

Mitose (Berlin 1934). — COWDRY, E. V., Zit. nach LINZBACH, A. J.: Quantitative Biologie und Morphologie des Wachstums, einschließlich Hypertrophie und Riesenzellen, in Handbuch der Allg. Pathologie Bd. VI/1. (Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955.) — DE CARO, L., Unveröffentlichter Vortrag. (Frankfurt 1961.) — DE CARO, L., R. MINELLI und G. FERRARI, Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. **27**, 212–219 (Darmstadt 1961). — DE CARO, L., V. PERRI und V. CAPELLI, Internat. Z. Vitaminforsch. **27**, 475–478 (1957). — DE CARO, L., G. RINDI und G. FERRARI, Internat. Z. Vitaminforsch. **29**, 40–44, 1958. — DE CARO, L., G. RINDI und E. GRANA, Exper. **10**, 140–144 (1954). — DE CARO, L., G. RINDI, V. PERRI und G. FERRARI, Z. Internat. Vitaminforsch. **26**, 343–352 (1955/56). — DE CARO, L., G. RINDI, V. PERRI und G. FERRARI, Exper. **12**, 300–301 (1956). — DE CARO, L., G. RINDI, V. PERRI und G. FERRARI, Internat. Z. Vitaminforsch. **28**, 252–273 (1957). — DORNOW, A. und G. PETSCH, Arzneimittel-Forsch. **5**, 305–312 (1955). — EDLUND, Y. und H. HOLMGREN, Z. exper. Med. **109**, 11–31, 1941. — GLÄSS, E., Zit. nach BUCHER, O.: Die Amitose der tierischen und menschlichen Zelle. Protoplasmatologie Bd. VI/E 1 (Wien 1959). — GRUNDMANN, E., Beitr. path. Anat. **111**, 36–76 (1951). — GRUNDMANN, E. und G. BACH, Beitr. path. Anat. **123**, 144–173 (1960). — KÜHN, H. A., Beitr. path. Anat. **109**, 589–649 (1947). — LANG, K., Biochemie der Ernährung (Darmstadt 1957). — MAC MAHON, E., Amer. J. Path. **13**, 845–852 (1937). — MAKINO, S. und T. TANAKA, Texas Rep. Biol. Med. **2**, 588–592 (1953). — OGATA, K., T. SHIMIZU und C. ENOKI, J. Biochem. **40**, 141–150 (1953). — PONGRATZ, A., Vitamine und Antivitamine. Protoplasmatologia Bd. II/B2b (Wien 1960). — POPPER, A. und F. SCHAFFNER, Die Leber. Struktur und Funktion (Stuttgart 1961). — PFUHL, W., Anat. Entw.gesch. **109**, 99–133 (1939). — RINDI, G. und V. PERRI, Biochem. J. **80**, 214–216 (1961). — ROBLEDO, M., Amer. J. Path. **32**, 1215–1231 (1956). — TEIR, H., Acta path. microbiol. Scand. **25**, 45–51 (1948). — TIMONEN, S., Acta obstr. gynec. Scand. **31**, Suppl. 2 (1950). — TONUTTI, E. und J. WALLRAFF, Z. mikroskop. anat. Forsch. **44**, 532–549 (1938). — WOOLLEY, D. W., A study of antimetabolites (New York 1952). — WOOLLEY, D. W., J. biol. Chem. **191**, 43–54 (1954). — WOOLLEY, D. W. und A. G. C. WHITE, J. biol. Chem. **149**, 285–289 (1943).

Anschrift des Verfassers :

Dr. J. WEBER, Pathol. Univ.-Institut, 6000 Frankfurt a. M.

*Aus dem Physiologisch-Chemischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Lang)*

Untersuchungen über den Nährwert von Dehydro-Gemüsen

VON WALDTRAUD KIECKEBUSCH und KONRAD LANG

Mit 9 Tabellen

(Eingegangen am 10. Mai 1963)

Trocknen von Lebensmitteln ist eine altbekannte Methode zur Haltbarmachung. Auch auf diesem Gebiete sind durch Verbesserung der Verfahren in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte erzielt worden. Da heute unter sehr viel schonenderen Bedingungen getrocknet wird als früher, ist die Qualität der Produkte viel besser geworden und zwar sowohl hinsichtlich der organoleptischen Eigenschaften als auch der ernährungsphysiologischen. Das Dehydro-Gemüse von heute läßt sich daher nicht mit den vor Jahrzehnten hergestellten Produkten vergleichen. Unsere Untersuchungen beziehen sich auf

