



Der Einfluss thermischer Behandlung von Spinat im Temperaturbereich bis 100°C auf den Gehalt an wesentlichen Inhaltsstoffen

II Veränderungen von Abtropfgewicht, Trockensubstanz-, Vitamin-C-, Vitamin-B₁- und Oxalsäuregehalt

K. Paulus, R. Duden, A. Fricker, K. Heintze und H. Zohm

Institut für Chemie und Technologie der
Bundesforschungsanstalt für Ernährung, D-75 Karlsruhe (Deutschland)
(Angenommen 29. Juli 1974, lwt 286)

Die Ergebnisse zeigen, dass mit z. T. beträchtlichen Veränderungen im Verlaufe der thermischen Behandlung zu rechnen ist. Dies drückt sich schon in einem deutlichen Gewichtsverlust aus, der bei hohen Wassertemperaturen und längeren Behandlungszeiten bis zu 30% betragen kann. Die Oxalsäureverluste durch die Auslaugung sind nicht so stark, obwohl gerade hier eine stärkere Reduzierung wünschenswert wäre. Für die bei den Untersuchungen berücksichtigten Vitamine C und B₁ ergab sich, dass der Abbau jeweils entsprechend einer Reaktion erster Ordnung erfolgt. Die reaktionskinetischen Daten konnten somit berechnet werden. Die Verluste an Vitamin C waren bei den angewendeten Extrembedingungen z. T. sehr hoch. Auch Vitamin B₁ ist in Spinat relativ hitzelabil, wenn auch die Verluste nicht so hoch sind wie bei Vitamin C.

Einige Untersuchungen wurden sowohl mit Frühjahr- und Herbstspinat der selben Sorte durchgeführt. Im qualitativen Verhalten der Inhaltsstoffe konnten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Gewisse Unterschiede ergeben sich jedoch in bezug auf die Absolutwerte der einzelnen Inhaltsstoffe in der Rohware.

Eine endgültige Wertung ist erst unter Berücksichtigung der Veränderungen anderer Inhaltsstoffe, über die in folgenden Mitteilungen berichtet werden soll, sinnvoll.

Influence of heat treatments of spinach at temperatures up to 100°C on important constituents II Changes of drained weight and contents of dry matter, vitamin C, vitamin B₁ and oxalic acid

The results on drained weight and dry matter content indicate certain differences with respect to the composition of the raw material since the results vary considerably. There is a certain tendency, however, that with increasing process time at constant temperatures and with increasing temperature at constant process times the drained weights and dry matter contents—are reduced. The loss of ascorbic acid and thiamine can be represented by equations indicating first-order reactions. *D*-values are reduced with increasing temperature of the heating medium, the calculated *z*-values are about 65°C for vitamin C and vitamin B₁. High contents of oxalic acid are undesirable, however, the loss during the thermal treatment is small only; maximum loss of 20% was observed when the product was exposed to 100°C for 17 minutes.

Einleitung

Die Durchführung der thermischen Behandlungen wurde in der I. Mitteilung ausführlich beschrieben (1). Es wird deshalb im folgenden ausschliesslich über die Bestimmung der Inhaltsstoffe bzw. deren Veränderung im Verlauf der thermischen Behandlungen berichtet.

1.0 Methodik und Vergleich der Ausgangswerte

Das Abtropfgewicht ist das Gewicht des Spinats nach der Behandlung bzw. nach dem Abtropfen des anhaftenden Wassers. Über das Abtropfgewicht lässt sich der durch die Behandlung bewirkte Gewichtsverlust ermitteln. Die Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes erfolgte durch Trocknung aliquoter Teile bei 105°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz. Der Gesamtvitamin C-Gehalt wurde titri-

metrisch (Dichlorphenolindophenol), der Gehalt von Vitamin B₁ fluorimetrisch (Thiochrom) bestimmt. Die Ermittlung des Oxalsäuregehaltes in Spinat erfolgte nach der Methode von ADRIAANSE und ROBBERS (2). In Tab. 1 sind die Ergebnisse der Ausgangsbestimmungen zusammengefasst.

Die Trockensubstanzgehalte liegen relativ niedrig und unterscheiden sich bei Frühjahr- und Herbstspinat deutlich. Innerhalb der Versuchsreihe mit Frühjahr-Spinat waren die Trockensubstanzgehalte der einzelnen Chargen einheitlicher, während bei den Untersuchungen mit Herbstspinat eine Charge im Vergleich zu den anderen einen deutlich niedrigeren Gehalt aufwies.

