

# Einfluß von Sorte und Lagertemperatur auf die an der enzymatischen Verfärbung der Kartoffelknolle beteiligten Inhaltsstoffe

Anton Amberger und Klaus Schaller\*

Institut für Pflanzenernährung der Technischen Universität München in Weihenstephan (BRD)

Eingegangen am 14. März 1974

## Influence of Variety and Storage-Temperature on the Substances Involved in the Enzymatic Colour-Change of Potatoe Bulbs

*Summary.* The varieties *Clivia*, *Irmgard*, *Lori* and *Maritta* were stored for 20 weeks at 2, 6, and 10° C under constant humidity conditions. The results were calculated by statistical means taking into account the variety and the storage temperature.

Change of colour and black spots of the bulb are mainly criteria of the variety; a special dependancy on the storage temperature also exists. The polyphenoloxidase activity and the total phenol content also depend very severely on the variety. In addition a significant influence of storage temperature is found. On the variety only the chlorogenic and the citric acid content are dependant, whereas the caffeic-acid content depends on the temperature. The changes of ascorbic acid are related both to variety and temperature.

*Zusammenfassung.* Die Kartoffelsorten *Clivia*, *Irmgard*, *Lori* und *Maritta* wurden 20 Wochen bei 2° C, 6° C und 10° C in Klimakammern bei konstanter Luftfeuchtigkeit gelagert. Die gewonnenen Ergebnisse wurden nach zweifaktorieller Varianzanalyse mit Varianzkomponentenschätzung verrechnet, wobei als Einflußgrößen Sorte und Lagertemperatur berücksichtigt wurden.

Rohverfärbung und Blaufleckigkeit der Knolle sind in erster Linie sortentypische Merkmale; daneben besteht eine gewisse Abhängigkeit von der Lagertemperatur. Ebenso verhalten sich Polyphenoloxydaseaktivität und Gesamtphenolgehalt stark sortenabhängig. Darüber hinaus ist aber auch ein signifikanter Einfluß der Lagertemperatur bemerkbar. Ausschließlich durch die Sorte bedingt sind Chlorogensäure- und Citronensäuregehalt, während der Gehalt an Kaffeesäure stark von der Temperatur abhängig ist. Die Veränderungen des Ascorbinsäuregehaltes werden etwa zu gleichen Teilen von Sorte und Temperatur bestimmt.

### Einleitung

In einer vorausgegangenen Mitteilung [1] wurde ein Literaturüberblick über die Verfärbungserscheinungen der Kartoffelknolle — „Rohverfärbung“ und „Blaufleckigkeit“ — gegeben. Die Veränderungen bestimmter Inhaltsstoffe unter dem Einfluß verschiedener Lagerbedingungen war schon früh Gegenstand zahlreicher Arbeiten. Aus der zusammenfassenden Darstellung von Burton [2] wird ersichtlich, daß man sich hauptsächlich mit dem Kohlenhydratstoffwechsel befaßte.

Mit der zunehmenden Verarbeitung von Kartoffeln zu Edelerzeugnissen gewinnen in stärkerem Maße Inhaltsstoffe an Bedeutung, die an dem Gesamtkomplex „Rohverfärbung“ bzw. „Blaufleckigkeit“ beteiligt sind. Diese Erscheinungen können zu erheblichen Qualitätsminderungen der daraus hergestellten Produkte führen. Das Ziel dieser Arbeit war es, das Verhalten der an der Verfärbungsvorgängen beteiligten Inhaltsstoffe unter kontrollierten Lagerbedingungen zu prüfen.

### Material und Methoden

Untersuchungsmethoden vgl. vorausgegangene Mitteilung [3]. Kartoffeln in Klimakammern des „Pfanni-Werkes“ München bei konstanter Temperatur ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) und Luftfeuchtigkeit (80—85%) lagern.<sup>1</sup>

Kartoffelsorten des Standortes Freising 20 Wochen bei 2° C, 6° C und 10° C und die ersten beiden Gruppen später 3 Wochen lang bei 20° C rekonditionieren. Die von den Standorten Edelshausen und Klardorf stammenden Sorten bei 6° C und 10° C lagern und nach 10 Wochen eine Zwischenuntersuchung durchführen.

\* Diese Versuche und Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft und der Deutschen Kartoffel-Union e.V., Bad Godesberg durchgeführt, wofür an dieser Stelle besonders gedankt sei.

<sup>1</sup> Für das freundliche Entgegenkommen des Pfanni-Werkes darf an dieser Stelle besonders gedankt werden.