Gemüse, das durch Warmluft getrocknet worden war. Es zeigte keine Verfärbungen, hatte ein ausgezeichnetes Rehydratationsvermögen und keinen auffallenden Geruch. THOMAS und CALLOWAY (1) haben unlängst Analysen von Carotin und Ascorbinsäure von unter etwa den gleichen Bedingungen getrockneten Gemüsen mitgeteilt und eine ausgezeichnete Erhaltung beider Vitamine festgestellt. In Ernährungsversuchen am Menschen, bei denen die Versuchspersonen ausschließlich getrocknete Lebensmittel erhielten (das Fleisch und die Früchte waren gefriergetrocknet, das Gemüse mit Warmluft) (1), ergab sich eine ausgezeichnete Verträglichkeit. Die biologische Wertigkeit des Nahrungsproteins war gegenüber den nicht getrockneten Lebensmitteln unverändert geblieben. Röntgenuntersuchungen ergaben keinen Unterschied zwischen getrockneter und nicht getrockneter Nahrung hinsichtlich der Motorik des Magen-Darm-Traktes. Der Carotinspiegel im Blut zeigte ebenfalls keine Unterschiede.

Über die Vitaminverluste von warmluftgetrockneten Früchten und Gemüsen hat HENDEL (2) unlängst zusammenfassend berichtet. Übereinstimmend geben alle Autoren, die seit 1942 sich mit dem Trocknen von Gemüse beschäftigt haben, an, daß Carotin zu 75–100% beim Blanchieren und Trocknen erhalten bleibt. Ebenso werden nur recht geringe Verluste an Thiamin, Riboflavin, Pantothersäure und Niacin gefunden. Größere Differenzen ergeben sich bei der Ascorbinsäure. Die Angaben schwanken nach HENDEL (2) zwischen 10% Verlust und fast vollständiger Zerstörung. Offensichtlich spielt bei der Ascorbinsäurerhaltung neben den Trocknungsbedingungen noch die Gemüseart eine Rolle. Nach WISS (3) betragen die Ascorbinsäureverluste bei der Trocknung von Gemüse, wenn die Temperatur gegen Ende des Prozesses 60° C nicht überschreitet im Allgemeinen nicht mehr als 10–15%. Die Erhaltung der Vitamine bei der Lagerung getrockneter Lebensmittel ist nach den Untersuchungen von THOMAS und CALLOWAY (1) gut.

Allgemeine Methodik

Zu den Untersuchungen verfütterten wir Trockenkarotten und Trockenbohnen ca. 3 Monate, Trockenspinat ca. 1 Jahr nach der Herstellung.

Wir verwendeten für alle hier aufgeführten Versuchsreihen mit Ausnahme des Vitamin C-Testes entwöhnte Sprague-Dawley-Ratten der Züchterei Gassner, München. Die Tiere wurden bei sämtlichen Experimenten in Drahtboden-Einzelkäfigen bei $23^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C Raumtemperatur und 50–60% relativer Luftfeuchtigkeit gehalten. Wasser stand immer ad lib. zur Verfügung. Die Fütterung erfolgte nach der paired-feeding Technik. Die Futteraufnahme bestimmten wir durch tägliche Einwäge und wöchentliche Rückwäge der gesammelten Reste. Das Wachstum der Tiere verfolgten wir durch wöchentliche Wägung der Tiere. Die Protein-Efficiency errechnete sich aus der Gewichtszunahme: Proteinaufnahme. Den Stickstoffgehalt der jeweiligen Versuchskost ermittelten wir durch wiederholte KJELDAHLbestimmung und rechneten das Ergebnis mit dem Faktor 6,25 auf Protein um. Die Testperioden dauerten immer 4 Wochen. Bei den Vitamin A- und C-Versuchen ging eine Vitaminmangelperiode zur Verarmung der Tiere an den zu testenden Vitaminen voraus. Die statistischen Auswertungen führten wir nach dem t-Test von STUDENT (4) durch.

