuchungstermin (vgl. Abb. 1) unverständlich. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Alkaloidgehalt und Geschmack ist in diesen Untersuchungen auch nicht festzustellen. Zwar ist *Erna* mit dem geringsten Gehalt die wohlschmeckendste unter den untersuchten fünf Sorten, doch müsste die Reihenfolge von "gut" nach "mässig" schmeckend lauten: *Erna*, *Gusto*/*Margit*/*Ilse*, *Granola* (Einstufung aufgrund langjähriger Erfahrungen an der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau). Es müsste allerdings an einem grösseren Sortiment der Sachverhalt nochmals überprüft werden.

Sehr eindrucksvolle Unterschiede im Alkaloidgehalt ergaben sich bei den einzelnen Gewebezonen der Knolle. Das starke Konzentrationsgefälle von der Knollenschale zur Knollenmitte besteht sowohl gehaltsmässig als auch mengenmässig. Selbst wenn man nur zwei Bereiche (Augenzone + Schale bzw. Gefässbündel + Innenkörper) unterscheidet, liegt der Glykoalkaloidgehalt im äusseren Bereich um das Dreissigfache höher als im inneren. Kalkuliert man für die Augenzone (10 mm breit und tief) 2%, für die übrige Schalenzone 12%, für den Gefässbündel und das

äußere Speichergewebe 42% und den restlichen Innenkörper 44% Knollenanteil, befindet sich in den beiden äusseren Zonen 83% der Gesamtmenge der Alkaloide.

Während der Lagerung scheint kaum eine Verlagerung nach innen zu erfolgen. Extrem starkes Schälen der Kartoffel wäre also eine gute Möglichkeit, den natürlichen Glykoalkaloidgehalt der Knollen zu minimieren.

Aus der engen Beziehung zwischen dem α -Solanin- und dem α -Chaconingehalt ergibt sich für Selektionszwecke auf niedrigen Glykoalkaloidgehalt der Vorteil, dass es genügt, nur auf eine von beiden Komponenten zu testen. Da in der Züchtung die Einkreuzung von Wildformen (mit erhöhtem Glykoalkaloidgehalt) zunehmend an Bedeutung erlangt, ist dieser Aspekt besonders interessant.

Summary

Effect of storage and cultivar on the distribution of glycoalkaloids in potato tubers.

Five table potato cultivars (Erna, Granola, Gusto, Ulse, Margit) from the same source were examined for their content of α -solanine and α -chaconine during a six-months storage period. For the testing and subsequent analysis the tubers were dissected into four kinds of tissues: eye-zone, peel, vascular bundle region, medulla.

The total glycoalkaloid content (TGA) in the total tuber mass varied between 2.4 and 8 mg per 100 g fresh matter depending on cultivar (Fig. 1). Despite significant differences between cultivars (Table 1), all potato cultivars remained within the safe range during the entire storage period.

Remarkable differences in TGA per 100 g dry matter could be noted in the tuber parts. For the eye-zones a TGA of 164 mg was found; the peel region showed 101 mg and the vascular bundle zone 8 mg. The medulla of the tubers contained only traces of TGA (0.164 mg/100 g dry matter, Fig. 2).

The statistical analysis only revealed significant interactions between cultivars and tuber parts (Table 1), mainly caused by the cultivar Gusto which showed higher contents of α -solanine and α -chaconine in its vascular bundle regions (Figs 3–5).

The ratio between amounts of α -solanine and α -chaconine was approximately 1:1.5, and after eliminating effects of cultivar, storage and tuber parts, the correlation coefficient between amounts was 0.865. This close correlation can be used for breeding.

The non-significant, slightly negative effect of the six-months storage period on alkaloid content was noteworthy. It is assumed that only after long storage periods or through inappropriate storage (sprouting of tubers) a significantly higher glycoalkaloid content may be expected.

Literatur

- Beukema, H.P. & D.E. van der Zaag, 1990. Introduction to potato production. PUDOC, Wageningen, 208 pp.
 Carman, A.S., S.S. Kuan, G.M. Ware, O.J. Francis & G.P. Kirschenheuter, 1986. Rapid HPLC determination of the potato glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine. *Journal of*

- Agriculture and Food Chemistry* 34: 279 – 282.
- Gregory, P., 1984. Glycoalkaloid composition of potatoes: Diversity and biological implications. *American Potato Journal* 61: 115 – 122.
- Müller, K., 1983. Glycoalkaloide in Kartoffeln im nativen und verarbeiteten Zustand. *Der Kartoffelbau* 34: 310 – 313.
- Munzert, M., 1992. Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen. Verlag Paul Parey, Berlin/Hamburg, 164 S.
- Olsson, K., 1986. The influence of genotype on the effects of impact damage on the accumulation of glycoalkaloids in potato tubers. *Potato Research* 29: 1 – 12.
- Roosen-Runge, Ch., 1978. Zur Bestimmung von Solanin und Chaconin sowie deren Vorkommen in Kartoffeln. Dissertation Universität Hamburg.
- Ross, H., P. Pasemann & W. Nitsche, 1978. Der Glykoalkaloidgehalt von Kartoffelsorten in seiner Abhängigkeit vom Anbauort und -jahr und seine Beziehung zum Geschmack. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 80: 64 – 79.
- Salunkhe, D.K. & M.T. Wu, 1979. Control of postharvest glycoalkaloid formation in potato tubers. *Journal of Food Protection* 42: 519 – 525.
- Sinden, S.L. & K.L. Deahl, 1976. Effect of glycoalkaloids and phenolics on potato flavor. *Journal of Food Science* 41: 520 – 523.
- Wirth, W., 1981. Lehrbuch der Toxikologie, S. 292, Thieme Verlag Stuttgart.
- Wünsch, A., 1989. Glykoalkaloide in Kartoffelsorten. Verteilung innerhalb der Knolle. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel* 12: 69 – 74.