

Sonderabdruck

aus „Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung“

94. Band, 6. Heft, 1952, Seite 414-419

J. F. Bergmann, München | Springer-Verlag Berlin—Göttingen—Heidelberg

Änderung des Vitamin C-Gehaltes geernteter Pflanzen.

Von

ERWIN WINTER.

Mitteilung aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung,
Karlsruhe.

Mit 3 Textabbildungen.

(Eingegangen am 22. Februar 1952.)

Der Gehalt geernteter Pflanzen an Ascorbinsäure bzw. Gesamt-Vitamin C nimmt im Verlauf von Stunden und Tagen meist mehr oder weniger rasch ab¹. Der Ascorbinsäure-Gehalt wird infolgedessen häufig als Maß für den Frischezustand von Gemüse und Obst verwendet. Es tritt jedoch nicht in allen Fällen bei der Aufbewahrung geernteter Pflanzen eine Abnahme ein. So wurde z. B. von WOLF² auch ein Gleichbleiben, von PAECH³ ein Gleichbleiben nach anfänglicher kurzdauernder Abnahme und von GUTHRIE⁴ sogar eine Zunahme des Ascorbinsäure-Gehaltes beobachtet. In verschiedenen Pflanzen, die nach der Ernte und Verarbeitung eine auffallend gute Ascorbinsäure-Erhaltung zeigten, wies u. a. WACHHOLDER⁵ besondere Schutzstoffe nach. Für eine Zunahme des Ascorbinsäuregehaltes können diese jedoch nicht verantwortlich gemacht werden. Eine derartige Zunahme beansprucht, abgesehen von ihrer Bedeutung für die Vitaminversorgung, auch ein besonderes pflanzenphysiologisches Interesse.

¹ KROKER, F.: *Forschungsdienst* 7, 619 (1939). — PLATENIUS, H., u. J. JONES: *Food Res.* 9, 378 (1944).

² WOLF, J.: *Vorratspflege u. Lebensmittelforsch.* 4, 241 (1941).

³ PAECH, K.: *Forschungsdienst* 7, 391 (1939).

⁴ GUTHRIE, J.: *Contributions Boyce Thompson Inst.* 9, 17 (1937).

⁵ WACHHOLDER, K.: *Biochem. Z.* 312, 394 (1942).

Die nachstehende Arbeit wurde durch die Beobachtung angeregt, daß der Ascorbinsäure-Gehalt geschälter Spargel sich beim Liegenlassen erhöht. Sie hatte das Ziel, eine Anzahl von Gemüsepflanzen auf ihr Verhalten beim Aufbewahren nach der Ernte und nach der Verarbeitung zu prüfen und eine etwaige Zunahme des Ascorbinsäuregehaltes im einzelnen zu verfolgen. Früchte wurden in diese Untersuchung nicht einbezogen, da bei ihnen ein andersartiges Verhalten erwartet werden mußte.

Experimenteller Teil.

1. Untersuchungsmaterial: Die Hauptversuche wurden mit Endivie (Winterendivie) und Spargel ausgeführt, welche jeweils eine halbe bis eine Stunde zuvor geerntet worden waren. Bei Endivie wurden die Mittelrippen der Blätter einer Pflanze herausgeschnitten und systematisch auf 4—8 Proben verteilt. Bei Spargel wurden ein oder mehrere junge Stengeltriebe handelsüblicher Größe (150—250 mm) ungeschält oder geschält durch Längsschnitte in 4—8 gleiche Teile geteilt, nachdem die Sproßspitze (30 mm) und das Ende (10 bis 30 mm) abgeschnitten worden waren. Die zugehörigen Sproßspitzen wurden nach Teilung gesondert untersucht. In entsprechender Weise wie Endivie und Spargel wurden die unten erwähnten übrigen untersuchten Pflanzen behandelt. Die Abweichungen des ursprünglichen Ascorbinsäure-Gehaltes der Teilproben vom Mittelwert betragen ± 5 —10%.