## Ergebnisse

Die Rohverfärbung der Knolle unter verschiedenen Lagerbedingungen ist unseres Wissens noch nicht untersucht worden; Mondy *et al.* [4] äußerten lediglich die Vermutung, daß zwischen Rohverfärbung und Lagerbedingungen bestimmte Zusammenhänge bestehen könnten. Wie unsere Untersuchungen zeigen (Tab. 1), ist der Grad der Verfärbung stark von der Sorte abhängig; unter sehr unterschiedlichen Temperaturbedingungen pendelt jede Sorte um einen bestimmten mittleren Farbwert.

Tabelle 1. Rohverfärbung verschiedener Sorten. Bonitierung: 1 = sehr starke Verfärbung; 9 = fast keine Verfärbung

Sorte	Bonitierung			
	nach der Ernte	nach 20wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Bintje</i>	8	9	8	5
<i>Clivia</i>	7	8½	5	6
<i>Lori</i>	4	6	6	5
<i>Maritta</i>	4	5½	4½	5½

Nach 20 wöchiger Lagerung bei 10° C ist die Neigung zur Rohverfärbung geringer als zum Zeitpunkt der Ernte. Lagertemperaturen von 6° C bzw. 2° C führen zu einer stärkeren Verfärbung des Knollenfleisches als eine solche von 10° C.

Die Varianzanalyse (Abb. 1) ergibt eindeutig, daß die Rohverfärbung (70% der Gesamtstreuung) hauptsächlich auf die Sorte zurückzuführen ist; der Anteil der Temperatur ist mit 2% unbedeutend.

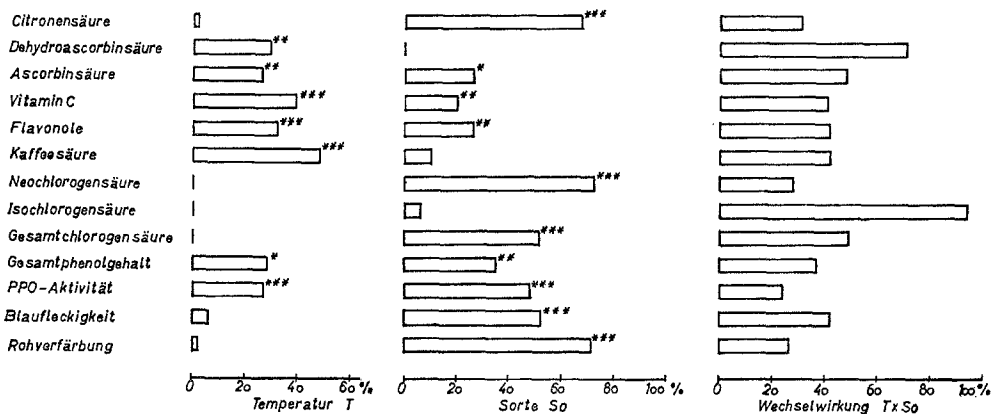


Abb. 1. Varianzanteile verschiedener Inhaltsstoffe an der Gesamtstreuung (%) (\* = 95%, \*\* = 99%, \*\*\* = 99,9% — statistische Sicherung)

Die Blaufleckigkeit tritt wie Berichten aus der Praxis zu entnehmen ist, vor allem dann auf, wenn kalt gelagerte Kartoffelknollen — ohne vorherige Erwärmung — bewegt (Sortieren, Verladen) und dabei mechanisch beschädigt werden.

Die Ergebnisse zeigen (Tab. 2), daß eine sortentypische Veranlagung zur Blaufleckigkeit das Ausmaß dieser inneren Beschädigung der Knolle bestimmt (Vergleich *Irmgard* und *Clivia*). Eine gewisse Temperaturabhängigkeit kann aber nicht ganz ausgeschlossen werden, denn bei 2° C ist häufig die stärkste Blaufleckigkeit zu beobachten. Die Verteilung der Streuungsanteile (Abb. 1) bestätigt diese Aussage: Die Sorte nimmt 52%, die Temperatur nur 6% an der Gesamtstreuung ein, mit einer Sicherheit von  $S = 99,9\%$  bzw.  $90\%$ .

*Phenoloxydase-aktivität*: Mondy *et al.* [4] fanden mit zunehmender Lagerzeit der Kartoffel eine Abnahme der Phenoloxydase-aktivität. Durch unsere Untersuchungen über einen Zeitraum von 21 Wochen hinweg werden diese Befunde bestätigt [5]. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, daß bei niedriger Temperatur die Phenoloxydase-aktivität meist geringer ist (Tab. 3).