A. Getrocknete Karotten

Zur Prüfung der Karotten auf ihren Carotingehalt verwendeten wir den kurativen Wachstumstest nach GUGGENHEIM und KOCH (5). Durch tägliche Wägung verfolgten wir während der Vorperiode das Gewicht der Ratten. Wachstumsstillstand trat nach ca. 3 Wochen ein. Zu diesem Zeitpunkt sind alle Körpervorräte an Vitamin A soweit erschöpft, daß analytisch kein Vitamin A mehr nachzuweisen ist. Augenschäden traten noch nicht auf. In der Hauptperiode, die weitere 4 Wochen dauerte, teilten wir die benutzten 60 Männchen in zwei Gruppen (K A und K A I). Die Ratten erhielten in Gruppe K A 10 IE/Tier/Tag Vit. A Palmitat in 0,01 ml Arachisöl gelöst. In Gruppe K A I gaben wir 17 mg im Starmix gemahlenes Carottenpulver (um ein homogenes Gemisch aus Mark und Rindenteil der Wurzeln zu erhalten) unter 2,5 g Glucose gemischt vor der üblichen Fütterung.

Die Futterzusammensetzung für diesen Versuch ist aus Tabelle I zu ersehen.

Zur Prüfung des Vitamin B-Gehaltes der Trocken-Karotten setzten wir 2 Gruppen (Ka und Ka I) zu je 20 Weibchen mit einem Anfangsgewicht zwischen 45 und 55 g ein.

Wieder ist die Diät aus Tab. 1 zu ersehen.

Tabelle 1. Futterzusammensetzung in Gewichtsprozent

	Bohnen Männchen			Karotten			
	BT I	BT III	BT IV	Männchen		Weibchen	
				Ka	Ka I	KA	KA I
Cocosfett	—	—	—	—	—	13	13
Vitamin A-frei	—	—	—	—	—	—	—
Sojaöl raff.	5	—	—	5	5	—	—
Casein vitaminfrei	10	—	—	10	10	18	18
Torulahefe	—	—	—	—	—	10	10
Mondamin	—	—	—	—	—	52	52
Cellulose	—	—	—	—	—	2	2
Salzmischung							
nach SHAW	2	2	2	2	2	5	5
Karotten	—	—	—	83	83	—	17 mg
Bohnen	83	98	98	—	—	—	—
B-Komplex:*)	+	+	—	+	—	+	+
Vit. A-palmitat							
IE/Tier/Woche	30	30	30	30	30	10/Tag	—
α -Tocopherylacetat							
mg/Tier/Woche	3	3	3	3	3	3	3

*) Tagesdosis/Tier: Thiamin 100 γ , Riboflavin 100 γ , Niacin 1 mg, Ca-pantothenat 100 γ , B₆ 50 γ , Cholinchlorid 15 mg

B. Getrocknete grüne Bohnen

Die getrockneten Bohnen untersuchten wir a) auf ihre biologische Wertigkeit, bezogen auf die Eiweißwertigkeit des Caseins, b) auf die Erhaltung der B-Vitamine und c) auf ihren Ascorbinsäuregehalt. Es wurden insgesamt 4 Gruppen (BT I, BT II, BT III und BT IV) zu je 20 männlichen Ratten mit

einem Anfangsgewicht zwischen 60 und 70 g eingesetzt. Tab. 1 gibt wieder die Futterzusammensetzung.

Für den Ascorbinsäureversuch verwendeten wir den kurativen Wachstumstest an Meerschweinchen. 2 Gruppen zu je 10 Tieren erhielten die Skorbutkost nach SHERMAN, LAMER and CAMPBELL (6). Bei beginnendem Skorbut, nach ca. 21 Tagen, der sich durch Zahnfleischschwellung und Wachstumsstillstand zeigt, gaben wir der Kontrollgruppe 0,4 mg Na-ascorbat entsprechend 0,36 mg Ascorbinsäure nach MANNERING, (7) den Mindestbedarf der Meerschweinchen, und der Versuchsgruppe 1 g gemahlene Trockenbohnen unter 5 g geschälter abgekochter Kartoffel gemischt vor der täglichen Fütterung. Wir legten unserem Experiment das Ergebnis der Trockenbohnenanalysen zu Grunde, die einen Ascorbinsäuregehalt von 0,4 mg/g Trockenbohnen ergeben hatten.