2. Versuchsanordnung: Die Proben wurden auf eine Glasscheibe gelegt, welche mit einer 2—10 l fassenden Glasglocke überdeckt wurde. Diese tauchte so in Wasser, daß die Proben von der Außenluft abgeschlossen waren und die Luft im Inneren eine relative Feuchtigkeit von 93—97% erreichte. Bei einem Teil der Versuche wurde die Glocke von befeuchteter Frischluft durchströmt, wobei die gleichen Ergebnisse wie bei ruhender Luft erhalten wurden. Die unmittelbar neben den Proben gemessene Temperatur betrug 17—23° C. Der Gewichtsverlust der Proben durch Wasserabgabe und Atmung stieg innerhalb von 24 Std. auf 2—5% an und erreichte nach 48 Std. 5—10%. Die in Abb. 1 u. 2 wiedergegebenen Kurven sind typische Beispiele aus mehreren ähnlich verlaufenden Versuchen.

3. Belichtung. Die Versuche wurden im Dunkeln, bei zerstreutem Tageslicht sowie bei künstlichem Licht durchgeführt. Bei den Versuchen im Tageslicht betrug die Beleuchtungsstärke gemessen mit einer Selen-Photozelle, für den größten Teil des Tages etwa 2000 Lux. Dieselbe Beleuchtungsstärke wurde bei einer 500 Watt-Glühlampe mit einem 110 mm-Wasserfilter in 300 mm Abstand erreicht, während die zusätzliche Einschaltung eines Kupfersulfat-Filters die Beleuchtungsstärke auf 1000 Lux erniedrigte. Ebenfalls 1000 Lux ergaben sich bei Benutzung einer 150 Watt-Quarzlampe mit Wasserfilter. Die Vorbereitung der Proben geschah bei den Tageslichtversuchen im Tageslicht, bei den übrigen in schwachem, orange gelbem Lampenlicht.

4. Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes. Die Ascorbinsäure wurde in metaphosphorsaurer Lösung mit Dichlorphenolindophenol-Lösung titriert. Zur Bestimmung des Gesamt-Vitamin C wurde die Dehydroascorbinsäure mit Schwefelwasserstoff unter Zusatz von Quecksilberacetat und Bleiacetat reduziert. Wenn die Ascorbinsäure nicht titrimetrisch, sondern nach ROE und OESTERLING¹ mit Dinitrophenylhydrazin bestimmt wurde, so ergaben sich nahezu übereinstimmende Werte. Nach Oxydation der Ascorbinsäure in Anwesenheit von Kupfersulfat oder von Ascorbinsäureoxydase (Kürbisschalenauszug) und auch nach Kondensation mit Formaldehyd nach LUGG² war in keinem Fall ein Reduktionsvermögen mehr nachweisbar. Die Analysenwerte wurden stets auf das Frischgewicht der Proben bei Versuchsbeginn bezogen.

Versuchsergebnisse.

1. Verschiedene Pflanzen. An einer Anzahl verschiedener Pflanzen wurde zunächst an 2—4 Proben innerhalb von 24—30 Std. festgestellt, welche Veränderungen der Ascorbinsäure-Gehalt abgeschnittener Teile bei Tageslicht zeigte. In Tab. 1 ist der ursprüngliche Ascorbinsäure-Gehalt angegeben. Bei Spargel enthielten die Einzelwurzel 4, der Wurzelstock 13, der Stengeltrieb ohne Sproßspitze und Schuppenblätter 14, die Schuppenblätter 37, der untere Teil der Sproßspitze (20 mm) 35 und der obere Teil (10 mm) 65 mg-% Ascorbinsäure.

Von den untersuchten Pflanzen zeigten die Blattrippen von Endivie und Kopfsalat sowie die Stengeltriebe von Spargel und Kartoffeln erhebliche Zunahmen, die

¹ ROE, J., u. M. OESTERLING: J. Biol. Chemistry 152, 511 (1944).

² LUGG, J.: Austral. J. Exper. Biol. 20, 273 (1942).

Blattstiele von Kürbis und Meerrettich sowie die Früchte von Apfel und Reineclaude dagegen größere Abnahmen des Ascorbinsäure-Gehaltes, während alle übrigen Pflanzen keine oder nur geringe Veränderungen erkennen ließen. Aus den Versuchen war außerdem zu entnehmen, daß die Änderungen des Ascorbinsäure-Gehaltes bei

Tabelle 1. Der ursprüngliche Ascorbinsäuregehalt einiger Gemüsearten.