Tabelle 2. Blaufleckigkeit verschiedener Kartoffelsorten. Boniturnote = Summe aus fünf Einzelbonituren, 0—9; 0 = keine Blaufleckigkeit

Sorte	Bonitierung			
	nach der Ernte	nach 20 wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Clivia</i>	2	2	1	5
<i>Irmgard</i>	10	17	15	35
<i>Lori</i>	4	7	1	3
<i>Maritta</i>	7	14	2	16

Tabelle 3. Phenoloxydase-aktivität verschiedener Kartoffelsorten

Sorte	Enzymaktivität			
	nach der Ernte	nach 20 wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Clivia</i>	264	125	99	52
<i>Grata</i>	522	365	217	284
<i>Irmgard</i>	490	188	246	165
<i>Maritta</i>	564	390	450	348

Ein gewisses sortentypisches Aktivitätsniveau bleibt aber von der Untersuchung nach der Ernte bis zum Ende der Lagerperiode erhalten.

Die Varianzanalyse (Abb. 1) stellt diese Zusammenhänge noch deutlicher heraus: Auf die Sorte entfallen 48% der Gesamtstreuung ( $S = 99.9\%$ ), auf die Temperatur nur 28%; in beiden Fällen liegt eine sehr hohe Sicherheit vor. Das Verhalten der Phenoloxydase-aktivität während des Lagers ist also in erster Linie ein sortentypisches und erst in zweiter Linie ein temperaturabhängiges Merkmal.

*Gesamtphenolgehalt*: Der Gesamtphenolgehalt während der Lagerung wurde von Mondy *et al.* [4] untersucht und eine Zunahme in Abhängigkeit von der Lagerdauer festgestellt. Wir kamen zu dem gleichen Ergebnis (Tab. 4).

Tabelle 4. Gesamtphenolgehalt verschiedener Kartoffelsorten (berechnet als Chlorogensäure)

Sorte	Phenolgehalt in $\mu\text{mol/g TS}$			
	nach der Ernte	nach 20 wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Bintje</i>	6,09	7,13	6,80	9,01
<i>Cosima</i>	9,14	8,20	9,02	12,26
<i>Irmgard</i>	9,42	10,24	10,75	11,91
<i>Lori</i>	6,79	7,28	8,44	11,17

Gegenüber der Untersuchung nach der Ernte zeigen fast alle Sorten unter dem Einfluß verschiedener Lagertemperaturen eine Zunahme des Gesamtphenolgehaltes. Dieser Vorgang scheint wiederum sehr stark von der Sorte abhängig zu sein;

ferner ist die Zunahme des Gesamtphenolgehaltes um so stärker, je tiefer die Lager-  
temperatur ist. Nach der Varianzanalyse (Abb. 1) ist der Sorteneinfluß mit 35%  
( $S = 99\%$ ) größer als der der Temperatur mit 27% ( $S = 99\%$ ).

*Gesamtchlorogensäure, Kaffeesäure und Flavonole:* Das Verhalten dieser Stoff-  
gruppe während der Lagerung ist unseres Wissens bisher noch nicht untersucht  
worden. Hasegawa *et al.* [6] ermittelten den Gehalt an Chlorogensäure in Schalen-  
anteilen von Kartoffeln und fanden bei +4,4° C eine Anreicherung; diese Ergebnisse  
konnten von uns bestätigt werden [7].

Die Untersuchung ganzer Knollen (sog. Mischproben) bringt bei den meisten  
Sorten eine Zunahme an *Chlorogensäure* während unterschiedlicher Lagerbedingungen  
(Tab. 5). Die höchste Anreicherung erfolgt bei einer Temperatur von 6° C, auf diese  
Weise besteht eine weitgehende Übereinstimmung mit den Ergebnissen von  
Hasegawa *et al.* [6] bei +4,4° C. Nicht schlüssig kann geklärt werden, warum ein  
Absinken der Temperatur auf +2° C zu keinem weiteren Anstieg des Chlorogen-  
säuregehaltes geführt hat.

Tabelle 5. Gesamtchlorogensäuregehalt verschiedener Kartoffelsorten

Sorte	Gesamtchlorogengehalt in $\mu\text{mol/g TS}$			
	nach der Ernte	nach 20wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Bintje</i>	0,27	0,69	0,35	0,32
<i>Clivia</i>	0,62	0,41	0,69	0,48
<i>Lori</i>	0,14	0,45	0,66	0,64
<i>Maritta</i>	0,47	0,61	0,96	0,65

Die Varianzanalyse (Abb. 1) zeigt jedenfalls, daß die Zu- bzw. Abnahme an  
Chlorogensäure durch die Sorte bedingt ist (= 51% der Gesamtvarianz mit sehr  
hoch signifikanter Sicherung).