Der Vitamin C-Gehalt des Frühjahr-Spinates lag dagegen um etwa 20% höher als der des Herbstspinates; allerdings war der Absolutgehalt relativ niedrig. Möglicherweise lassen sich diese niedrigen Werte beim Vitamin C-Gehalt durch Veränderun-

Tab. 1 Ergebnisse der Ausgangsbestimmungen (FS = Frischsubstanz).

Probe*)	Trockensubstanz g/100 g FS	Vitamin C mg/100 g FS	Vitamin B ₁ µg/100 g FS	Oxalsäure mg/100 g FS
1.0	5,5	38,0	—	—
2.0	5,4	33,6	—	—
3.0	5,1	35,7	—	—
4.0	5,4	33,1	—	—
Mittelwert 1–4	5,35	35,1	—	—
Standardabw.	0,17	3,0	—	—
5.0	6,6	32,6	80,8	634
6.0	5,9	27,4	94,9	621
7.0	6,8	33,3	91,0	624
8.0	6,5	23,5	102,4	632
Mittelwert 5–8	6,45	29,2	92,3	628
Standardabw.	0,39	4,6	9,0	6,3

*) Bezeichnungen siehe I. Mitteilung (ref. 1)

gen zwischen Ernte und Verarbeitung begründen, da nach anderen Untersuchungsergebnissen in diesem Zeitraum Verluste an Vitamin C von bis zu 60% auftreten können und durch das Waschen noch einmal mit Abnahmen zu rechnen ist (3). Der Vitamin B₁-Gehalt des Herbstspirates liegt bei etwa 90 µg/100 g Frischsubstanz mit gewissen Unterschieden von Charge zu Charge.

Der Oxalsäuregehalt ist dagegen bei allen Chargen sehr konstant. Um die genannten Unterschiede richtig zu deuten, muss berücksichtigt werden, dass der prozentuale Anteil der einzelnen Pflanzenteile an einer Charge die Absolutwerte merklich beeinflussen kann. So wurde festgestellt, dass bezogen auf die Gesamtpflanze auf die einzelnen Pflanzenteile folgende Gewichtsanteile entfallen: 61,8% auf das Blatt, 21,5% auf die Sprossachse, 9,6% auf die Mittelrippe und der Rest von 7,1% auf Wurzel und Knospe (4). Weiter ist festzuhalten, dass die Konzentrationen von Ascorbinsäure und Oxalsäure im Blatt 2- bis 4mal so hoch sind wie in anderen Pflanzenteilen. Somit wirken sich die Anteile der einzelnen Pflanzenteile innerhalb der einzelnen Chargen sicherlich auf den Gehalt an den Inhaltsstoffen aus.

2.0 Veränderungen im Verlauf der thermischen Behandlung

Die Veränderungen der einzelnen Inhaltsstoffe werden getrennt behandelt, da je nach Inhaltsstoff verschiedene Mechanismen verantwortlich sind und eine allgemeine Be-

trachtung deshalb keine detaillierten Hinweise und Folgerungen liefern kann.

2.1 Veränderungen der Abtropfgewichte

Über die Veränderungen der Abtropfgewichte lassen sich die Gewichtsverluste direkt berechnen. In Tab. 2 sind die Veränderungen zusammengefasst.

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass offenbar beträchtliche Unterschiede in bezug auf die «Zusammensetzung» der einzelnen Chargen bestehen. Es ist zwar die erwartete Tendenz erkennbar, dass bei konstanter Temperatur mit zunehmender Zeit die Verluste ebenfalls grösser werden. Vergleicht man jedoch den Einfluss der Temperatur bei jeweils konstanter Behandlungszeit, so zeigt sich nur bei Frühjahr-Spinat ebenfalls ein mit steigender Temperatur zunehmender Gewichtsverlust. Beim Herbstspinat dagegen sind beträchtliche Schwankungen zu verzeichnen, und nur bei längeren Behandlungszeiten wird die Temperaturabhängigkeit der Veränderung des Abtropfgewichtes deutlich erkennbar. Die Verluste liegen je nach Prozessbedingungen in einem Bereich zwischen 15 und 30%, wobei die Verluste beim Frühjahr-Spinat im Vergleich zum Herbstspinat durchweg um wenige bis maximal 5% höher sind.