C. Trockenspinat

Bei den Untersuchungen mit Trockenspinat stießen wir auf technische Schwierigkeiten, da der Spinat von den Tieren weder trocken noch feucht in rohem Zustand aufgenommen wurde. Wir kochten ihn unter Wasserzugabe auf und saugten mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe das überstehende Kochwasser ab. Der Spinat hatte 48,5% Wasser aufgenommen, wie wir durch Trockenbestimmungen feststellen. Diese Zahl erscheint in Tab. 8. Der Kontrolle setzten wir, um vergleichbare Versuchsbedingungen zu schaffen, 49% Wasser zu.

Der Spinatversuch bestand aus 3 Gruppen (K I, I und II) zu je 20 Weibchen mit einem Anfangsgewicht zwischen 45 und 55 g. Die genaue Diätzusammensetzung ist in Tab. 8 angegeben. Durch das große Nahrungsvolumen bei geringem Eiweißgehalt waren wir gezwungen, den Spinatgruppen I und II (II erhielt eine 0,5%ige DL-Methioninzulage) 4% Casein zuzusetzen. Eine exakte Bestimmung der biologischen Wertigkeit war daher nicht möglich. — Eine Bestimmung der Vitamin B-Wirksamkeit erübrigte sich durch das notwendige Kochen des Spinates.

Tabelle 2. Karotten Vitamin A-Wachstumstest

Gruppe	Testsubstanz	Vitamin A Dosis IE/ Tier/Tag	Anfangs- gewicht i. g.	Endgewicht i. g.	Zunahme* i. g.	Futter- aufnahme i. g.
K	Vitaminpalmitat	10 IE	117	167	50*)	303
I	gemahlenes Carotten- pulver i. mg	17	84	156	72*)	293

*) Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist mit $p = 0,01$ significant.

Ergebnisse und Diskussion

1. Karotten

a) Carotin

In einer ersten Versuchsserie untersuchten wir die Trockenkarotten auf ihren biologisch nachweisbaren Carotingehalt. Zu diesem Zwecke wurden 60 männliche, junge Ratten mit einem an Carotin und Vitamin A freien Futter ernährt. 30 Tiere erhielten eine Zulage von 10 IE Vitamin A täglich, die anderen

30 Tiere 17 mg Trockenkarotten. Verglichen wurde das Wachstum beider Gruppen, das durch den Carotingehalt des Futters begrenzt war. Die mit Trockenkarotten gefütterten Tiere zeigten keinen Vitamin A-Mangel und nahmen sogar bedeutend besser an Gewicht zu als die mit 10 IE Vitamin A gefütterten Kontrolltiere (Tab. 2).

Im Mittel enthalten nach dem neuen Tabellenwerk von SOUCL, FACHMANN und KRAUT (9) Karotten 10% Trockensubstanz und in 100 g 8,1 mg Carotin entspr. 13500 IE. Die von uns verfütterten 17 mg Trockenkarotten enthielten 15 mg Trockensubstanz mit einem nach der obigen Tabelle zu erwartenden Carotingehalt entspr. 20 IE Vitamin A. Macht man die berechnete Annahme, daß unter unseren Versuchsbedingungen das Wachstum proportional dem Vitamin A (bzw. Carotin)-Gehalt des Futters ist, ergäbe sich für die 17 mg Trockenkarotten erhaltenden Tiere eine Tagesdosis von rund 14 IE Vitamin A.

Der Versuchsausfall erlaubt also den Schluß, daß das Carotin bei dem Trocknen und Lagern der Karotten weitgehend erhalten geblieben ist.

b) B-Vitamine

Eine zweite Versuchsserie bezweckte die Bestimmung des Erhaltungsgrades der B-Vitamine mit biologischer Methodik in den getrockneten Karotten. Wegen der Eiweißarmut der Karotten enthielt die Diät außer 83% Trockenkarotten noch 10% vitaminfreies Casein. Der Versuch wurde mit 40 jungen männlichen Tieren durchgeführt, von denen 20 keine zusätzlichen B-Vitamine erhielten, die anderen eine reichliche Zulage von B-Vitaminen, Dosierung siehe Tab. 1.

Verglichen wurden Wachstum und Proteinefficiency. Wie die Tabelle 3 zeigt, verursachte die Vitaminzulage keine Verbesserung von Wachstum und Proteinefficiency. Die verfütterten Trockenkarotten haben demnach den Bedarf der Tiere an den B-Vitaminen reichlich gedeckt (Tab. 3 und 4).

Tabelle 3. Ergebnisse des Fütterungsversuches mit getrockneten Karotten
20 wachsende weibliche Ratten je Gruppe. Versuchsdauer 4 Wochen.