Pflanzenteile	Art des Gemüses	Ascorbinsäure mg-%
<i>Blatt:</i>	Lauch	10
<i>Blattspreite ohne</i>	Endivie	27
<i>Mittelrippe . .</i>	Kopfsalat	9—19
	Endivie	2—4
<i>Blattmittelrippe</i>	Kopfsalat	3—6
	Wirsingkohl	30
	Krauskohl	39
	Rotkohl	57—93
	Blumenkohl	70—75
	Chinakohl	23—29
<i>Blattstiel . . .</i>	Kürbis	11—13
	Rhabarber	6—19
	Rosenkohl	86
	Zuckerrübe	11
	Meerrettich	174
<i>Stengeltrieb . .</i>	Spargel	9—23
	Kartoffel	2—7
<i>Wurzel</i>	Krauskohl	66
	Meerrettich	90—150
	Möhre	6
	Zuckerrübe	2
<i>Knolle</i>	Kohlrabi	80—104
	Kartoffel	16—37
<i>Früchte</i>	Apfel	1—17
	Reineclaude	8
	Tomate	20

Endivie und Kopfsalat sowie Spargel- und Kartoffeltrieben ähnlich verliefen, weshalb nur das Verhalten von Endivie und Spargel näher verfolgt wurde.

2. Endivie. Die Änderung des Ascorbinsäure-Gehaltes und des Gesamt-Vitamin C-Gehaltes von Endivienblatttrippen innerhalb von 48 Std. zeigt Abbildung 1 unten. Im Dunkeln trat entweder keine Veränderung oder eine geringe Abnahme von etwa 0,1 mg-% pro Stunde ein. Beim Belichten stieg der Ascorbinsäure-Gehalt dagegen zunächst um etwa 0,4 mg-% pro Std. an und erreichte nach 15—30 Std. ein Maximum mit mehr als dem Doppelten des Ausgangswertes, worauf er wieder ab-

nahm. Bei den Versuchen im Tageslicht ging er über Nacht zurück, um bei Tagesanbruch wieder anzusteigen (Abb. 2 unten). Der Gehalt an Gesamt-Vitamin C änderte sich in ähnlicher Weise.

3. Spargel (Abb. 1) verhielt sich im allgemeinen ähnlich wie Endivie. Neben einer Abnahme des Ascorbinsäure-Gehaltes im Dunkeln konnte jedoch in mehreren Fällen auch eine anfängliche Zunahme festgestellt werden, die aber geringer war als im Licht. Die mittlere Ascorbinsäure-Zunahme betrug bei Tageslicht, bei weißem und blauem Glühlampenlicht sowie bei Quarzlampe Licht etwa 0,5 mg-% pro Stunde und führte nach 20—40 Std. zu einem Höchstgehalt. Bei natürlichem Licht (Abb. 2) erfolgte der Anstieg nur bei Tag. Nach Einbruch der Dunkelheit nahm der Vitamingehalt im allgemeinen ab, doch schloß sich am nächsten Tag wieder eine Zunahme an.

Nach etwa 24 Std. machte sich eine leichte Grünfärbung durch Chlorophyllbildung bemerkbar. Eine Änderung der Temperatur zwischen 15 und 25° C hatte keinen merklichen Einfluß auf die Änderung des Ascorbinsäure-Gehaltes, doch war eine Zunahme bei Temperaturen oberhalb von etwa 30° C nicht mehr zu beobachten. Aufbewahren der Stengel in Cellophanbeuteln bei 0° C verzögerte den Beginn der

Zunahme um so mehr, je länger die Lagerung vor dem Versuch dauerte. Die Zunahme blieb schließlich bei den Stengeln nach etwa 20 Tagen, bei den Spitzen schon nach etwa 4 Tagen vollständig aus. Die Sproßspitzen ergaben häufig sehr ungleichmäßige Werte, verhielten sich aber sonst (Abb. 2) ähnlich wie die Stengel.