2.2 Veränderungen des Trockensubstanzgehaltes

Die Ergebnisse der Bestimmungen des Trockensubstanzgehaltes sind in Tab. 3 und 4 zusammengefasst.

Tab. 2 Gewichtsverlust in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur und -zeit (Angaben in % bezogen auf das Gewicht des gewaschenen Spirates)

Spinat	Behandlungs- temperatur °C	Behandlungszeit min								
		1,5	2	3	4	5	7	9	17	33
Frühjahr	70	—	16,7	17,3	—	18,0	—	18,0	19,3	21,7
	80	19,3	22,2	22,0	—	22,6	—	23,3	28,7	—
	90	21,0	25,7	25,7	—	25,7	—	26,7	29,7	—
	100	22,7	24,0	26,6	—	29,3	—	30,4	—	—
Herbst	70	—	14,4	18,7	19,0	19,3	19,3	20,0	22,0	—
	80	13,4	17,7	18,0	19,3	20,3	22,3	24,0	31,3	—
	90	14,3	16,0	16,0	18,6	19,6	20,6	21,6	23,0	—
	100	16,7	17,7	18,0	20,0	20,3	24,2	25,2	30,9	—

Tab. 3 Veränderungen der Trockensubstanzgehalte von Frühjahr-Spinat in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur und -zeit (Angaben in g/100 g FS, FS = Feuchtsubstanz)

Versuchsbezeichnung*	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7
1.	—	5,74	5,84	5,79	6,36	5,44	5,10
2.	6,68	6,37	6,28	6,48	6,55	6,10	—
3.	6,52	5,84	5,86	6,00	5,71	5,47	—
4.	7,00	6,72	6,46	7,00	5,77	—	—

* siehe I. Mitteilung (ref. 1)

Tab. 4 Veränderungen der Trockensubstanzgehalte von Herbstspinat in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur und -zeit (Angaben in g/100 g FS, FS = Feuchtsubstanz)

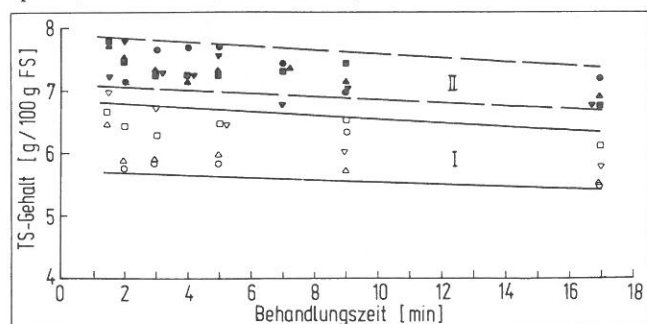
Versuchsbezeichnung*	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8
5.	—	7,13	7,66	7,70	7,70	7,43	6,95	7,20
6.	7,83	7,43	7,23	7,26	7,28	7,33	7,44	6,73
7.	7,76	7,54	7,34	7,24	7,30	7,33	7,14	6,91
8.	7,21	7,82	7,28	7,30	7,57	6,67	7,02	6,67

* siehe I. Mitteilung (ref. 1)

Vergleicht man die Trockensubstanzgehalte der behandelten Spinatproben mit den unbehandelten, so ist ein sprunghafter Anstieg festzustellen. Dieser «Niveauunterschied» lässt sich z. T. damit begründen, dass offenbar die thermische Behandlung selbst bei sehr kurzen Zeiten zu einer erhöhten Permeabilität oder sogar zum Zerstören der Zellen führt, so dass ein rascher Substanzverlust eintreten kann. Dies geht auch aus den Gewichtsverlusten selbst hervor. Wegen des hohen Wassergehaltes des Spinates und des schon nach der kürzesten Behandlungszeit auftretenden Gewichtsverlustes von etwa 15% dürfte dies vor allem den Wasseranteil betreffen, so dass der Trockensubstanzgehalt ansteigt. Tatsächlich liegen die Trockensubstanzgehalte nach der jeweils kürzesten Behandlungszeit um etwa 12 bis 22% höher als die entsprechenden Gehalte der Rohware. Da der Spinat nach dem Abtropfen nicht vollständig trocken war, könnte jedoch der sprunghafte Anstieg des Trockensubstanzgehaltes bzw. der sprunghafte Gewichtsverlust auch teilweise durch diesen Sachverhalt begründet werden, denn durch die thermische Behandlung wird auch das Haftvermögen des Wassers an den Spinatblättern verändert. Die Frage, welcher dieser beiden genannten Sachverhalte überwiegt, lässt sich jedoch erst nach Berücksichtigung der Veränderungen anderer Inhaltsstoffe beantworten. Im Fall des Zutreffens der ersten Hypothese müssten dann auch der Gehalt wasserlöslicher Inhaltsstoffe sprunghaft abnehmen, im Falle der Gültigkeit der zweiten Hypothese müsste der Gehalt zunehmen.