Gruppe	Diätform*	Protein- gehalt %	Gewichts- zunahme i. g.	Futter- verzehr i. g.	Protein- verzehr i. g.	Protein- Efficiency
Ka	83% Karotten mit 10% Casein ergänzt	19,7	58	269	56	1,04
Ka I	83% Karotten mit 10% Casein ergänzt ohne B-Vitamine	19,7	59	280	55	1,06

*) alle anderen Futterbestandteile sind aus Tabelle 1 zu ersehen.

Legt man wieder die Daten des Tabellenwerkes von SOUCL, FACHMANN und KRAUT (9) zu Grunde und berücksichtigt den Futterverzehr von 276 g Futter der Tiere, enthaltend 201 g Karotten-Trockensubstanz, so wären die in der Tab. 4 aufgeführten täglichen Vitaminzufuhren — falls beim Trocknen und Lagern keine Verluste entstünden — zu erwarten gewesen.

Tabelle 4. Theoretische B-Vitaminzufuhren in dem Fütterungsversuch mit Trocken-Karotten und Vitaminbedarf der Ratte

Alle Angaben in γ je Tag

	Theoretische Menge	Bedarf der Ratte von 100 g KG für ein gutes Wachstum (1)
Thiamin	48	20
Riboflavin	40	30
Niacin	580	—
Pantothensäure	190	100
Pyridoxin	46	30

Wie die Tab. 4 zeigt, liegen die zu erwartenden B-Vitaminmengen nur wenig über den zu einem guten Wachstum der Ratten benötigten Dosen. Unser Fütterungsversuch hat demnach erwiesen, daß die beim Trocknen auftretenden B-Vitaminverluste nicht groß sind und selbst junge, wachsende Ratten mit ihrem hohen Bedarf an B-Vitaminen diesen aus Trockenkarotten decken können.

Untersuchungen über die Erhaltung der biologischen Wertigkeit des Eiweißes wurden bei den Trockenkarotten auf Grund der Eiweißarmut der Karotten nicht angestellt, zumal diese Frage ohne jede praktische ernährungsphysiologische Bedeutung ist.

2. Grüne Bohnen

a) Biologische Wertigkeit des Eiweißes

Die in dieser Richtung erhobenen Befunde sind in der Tab. 5 zusammengestellt. Bei einem zu 98% aus Trockenbohnen zusammengesetzten und mit Vitaminen ergänzten Futter ergab sich eine Proteinefficiency unter den in den Tab. 1 und 5 aufgeführten Bedingungen von 0,90.

Tabelle 5. Ergebnis der Fütterungsversuche mit getrockneten grünen Bohnen*)

20 wachsende männliche Ratten je Gruppe. Versuchsdauer 4 Wochen

	Diätform*	Protein- gehalt %	Gewichts- zunahme g	Futter- verzehr g	Protein- verzehr g	Protein- Efficiency
BT III	98% Bohnen*) B-Vitamine	18,3	45	285	52	0,90
BT IV	98% Bohnen ohne B-Vitamine	18,3	40	311	57	0,80
BT I	83% Bohnen +*) B-Vitamine + 10% Casein	23,6	81	320	76	1,07
BT II	83% Bohnen*) ohne B-Vitamine + 10% Casein	23,6	57	310	73	0,78

*) Die genaue Zusammensetzung der Diäten ist in Tab. 1. wiedergegeben.

Bei gleichem Eiweißanteil im Futter und Casein als einziger Proteinquelle und demselben Rattenstamm (Sprague Dawley) haben wir die in der Tab. 6 zusammengestellten Daten erhalten.

*Tabelle 6. Protein-Efficiency mit Casein als einziger Proteinquelle
Junge, männliche Sprague-Dawley-Ratten. Versuchsdauer 4 Wochen.*

Versuch	Tierzahl	Protein- gehalt %	Gewichts- zunahme g	Futter- verzehr g	Protein- verzehr g	Protein- Efficiency
Ho	40	18,4	107	282	52	2,06
E Fe K	20	18,2	93	250	45	2,05
H Fe K	20	18,6	124	302	53	2,21
H Fe I	20	18,6	107	277	49	2,09