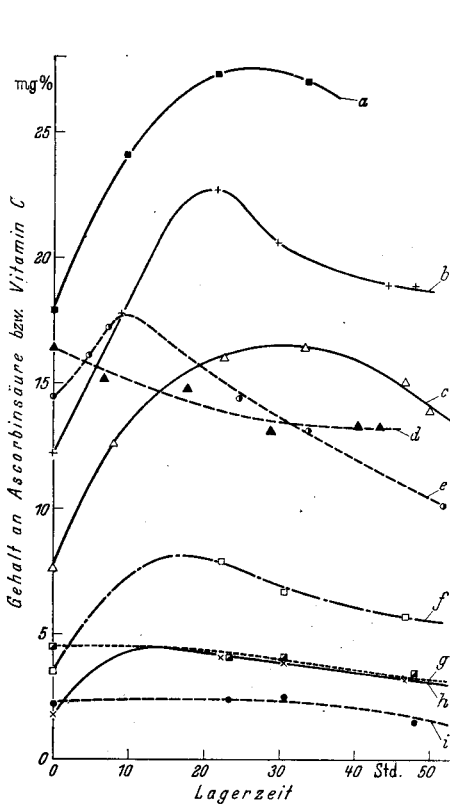


Abb. 1. Änderung des Gehaltes an Ascorbinsäure und Gesamt-Vitamin C in Spargelstengeln und Endivienblattrippen beim Lagern unter künstlichem Licht. Spargelstengel; Änderung des Ascorbinsäuregehaltes: a bei Quarzlampe, b bei blauem Glühlampenlicht, c bei weißem Glühlampenlicht, d und e im Dunkeln. Endivienblattrippen; Änderung des Gesamt-Vitamin C-Gehaltes: f bei weißem Glühlampenlicht, g im Dunkeln. — Änderung des Ascorbinsäuregehaltes: h bei weißem Glühlampenlicht, i im Dunkeln.

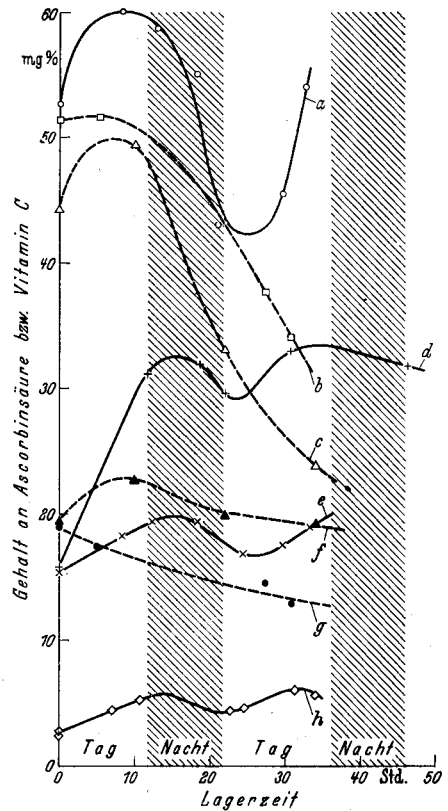


Abb. 2. Änderung des Ascorbinsäuregehaltes in Spargelspitzen, Spargelstengeln und Endivienblattrippen beim Lagern unter natürlichem Licht. Spargelspitzen; a bei Tageslicht, b und c im Dunkeln. Spargelstengel; d und e bei Tageslicht, f und g im Dunkeln. Endivienblattrippen; h bei Tageslicht. Die zu den Tageslichtversuchen gehörigen Nachtzeiten sind schraffiert gezeichnet.

Einfluß der Verletzung.

1. Verhalten unverletzter Pflanzen. Um den Einfluß der bei den obigen Versuchen stets durch das Herausschneiden der Rippen bzw. das Zerteilen stattgefundenen Verletzung näher zu untersuchen, wurden ganze Blätter im Freien gewachsener Endivienpflanzen zu verschiedenen Tageszeiten, besonders morgens und abends, geerntet und sofort analysiert. Es konnten keine merklichen Unterschiede bei verschiedenen Zeiten festgestellt werden, jedoch war die Streuung des Ascorbinsäure-Gehaltes ziemlich groß. Daher wurden weitere Versuche mit abgetrennten ganzen Endivienblättern sowie ganzen Spargeltrieben ausgeführt, bei denen