Abb. 1 Veränderungen des Trockensubstanz(TS)gehaltes im Verlauf der thermischen Behandlung

(FS = Frischsubstanz, I. = Frühjahr-Spinat, II. = Herbstspinat; ○ = 70 °C, □ = 80 °C, △ = 90 °C, ▽ = 100 °C)



Ein gewisser Hinweis auf die Beantwortung dieser Frage ergibt sich bei Betrachtung der Veränderungen des Trockensubstanzgehaltes im Verlauf der Behandlung (s. **Abb. 1**).

Es zeigt sich, dass die Trockensubstanzgehalte sehr stark streuen und ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Trockensubstanzgehalt, Temperatur und Zeit der Behandlung nicht abzuleiten ist. Trotzdem machen die in **Abb. 1** eingezeichneten Bereichsgrenzen sowohl bei Frühjahr- als auch bei Herbstspinat deutlich, dass der Trockensubstanzgehalt nur sehr langsam abnimmt. Dies würde eher eine Bestätigung der Vermutung sein, dass durch das während der Behandlung veränderte Wasserhaftvermögen das an der Oberfläche haftende Wasser besser abtropft, die effektiven Wasserverluste also geringer sind.

2.3 Vitamin C

Da Vitamin C sowohl thermolabil als auch wasserlöslich ist, reagiert dieser Inhaltsstoff empfindlich auf thermische Behandlungen in Wasser und ist somit ein guter Indikator für das Ausmass der durch die Behandlung bewirkten thermischen Belastung auf die wertgebenden Inhaltsstoffe ganz allgemein. Daneben ist Vitamin C gerade bei Spinat ein wesentlicher Inhaltsstoff, so dass der Veränderung dieses Vitamins auch praktische Bedeutung beizumessen ist.

Trägt man die Vitamin-C-Gehalte in Abhängigkeit von der Zeit für die jeweiligen Behandlungstemperaturen im halb-logarithmischen System auf, so erhält man Geraden (**Abb. 2** und **3**).

Somit wird Vitamin C entsprechend einer Reaktion erster Ordnung abgebaut und es gilt:

$$-\frac{d(a-x)}{dt} = k \cdot (a-x); T = \text{const.}$$

Es ist a = Ausgangsgehalt zur Zeit $t = 0$ x = Abnahme des Gehaltes nach der Zeit t $a - x$ = Verbleibender Gehalt zur Zeit t k = Geschwindigkeitskonstante der Abbaureaktion T = Temperatur

Die Geschwindigkeitskonstanten lassen sich aus den Abbildungen 2 und 3 entnehmen, denn es ergibt sich nach Integration der obigen Gleichung und Auflösung nach k :

$$k = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{a}{a-x} \right) = \frac{2,303}{t} \log \left(\frac{a}{a-x} \right)$$

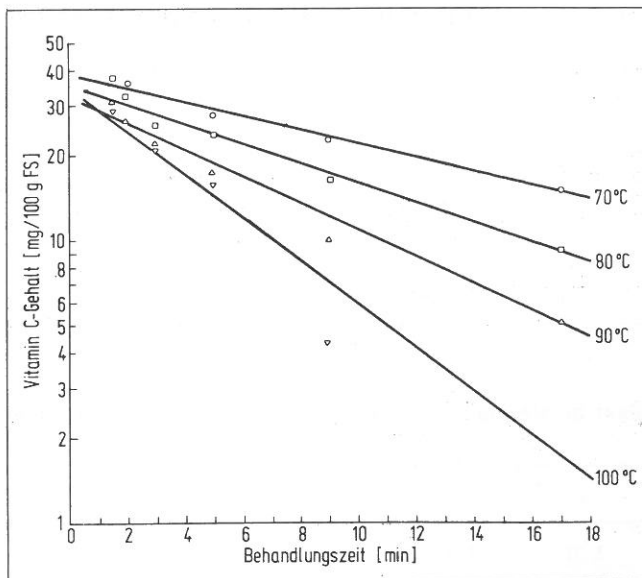


Abb. 2 Abnahme des Vitamin C-Gehaltes von Frühjahr-Spinat in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur und -zeit