Daraus errechnet sich für die biologische Wertigkeit des Proteins der getrockneten Bohnen, relativ zu Casein zu 44%, 44%, 41% und 43%, im Mittel 43%. Dieser Wert kann jedoch nicht mit der biologischen Wertigkeit der frischen grünen Bohnen in Vergleich gesetzt werden, da sich bei diesen wegen des zu geringen Proteingehalts (2,24% Rohprotein) eine Bestimmung der biologischen Wertigkeit nicht durchführen läßt. Auf Grund der Aminosäurezusammensetzung ergibt sich ein EAA-Index von 66 entspr. einer biologischen Wertigkeit von 60 (12). Aber wie OSER (12) selbst betont, ist hier die Berechnung der biologischen Wertigkeit über den EAA-Index fragwürdig, da wegen des hohen Gehaltes der Bohnen an Unverdaulichem (etwa 13–14% Rohfaser in der Trockensubstanz) die Ausnutzung nicht sehr gut ist und die Anwendbarkeit des EAA-Index eine praktisch quantitative Resorption voraussetzt.

Der von uns gefundene Wert von 43% der biologischen Wertigkeit *des Trockenbohnen-Proteins* (bezogen auf Casein), erscheint uns nach dem Gesagten relativ hoch zu sein und wir glauben feststellen zu können, daß bei der Trocknung der grünen Bohnen die biologische Wertigkeit der Bohnen praktisch erhalten bleibt. Beim Menschen ergab sich kein Unterschied in der biologischen Wertigkeit zwischen einer nur aus getrockneten Lebensmitteln zusammengesetzten Diät (Fleisch, Gemüse, Früchte) und einer aus denselben frischen Lebensmitteln hergestellten (1).

Daß die biologische Wertigkeit des Eiweißes der grünen Bohnen nicht besonders hoch ist, ist weiter nicht überraschend. Unsere Versuche haben weiterhin ergeben, daß sich das Bohneneiweiß mit Casein zu einer höheren biologischen Wertigkeit ergänzen läßt (Tab. 5), was aus der Verbesserung der Protein-efficiency hervorgeht.

b) B-Vitamine

Wie die Tab. 5 zeigt, werden Wachstum und Protein-Efficiency der Trockenbohnen durch Anreicherung der Diät mit den B-Vitaminen, ohne Anreicherung der Diät mit Casein nicht verbessert. Die Unterschiede zwischen den Gruppen BT III und BT IV sind statistisch nicht gesichert. Bei der relativ kleinen Wachstumsintensität der Tiere infolge der geringen biologischen Wertigkeit des Bohnenproteins reichen offensichtlich die in den Trockenbohnen vorhandenen B-Vitamine aus, den Bedarf zu decken. Steigert man jedoch die Wachstums-

intensität durch Anreicherung mit Casein, so ergeben sich ein deutlich besseres Wachstum und eine höhere Proteinefficiency bei den Tieren, die noch zusätzlich B-Vitamine erhalten haben (Gruppe BT I). Die Unterschiede gegenüber der Gruppe ohne B-Vitamine (BT II) sind mit $p = 0,001$ hoch signifikant. Bei der höheren Wachstumsintensität und dem dadurch auch erreichten größeren Körpergewicht reicht der Gehalt der Trockenbohnen offensichtlich nicht mehr aus, den Bedarf zu decken.

Tabelle 7. Berechnete Tagesaufnahmen an B-Vitaminen bei der Verfütterung von Trockenbohnen

98% Trockenbohnen in der Diät. Gegenübergestellt ist der zu einem befriedigenden Wachstum einer Ratte, bezogen auf 100 g KG benötigten Tagesdosis an den B-Vitaminen. Alle Werte in g. Die Tiere hatten in 4 Wochen 310 g Futter entspr. 274 g Bohnentrockensubstanz gefressen (Gruppe BT II).

	Tagesaufnahme γ berechnet	Tagesbedarf γ der Ratte
Thiamin	72	20
Riboflavin	137	30
Niacin	490	—
Pantothensäure	196	100
Pyridoxin	137	30

Da bekannt ist, daß Thiamin, Riboflavin, Niacin und Pantothensäure beim Trocknen von Gemüse zu einem hohen Prozentsatz (80–90%) erhalten bleiben und — wie weiter unten gezeigt werden wird — auch die Ascorbinsäure in den von uns untersuchten Trockenbohnen nur in einem relativ geringen Umfange zerstört worden war, ist der Befund, daß Anreicherung mit B-Vitaminen das Wachstum der Tiere verbessert überraschend, da aus ihm zu entnehmen ist, daß irgend eines der Vitamine in der verfütterten Trockenbohnen-Diät in einer nicht ganz ausreichenden Menge vorhanden war.