bessere Mittelwerte zu erzielen waren. Es konnte damit gerechnet werden, daß die verhältnismäßig kleine, beim Abtrennen entstandene Schnittfläche das Verhalten im Vergleich zu den unverletzten Pflanzen nicht merklich ändert. Wurden in dieser Weise Endivienblätter oder Spargeltriebe im Dunkeln oder im Licht 24—30 Std. bei etwa 95% Luftfeuchtigkeit aufbewahrt, so war, wie bei Spargel auch von WOLF¹ festgestellt, keine über $\pm 10\%$ des ursprünglichen Ascorbinsäure-Gehaltes hinausgehende Veränderung zu beobachten. Die bei den verletzten Proben eingetretene starke Zunahme des Ascorbinsäure-Gehaltes blieb hier aus.

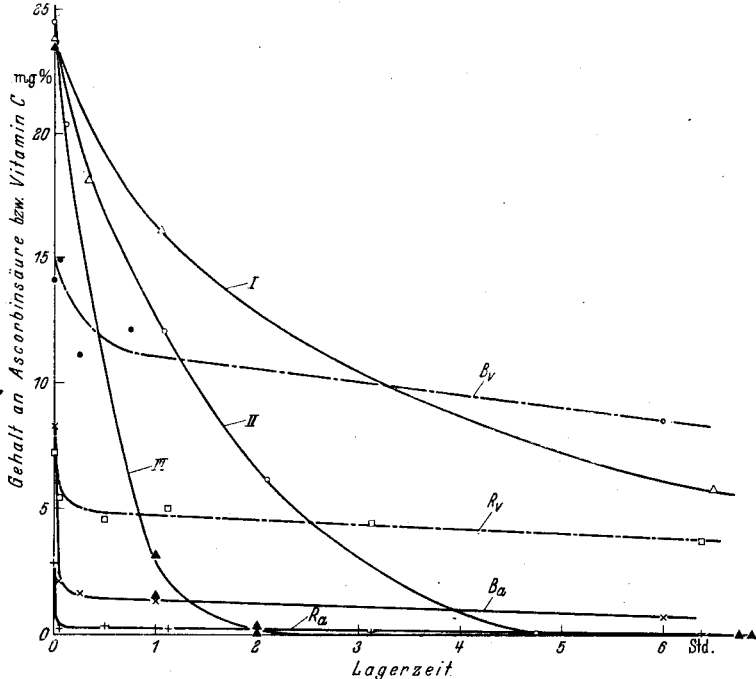


Abb. 3. Einfluß der Zerkleinerung auf den Gehalt an Ascorbinsäure und Gesamt-Vitamin C. *Spargelstengel*; Änderung des Ascorbinsäuregehaltes nach Zerkleinerung: I 1 min in der Reibschale, II 5 min in der Reibschale, III 5 min in der Kugelmühle. *Endivienblätter*; Änderung des Ascorbinsäuregehaltes (R_a bzw. B_a) und des Gesamt-Vitamin C-Gehaltes (R_v bzw. B_v) in den Rippen bzw. in den Blättern ohne Rippen, 3 min in der Reibschale zerkleinert.

2. Verhalten von Gewebebrei. Es war in diesem Zusammenhang von Interesse, festzustellen, wie sich die beiden Pflanzen bei sehr starker Verletzung, z. B. beim Zermahlen, verhielten. Endivienblätter wurden hierzu in einer Reibschale 3 min zermahlen und die Veränderung des Ascorbinsäure-Gehaltes verfolgt. Es ergab sich, wie Abb. 3 zeigt, zunächst ein sehr starker Abfall, dem sich eine nur langsame Abnahme in den folgenden Stunden anschloß. Der Gehalt an Gesamt-Vitamin C nahm ebenfalls, jedoch etwas langsamer und weniger stark ab. Bei Spargel war der anfängliche Abfall des Ascorbinsäuregehaltes schwächer als bei Endivie, setzte sich aber anhaltend fort, so daß die Ascorbinsäure bald vollständig verloren ging. Stärkeres Zermahlen in einer Kugelmühle beschleunigte die Abnahme.

Schlußfolgerungen.