Die errechneten Werte für die Konstanten sind in Tabelle 5 zusammengefasst. In der selben Tabelle sind auch die Dezimalreduktionszeiten D aufgeführt, die die Zeit bei konstanter Temperatur angeben, nach der der Gehalt an Vitamin C um eine Zehnerpotenz vermindert ist. Denn es gilt:

$$D = \frac{1}{k} \ln \frac{100}{100 - 90} = \frac{\ln 10}{k} = \frac{2,303}{k}$$

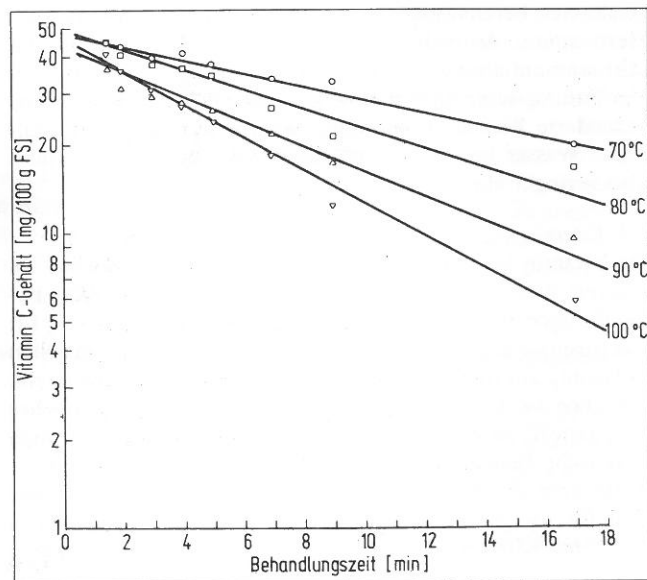


Abb. 3 Abnahme des Vitamin C-Gehaltes von Herbstspinat in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur und -zeit

In Anlehnung an die Beschreibung der Mikroorganismenabtötung ist es möglich und auch üblich, für Vitamine und Enzyme z -Werte zu berechnen. Der z -Wert gibt an, um wieviel °C die Behandlungstemperatur erhöht oder erniedrigt werden muss, damit sich der D -Wert um Faktor 10 erniedrigt oder erhöht. Die Verknüpfung von z -Werten und D -Werten lässt sich mathematisch wie folgt ausdrücken:

$$z = \frac{10}{\log(D_1/D_2)}$$

In Abb. 4 ist die Temperaturabhängigkeit der Dezimalreduktionszeiten dargestellt (in Abb. 4 und 5 sind jeweils auch die Werte für Vitamin B₁ [s. Abschnitt 2.4] eingezeichnet).