c) Ascorbinsäure

Zur biologischen Bestimmung des Ascorbinsäuregehaltes verwendeten wir Gruppen von je 10 Meerschweinchen. Die eine Gruppe diente als Kontrolle und erhielt bei einer sonst ascorbinsäurefreien Diät 0,4 mg Natriumascorbat entspr. 0,36 mg Ascorbinsäure per os. Die andere Gruppe bekam 1 g Trockenbohnen entspr. 0,89 g Bohnentrockensubstanz als Ascorbinsäurequelle. Bei dieser Versuchsanordnung wird das Wachstum durch den Gehalt des Futters an Ascorbinsäure begrenzt. Bei einer 4-wöchigen Versuchsdauer nahmen die Kontrolltiere 62 g, die mit Trockenbohnen gefütterten Meerschweinchen 91 g zu. Diese Zunahmedifferenz ist mit $p = 0,001$ statistisch stark gesichert. Die durchschnittliche Fraßmenge betrug 378 bzw. 360 g. Hieraus errechnet sich für sie eine Ascorbinsäureaufnahme von 0,54 mg/Tag. Eine — nicht in unserem Institut vorgenommene — Bestimmung des Vitamin C hatte einen Ascorbinsäuregehalt von 0,40 mg je Gramm Trockenbohnen ergeben. Unsere biologische Bestimmung ergab unter Berücksichtigung des Wassergehaltes der von uns verfütterten Trockenbohnen einen Ascorbinsäuregehalt von 0,60 mg je Gramm Bohnen-Trockensubstanz. Da wir nicht wissen, wie die Analyse durchgeführt

wurde und ob sich die Zahl von 0,40 mg/g auf Gesamtascorbinsäure bezieht, können wir zu der Diskrepanz der Befunde keine Stellung nehmen.

Nach den Tabellen von SOUCI, FACHMANN und KRAUT (9) ist mit einem Ascorbinsäuregehalt der Bohnentrockensubstanz von mindestens 1,00, im Mittel von 1,71 mg je Gramm zu rechnen. In den von uns untersuchten Trockenbohnen betrug daher die Erhaltung der Ascorbinsäure 35 bis 60% in Übereinstimmung mit Literaturangaben.

3. Spinat

Die Fütterungsversuche mit Trockenspinat verursachten große Schwierigkeiten, da die Tiere die Aufnahme von Spinat aus organoleptischen Gründen verweigerten. Erst nach Kochen des Spinats und Verwerfen des Kochwassers gelang es, den Tieren begrenzte Mengen Spinat beizubringen. Die Mengen waren jedoch so klein, daß die Eiweißzufuhr zu niedrig wurde, um eine exakte Bestimmung der biologischen Wertigkeit zu ermöglichen. Wir haben daher lediglich einige orientierende Versuche durchgeführt, indem wir durch Zulagen von Casein zu dem Spinat die Eiweißzufuhr auf eine einigermaßen tragbare Höhe brachten. Immerhin erlauben die in der Tab. 9 wiedergegebenen Daten die folgenden Schlußfolgerungen: Bei einer Mischung von Spinat und Casein (67% Spinat-Rohprotein + 33% Casein) ist die biologische Wertigkeit wesentlich geringer als die von Casein allein. Sie beträgt etwa 57% derjenigen des Caseins. Bei einer Anreicherung mit Methionin nimmt die biologische Wertigkeit nicht zu.

Tabelle 8. Futterzusammensetzung in Gewichtsprozent
Spinat
Weibchen

	K I	I	II	III
Sojaöl raff.	10	10	10	10
Casein	9,2	4	4	4
Mondamin	21,16	7,36	6,86	6,86
Glucose	6	6	6	—
Cellulose	2	—	—	—
Salzmischung nach SHAW (8)	2	2	2	2
Rovimix ¹⁾	0,24	0,24	0,24	0,24
Vit. E Mischung ²⁾	0,4	0,4	0,4	0,4
Spinat	—	21,5	21,5	21,5
DL-Methionin	—	—	0,5	—
L-Lysin	—	—	—	0,5
Wasser	49	48,5	48,5	60,6
B-Komplex: ³⁾	+	+	+	+

¹⁾ = Rovimix, 960 IE Vit. A + 240 IE Vit. D₃/100 g.