Die Gehalte an *Kaffeesäure* in den Knollen sind in der Regel zum Erntezeitpunkt  
am höchsten, nach 20wöchiger Lagerung bei 10° C bzw. 6° C sind nur noch ca.  
1/4—1/5 der Ausgangswerte vorhanden. Den geringsten Abbau findet man bei einer  
Lagerung von 2° C (Tab. 6).

Tabelle 6. Kaffeesäuregehalt verschiedener Kartoffelsorten

Sorte	Gehalt an Kaffeesäure in $\mu\text{mol/g TS}$			
	nach der Ernte	nach 20wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Bintje</i>	2,28	0,58	0,67	1,44
<i>Clivia</i>	0,43	0,47	0,43	0,52
<i>Lori</i>	2,30	0,42	0,58	1,65
<i>Maritta</i>	2,26	0,51	0,38	0,76

Nach der statistischen Auswertung (Abb. 1) ist für die Schwankungen des Kaffee-  
säuregehaltes im wesentlichen der Temperatureinfluß verantwortlich (47% der  
Gesamtvarianz mit  $S = 99,9\%$ ).

Der Flavonolgehalt stellt mehr ein sortentypisches Kriterium dar. Mit sinkenden  
Temperaturen nehmen die Flavonole in den untersuchten Sorten meist zu (Tab. 7).

Die Zunahme der Flavonole wird mehr von der Temperatur (32%) als von der Sorte (26%) beeinflusst (Abb. 1). Die Sicherung ist sehr hoch bzw. hoch signifikant.

Tabelle 7. Flavonolgehalt verschiedener Kartoffelsorten

Sorte	Flavonolgehalt in $\mu\text{g}/100\text{ g TS}$			
	nach der Ernte	nach 20wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Bintje</i>	7,41	9,10	12,67	13,80
<i>Clivia</i>	12,73	8,30	17,69	12,10
<i>Lori</i>	5,01	7,00	10,58	16,70
<i>Maritta</i>	6,66	8,60	14,15	10,60

*Ascorbinsäure und Dehydroascorbinsäure*: Scheunert u. Theile [8] haben Kartoffeln während einer zwölfmonatigen Lagerzeit in monatlichen Abständen untersucht und dabei festgestellt, daß der Vitamin C-Gehalt nach der Ernte kontinuierlich abnimmt und im achten Monat der Lagerung noch einmal sprunghaft auf die Ausgangswerte ansteigt. Nach unseren Untersuchungen kommt der Lagertemperatur im Hinblick auf die Veränderungen des Vitamin C-Gehaltes teilweise eine bedeutende Rolle zu (Tab. 8).

Tabelle 8. Vitamin C-Gehalt verschiedener Kartoffelsorten

Sorte	Vitamin C-Gehalt in $\text{mg}/100\text{ g TS}$			
	nach der Ernte	nach 20wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Bintje</i>	59,04	64,30	57,68	63,88
<i>Clivia</i>	52,50	81,34	63,19	58,81
<i>Lori</i>	31,64	52,06	53,72	54,85
<i>Maritta</i>	23,77	54,03	56,60	46,65

Im Lager kommt es bei Temperaturen von 10°–2° C zu einer unterschiedlichen Anreicherung an Vitamin C. In keinem Falle liegen die Werte unter den unmittelbar nach der Ernte ermittelten. In Zwischenuntersuchungen nach zehn Wochen lassen sich teilweise sogar doppelte Mengen an Vitamin C gegenüber den Ausgangswerten nachweisen; von dann ab setzt offenbar eine Abnahme ein. Die gleichen Verhältnisse konnten auch für Ascorbinsäure und Dehydroascorbinsäure nachgewiesen werden.

Varianzanalytisch betrachtet (Abb. 1) hängt die Zunahme an Vitamin C in erster Linie von der Temperatur (Varianzanteil 39%,  $S = 99.9\%$ ) und in zweiter Linie von der Sorte (Varianzanteil 19%,  $S = 95\%$ ) ab.

Für Ascorbinsäure gelten im Grunde genommen dieselben Erkenntnisse; die Varianzanteile von Temperatur und Sorte sind gleich, nämlich 26% mit  $S = 99\%$  bzw. 95% gesichert. Dagegen sind die Schwankungen der Dehydroascorbinsäure nur auf die Temperatur zurückzuführen; der Varianzanteil beträgt 29% ( $S = 99\%$ ).