Daß Lichteinwirkung die Ascorbinsäure-Bildung in grünen Pflanzenteilen begünstigt, wurde schon häufig angenommen². Die vorliegenden Befunde sind jedoch

¹ WOLF, J.: Gartenbauwiss. 15, 109, 590 (1940/41).

² GIROUD, A.: L'acide ascorbique dans la cellule et les tissus. Protoplasma-Monographie Nr. 16. Berlin: Gebr. Borntraeger 1938. — SOMERS, G., u. K. BEESON: Adv. Food Res. 1, 291 (1948).

durch einen Lichteffect allein nicht erklärbar, da auch im Dunkeln eine Zunahme erfolgt. Weiterhin zeigen die Versuche an unverletzten Pflanzen in Übereinstimmung mit ähnlichen Untersuchungen von KERSTING¹ und anderen, daß der Ascorbinsäure-Gehalt freiwachsender Pflanzen sich innerhalb eines Tages nicht oder nur wenig verändert. Die beobachtete Zunahme muß vielmehr auf die stattgefundene Verletzung als auslösende Ursache zurückgeführt werden und steht vielleicht im Zusammenhang mit Stoffwechselfvorgängen, welche zur Ausbildung eines Wundabschlusses führen.

Im Verhältnis zu dem nicht sehr großen Anteil an verletztem Gewebe ist die auf das gesamte Gewebe bezogene Ascorbinsäure-Zunahme außerordentlich hoch. Es muß daher angenommen werden, daß die durch die Verletzung in Mitleidenschaft gezogene und am Ascorbinsäure-Zuwachs beteiligte Umgebung für Endivie und Spargel besonders groß ist. Bei den übrigen untersuchten Pflanzen ist dieses Gebiet möglicherweise viel kleiner, so daß eine ebenso starke örtliche Zunahme des Gehaltes an Ascorbinsäure wie bei jenen beiden Pflanzen infolge ihres geringen Anteils unbeobachtet geblieben wäre. Es wurden daher weitere Versuche mit dünnen Scheiben in Angriff genommen, über die zu gegebener Zeit berichtet werden soll.

Eine zu weitgehende Zerkleinerung führt indessen wieder zu einem Rückgang des Ascorbinsäuregehaltes, wie aus den Versuchen mit Gewebeprei hervorgeht. Hier tritt die Ascorbinsäure-Oxydation im zerstörten Gewebe in den Vordergrund, abgesehen davon, daß der Anteil an unversehrtem Gewebe zu klein wird, um sich noch durch eine Ascorbinsäure-Zunahme bemerkbar zu machen. Es gibt also einen hinsichtlich der Ascorbinsäure-Zunahme optimalen Zerkleinerungsgrad.

Eine praktische Nutzbarmachung der beschriebenen Ascorbinsäure-Vermehrung erscheint bei den erwähnten — und wenn sich die für einen entsprechend gewählten Zerkleinerungsgrad geäußerten Erwartungen bestätigen, auch bei anderen — Gemüsepflanzen sowohl im Gang der haushaltsmäßigen als auch der industriellen Verarbeitung wohl möglich. Es könnte dadurch in einfacher Weise der Vitamingehalt mancher Lebensmittel erhöht oder etwa der beim Konservieren von Gemüse stets eintretende Verlust an Ascorbinsäure durch Einschaltung einer passend gewählten Lagerzeit nach dem Zerkleinern wieder ausgeglichen werden.

Zusammenfassung.

An einigen Pflanzen, besonders Endivie und Spargel, läßt sich eine starke Erhöhung des Ascorbinsäure-Gehaltes beobachten, wenn sie bei der Verarbeitung nach der Ernte zerschnitten oder geschält werden. Der Ascorbinsäure-Gehalt steigt meist nach einem Tag bis zu einem Maximum an, wobei er das Doppelte der Ausgangswerte erreichen kann. Der Gehalt an Dehydroascorbinsäure verändert sich dabei nicht wesentlich. Tageslicht oder künstliches Licht begünstigt die Zunahme des Ascorbinsäuregehaltes, Verdunkelung hemmt sie oder hat Abnahme zur Folge. Sowohl bei zu geringer als auch bei zu weitgehender Zerkleinerung tritt keine Ascorbinsäure-Zunahme ein.

¹ KERSTING, W.: Angew. Chem. 60, 42 (1948).