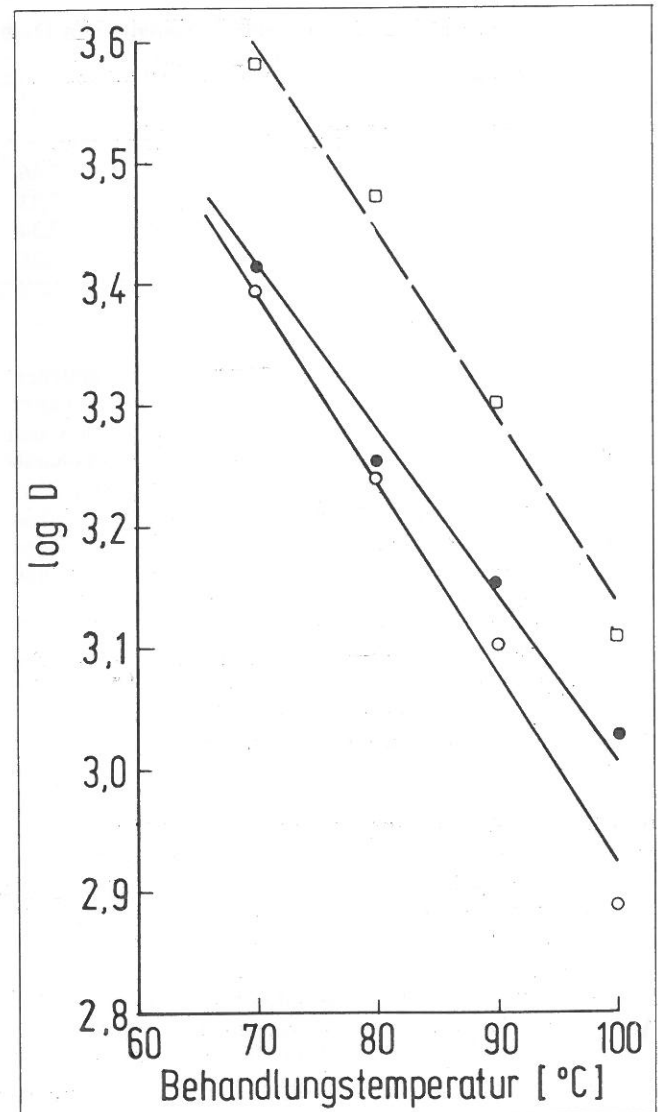


Abb. 4 Temperaturabhängigkeit der D -Werte von Vitamin C und Vitamin B₁ in Spinat (— = Vitamin C, ○ = Frühjahr-Spinat, ● = Herbstspinat, - - - = Vitamin B₁)

Tab. 5 Geschwindigkeitskonstanten und Dezimalreduktionszeiten der Abbaureaktion von Vitamin C in Spinat

Behandlungstemperatur °C	Geschwindigkeitskonstante k sec ⁻¹		Dezimalreduktionszeit D sec	
	Frühjahr-Spinat	Herbstspinat	Frühjahr-Spinat	Herbstspinat
70	$9,3 \times 10^{-4}$	$8,9 \times 10^{-4}$	$2,48 \times 10^3$	$2,59 \times 10^3$
80	$13,4 \times 10^{-4}$	$13,0 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^3$	$1,78 \times 10^3$
90	$18,4 \times 10^{-4}$	$16,2 \times 10^{-4}$	$1,26 \times 10^3$	$1,43 \times 10^3$
100	$29,2 \times 10^{-4}$	$21,6 \times 10^{-4}$	$0,79 \times 10^3$	$1,07 \times 10^3$

Die Daten in **Tab. 5** und die Kurven in **Abb. 4** zeigen, dass der thermische Abbau von Vitamin C in Spinat in den Proben beider Untersuchungsreihen praktisch gleich verläuft. Die Geschwindigkeitskonstanten und Dezimalreduktionswerte unterscheiden sich nur wenig, doch wird die Tendenz sichtbar, dass Vitamin C im Herbstspinat etwas stabiler ist. Dies drückt sich letztlich auch durch die errechneten z -Werte aus, wobei der Wert für Herbstspinat mit 73°C etwas höher liegt als der mit 61°C für Frühjahr-Spinat.

Ebenfalls von Interesse ist die scheinbare Aktivierungsenergie. Entsprechend der integrierten Form der Arrhenius-Gleichung

$$k = A \cdot e^{-E/RT}$$

mit E = Aktivierungsenergie, R = Gaskonstante, T = absolute Temperatur, A = Konstante

kann diese errechnet werden, sofern sich die Temperaturabhängigkeit der Konstanten der Reaktionsgeschwindigkeiten durch diese Gleichung beschreiben lässt. Um dies zu prüfen, wird die Gleichung wie folgt umgeschrieben:

$$\ln k = \ln A - \frac{E}{RT} \quad \text{oder} \quad 2,3 \log k = 2,3 \log A - \frac{E}{R \cdot T}$$

Trägt man dann $\log k$ gegen $1/T$ auf, so kann E über die Steigung der Kurve errechnet werden.

Es ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen $\log k$ und $1/T$, und die scheinbare Aktivierungsenergie im Temperaturbereich zwischen 70 und 100°C für den Vitamin C-Abbau beträgt $8,7$ kcal/Mol für den untersuchten Frühjahr-Spinat und $7,3$ kcal/Mol für den Herbstspinat.