*Citronensäure*: Die Citronensäuregehalte verschiedener Kartoffelsorten sind bis jetzt noch nicht unter wechselnden Lagerungsbedingungen geprüft worden. Nach unseren Untersuchungen neigen die meisten Sorten im Lager dazu, Citronensäure anzureichern bzw. die zum Erntezeitpunkt vorhandene Menge zumindest beizubehalten. Eine Ausnahme macht die Sorte *Clivia*, deren Citronensäuregehalt kontinuierlich abnimmt (Tab. 9).

Die statistische Auswertung der Ergebnisse (Abb. 1) läßt Veränderungen der Citronensäuregehalte während der Lagerung als eine weitgehend sortentypische Eigenschaft erkennen, deren Varianzanteil an der Gesamtstreuung 67% beträgt und sehr hoch signifikant ist. Demgegenüber kann der Einfluß der Temperatur mit 2% vernachlässigt werden.

Tabelle 9. Citronensäuregehalt verschiedener Kartoffelsorten

Sorte	Citronensäuregehalt in $\mu\text{mol/g TS}$			
	nach der Ernte	nach 20 wöchiger Lagerung bei		
		10° C	6° C	2° C
<i>Bintje</i>	131,0	126,0	162,0	145,0
<i>Clivia</i>	160,0	150,0	141,0	137,0
<i>Cosima</i>	119,0	143,0	133,0	132,0
<i>Maritta</i>	176,0	198,0	193,0	206,0

### Diskussion

Die Kartoffelverarbeitung hat in den letzten Jahren großtechnische Ausmaße angenommen. Darum ist es auch notwendig über das Verhalten derjenigen Inhaltsstoffe, die für die Verarbeitung eine Rolle spielen (Phenole, Polyphenoloxydase usw.) genau informiert zu sein.

Die Verarbeiter sind aus wirtschaftlichen Gründen zur Lagerhaltung gezwungen, damit die Kampagne über möglichst lange Zeit hinweg ausgedehnt werden kann. Bei der gegenwärtigen Struktur des Agrarmarktes ist es aber nicht möglich, nur eine Sorte auf Vorrat zu legen und die Verarbeitungstechnik darauf ausschließlich einzustellen. Um so wichtiger ist es daher das Muster und Verhalten der Inhaltsstoffe verschiedener Kartoffelsorten im Lager zu kennen. Solche Untersuchungen an den wichtigsten heute bei uns im Handel befindlichen Kartoffelsorten unter genau kontrollierten Bedingungen liegen bisher nicht vor. Auch Kaiser u. Belitz [9] wiesen in ihren Untersuchungen über Proteinase-inhibitoren auf die Notwendigkeit hin, solche Erhebungen auf ein größeres Kartoffelsortiment auszudehnen. Unter Berücksichtigung von Sorte und Lagertemperatur wird deutlich, daß die Ausbildung bestimmter Inhaltsstoffe teilweise stark sortentypisch (z. B. Citronensäure und Chlorogensäure) bestimmt ist, teilweise aber auch von der Temperatur im Lager (z. B. Kaffesäure) sehr abhängt.

Auf Grund solcher und ähnlicher Untersuchungen dürfte es möglich sein, die verschiedenen Kartoffelsorten nach Stoffmuster und Verhalten im Lager für unterschiedliche Verarbeitungsprodukte (z. B. Chips oder Püree) auszuwählen.

### Literatur

1. Amberger, A., Schaller, K.: Potato Res. Im Druck (1974)
2. Burton, W.G.: The Potato. Wageningen: Veenman und Zonen N. V. 1966
3. Amberger, A., Schaller, K.: Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. **2**, 107—111 (1973)
4. Mondy, N.L., Bond Gedde-Dahl, S., Owens Mobley, E.: J. Food Sci. **31**, 32—37 (1966)
5. Schaller, K.: Unveröffentlicht
6. Hasegawa, S., Johnson, R.M. und Gould, W.A.: J. Agr. Food Chem. **14**, 165—169 (1966)
7. Amberger, A., Schaller, K.: Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. **2**, 39—41 (1973)
8. Scheunert, A., Theile, E.: Ernährungsforschung **1**, 657—666 (1956)
9. Kaiser, K.-P., Belitz, H.-D.: Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. **1**, 191—194 (1972)

Prof. Dr. A. Amberger  
Direktor des Instituts für Pflanzenernährung  
der TU München-Weihenstephan  
D-8050 Freising-Weihenstephan  
Bundesrepublik Deutschland

Dr. Kl. Schaller  
Hessische Forschungsanstalt für Wein,  
Obst und Gartenbau  
D-6222 Geisenheim  
Rüdesheimer Straße  
Bundesrepublik Deutschland