²⁾ 10 mg Tocopherylacetat/100 g.

³⁾ Tagesdosis/Tier: Thiamin 100 γ, Riboflavin 100 γ, Niacin 1 mg, Ca-pantothenat 100 γ, B₆ 50 γ, Cholinchlorid 15 mg.

Die biologische Wertigkeit des Spinatproteins ist aus naheliegenden Gründen bei der Ratte nie untersucht worden.

Nach OSER (12) beträgt der EAA-Index für Spinat theoretisch 82, woraus sich eine biologische Wertigkeit von 77 ableiten läßt. Aber auch beim Spinat

ist dies aus denselben Gründen wie bei den Bohnen angegeben eine rein fiktive Rechnung.

Tabelle 9. Ergebnisse des Futtermittels mit Trockenspinat
20 wachsende weibliche Ratten/Gruppe. Versuchsdauer 4 Wochen.

Diätform*		Protein- gehalt %	Gewichts- zunahme g	Futter- verzehr g	Protein- verzehr g	Protein- Efficiency
K I		8,7	93	355	39	2,40
I	21,5% Spinat	8,7	67	447	49	1,37
II	21,5% Spinat*) 0,5% DL-Methionin	8,7	74	447	49	1,53

*) Die genaue Zusammensetzung der Diäten ist in Tab. 8 wiedergegeben.

Danksagung

Der Firma *Nährengel G.m.b.H.*, Darmstadt, sind wir für die Überlassung der Dehydrogemüse zu Dank verpflichtet.

Zusammenfassung

Fütterungsversuche an Ratten und Meerschweinchen über den Nährwert von Dehydrogemüsen hatten die folgenden Ergebnisse:

1. Bei Trockenkarotten wurde eine gute Erhaltung von Carotin und den B-Vitaminen festgestellt.
2. Die biologische Wertigkeit des Proteins von Trockenbohnen wurde relativ zu Casein zu 43% bestimmt. Ein direkter Vergleich zu frischen grünen Bohnen ist wegen des zu niedrigen Proteingehaltes derselben nicht möglich. Die festgestellte biologische Wertigkeit der Trockenbohnen erscheint aber so hoch, daß mit einer weitestgehenden Erhaltung beim Trocknungsprozeß und der Lagerung gerechnet werden kann. Die Erhaltung der Ascorbinsäure beträgt 35–60%.
3. Versuche mit getrocknetem Spinat stießen auf große technische Schwierigkeiten wegen der aus organoleptischen Gründen bedingten Futterverweigerung der Tiere.

Die untersuchten Dehydrogemüse zeigten somit günstige ernährungsphysiologische Eigenschaften.

Schrifttum

1. THOMAS, M. H., und D. H. CALLOWAY: J. Amer. Dietet. Assoc. **39**, 105 (1961). —
2. HENDEL, C. E., in: R. S. HARRIS und H. von LOESECKE, Nutritional Evaluation of Food Processing. S. 148 (New York-London 1960). —
3. WISS, O.: In K. LANG Veränderungen der Nahrung durch industrielle und haushaltsmäßige Verarbeitung. S. 81 (Darmstadt 1960). —
4. FISHER, R. A.: Stat. Meth. f. d. Wissenschaft (Edinburgh 1956). —
5. GUGGENHEIM, K. und W. KOCH: Biochem. J. **38**, 256–264 (1944). —
6. SHERMAN, LAMER, and CAMPBELL: Am. Soc. **44**, 165 (1922). —
7. MANNERING, G. J.: Vitamins and Hormones **7**, 201 (1949). —
8. SHAW, J. H.: J. Dent. Res. **26**, 47 (1947). —
9. SOUOI, S. W., W. FACHMANN und H. KRAUT: Die Zusammensetzung der Lebensmittel (Stuttgart 1962). —
10. GRAB, W.: in H. M. RAUEN, Biochemisches Taschenbuch S. 790 (Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956). —
11. ABRITTON, E. C.: Standard Values in Nutrition and Metabolism, S. 67 (Philadelphia-London 1954). —
12. OSER, B. L.: in ALBANESE, A. A.: Protein and Amino Acids in Nutrition, S. 281 (New York- London 1959).

Anschrift der Verfasser:

Institut für physiologische Chemie der Johannes Gutenberg-Universität, 6500 Mainz