2.4 Vitamin B₁

Vitamin B₁ wird wie allen Vitaminen des B-Komplexes eine grössere Hitzestabilität zugeschrieben. Aus verschiedenen Untersuchungen geht hervor, dass auch der Vitamin B₁-Abbau mit einer Reaktion erster Ordnung beschrieben werden kann. Zum Teil wurden jedoch auch andere Reaktionsordnungen festgestellt. Um die Reaktionsordnung und die für den Abbau des Vitamin B₁ charakteristischen Daten zu ermitteln, wurde wie in 2.3 beschrieben, verfahren. Die Vitamin B₁-Veränderungen in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur und -zeit wurden nur mit Herbstspinat untersucht.

Abb. 5 Darstellung von $\log k$ in Funktion von $1/T$

(— = Vitamin C, ○ = Frühjahr-Spinat, ● = Herbstspinat, - - - = Vitamin B₁)

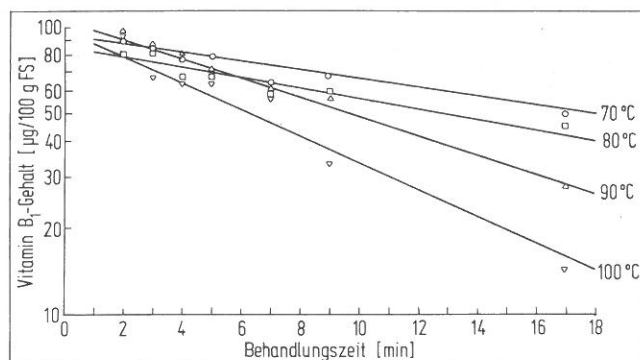
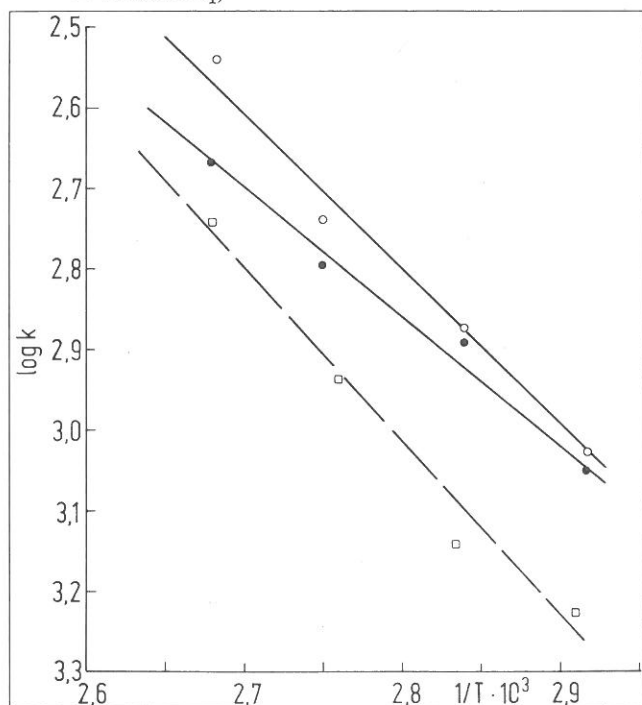


Abb. 6 Abnahme des Vitamin B₁-Gehaltes in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit

Da die einzelnen Chargen etwas unterschiedliche Ausgangsgehalte aufweisen, kommt es ähnlich wie bei den Kurven für Vitamin C zu Überschneidungen, die das Bild scheinbar komplizieren. Für die die Reaktion charakterisierenden Konstanten ist jedoch nur die Steigung der Kurven von Bedeutung. Die Ergebnisse zeigen, dass der Abbau auch hier entsprechend einer Reaktion erster Ordnung erfolgt. Die Kurvenverläufe deuten schon darauf hin, dass der Abbau von Vitamin B₁ je nach Höhe der Behandlungstemperatur ebenfalls beträchtlich sein kann und somit ähnliche Daten wie bei

Tab. 6 Geschwindigkeitskonstanten und Dezimalreduktionszeiten der Abbaureaktion von Vitamin B₁ in Spinat

Behandlungs- temperatur °C	Geschwindigkeits- konstante k sec ⁻¹	Dezimalreduktions- zeit D sec
70	$6,0 \times 10^{-4}$	$3,86 \times 10^3$
80	$7,2 \times 10^{-4}$	$3,19 \times 10^3$
90	$11,6 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^3$
100	$17,9 \times 10^{-4}$	$1,29 \times 10^3$

Vitamin C zu erwarten sind. Die aus den Kurven errechneten Werte für die Konstanten der Reaktionsgeschwindigkeit k und die Dezimalreduktionszeiten D sind in **Tab. 6** zusammengefasst, der Zusammenhang zwischen $\log D$ und Behandlungstemperatur ist in **Abb. 4** dargestellt.

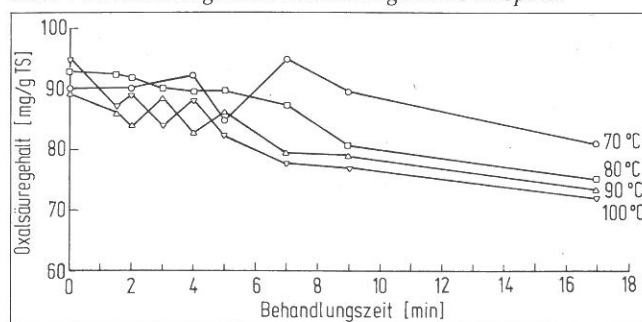
Der z -Wert ergibt sich wie beschrieben aus der Steigung der Kurve in **Abb. 4** und liegt mit 65 min nur wenig höher als der Wert für Vitamin C bei Frühjahr-Spinat.

Für die Ermittlung der scheinbaren Aktivierungsenergie ist wiederum die Darstellung von $\log k$ in Abhängigkeit vom reziproken Wert der absoluten Temperatur erforderlich (vergl. **Abb. 5**). Es ergibt sich ein Wert von $9,8$ kcal/Mol.

2.5 Oxalsäure

Ein hoher Gehalt an Oxalsäure in Spinat ist unerwünscht, da der Oxalsäure entcalcifizierende Wirkung zugeschrieben wird

Abb. 7 Veränderungen des Oxalsäuregehaltes in Spinat



(5). Ein möglichst hoher Verlust an diesem Inhaltsstoff ist deshalb positiv zu werten. In Spinatblättern liegt Oxalsäure nicht frei, sondern in Form von Salzen, die z. T. wasserlöslich, z. T. wasserunlöslich sind, vor. Ein Teil der löslichen Oxalsäure wird bei thermischen Behandlungen in unlösliche übergeführt; so wurde durch Wasserblanchieren das Verhältnis von löslicher zu unlöslicher Oxalsäure in der Rohware von 1:1 hin zu einem solchen von 1:4 verschoben (6).

Die Veränderungen des Gesamtoxalsäuregehaltes in den untersuchten Spinatproben der Herbsternte in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur und -zeit sind in **Abb. 7** dargestellt.

Der Oxalsäuregehalt nimmt mit zunehmender Behandlungszeit langsam ab, wobei der Temperatureinfluss im berücksichtigten Temperaturbereich relativ gering zu sein scheint. Die tatsächlichen Abnahmen nach 17 Minuten betragen 10% bei 70 °C, 17,5% bei 80 °C, 13,5% bei 90 °C und 19% bei 100 °C. Der Wert bei 80 °C fällt somit aus der erwarteten Reihenfolge. Die Schwankungen im Ausgangsgehalt wirken sich nachteilig auf die Interpretation der Auslaugverluste aus. Aus den in **Abb. 7** aufgetragenen Kurven vor allem im Zeitbereich ab etwa 7 Minuten ist jedoch zu entnehmen, dass die Abnahmerate bei allen 4 Temperaturen ähnlich gross ist. Insgesamt muss festgestellt werden, dass der Gehalt an Oxalsäure nur relativ langsam vermindert wird.

Dank

Für die sehr gewissenhafte Durchführung der Analysen gilt **Fräulein Jäger, Fräulein Lippa und Herrn Bucher** besonderer Dank.

Literatur

- 1 PAULUS, K., FRICKER, A., DUDEN, R., HEINTZE, K. und ZOHN, H., *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.*, 8, 7 (1975)
- 2 ADRIAANSE, A. und ROBBERS, I. E., *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 141, 158 (1969/70)
- 3 MEINEKE, R., AIGN, W. und MUSKAT, E., *GV-Praxis*, 14, 95 (1973)
- 4 ACHTZEHN, M. K. und HAWAT, H., *Nahrung*, 15, 527 (1971)
- 5 ACKERMANN, H. und GEBAUER, H., *Nahrung*, 1, 278 (1957)
- 6 RICHTER, E. und HANDKE, S., *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 153, 31 (1973)