

kung des Natrium nucleinicum der Hefezellen ist einheitlich und spezifisch. Das entsprechende Immunsorium wirkt nur auf Hefezellen, nicht aber auf Bakterien, wie Versuche mit *Coli*- und Typhusbazillen, mit *Cholera*vibriolen, mit *Vibrio Finkler* und mit *Spirillum volutans* gezeigt haben.

Ob dem Natrium nucleinicum außer der agglutinogenen noch andere antigene Wirkungen zuzuschreiben sind, konnte ich noch nicht genau prüfen. Wie ein Versuch zeigen konnte, scheint diese Substanz eine präzipitogene Eigenschaft allerdings nicht zu besitzen.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUFENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER,
REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVS.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM WALDEYER,

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

UND

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

== PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG. ==

VIERTES UND FÜNFTES HEFT.

MIT VIER FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1916

Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Obstarten.

Von

Max Rubner.

Obst.

Als letzte Gruppe von Nahrungsmitteln habe ich ein paar Obstsorten untersucht; natürlich böten sich auf diesem Gebiete zur Untersuchung die allerweitesten Möglichkeiten, denn die Zahl der gegessenen Früchte ist eine ganz erstaunliche, schon ihre oberflächliche Betrachtung sagt uns, daß hier die wesentlichsten Unterschiede wie im morphologischen, so auch im chemischen Aufbau vorliegen. Die Jahreszeit war aber zu weit vorgeschritten, um frisches Material aller Art zu erhalten, auch ist die stoffliche Bedeutung der Obstarten, quantitativ vom Standpunkt der Massenernährung betrachtet, eine bescheidene, so daß die meisten Obstarten, auch einheimische, mehr als gelegentliche Genußmittel und Leckerbissen verzehrt werden, als zur Deckung des Stoffbedarfs. Für ein und dieselbe Obstart gibt es eine Menge von Spielarten, deren Eigenart untereinander sie zweifellos verschieden macht, auch wenn das in der üblichen Analyserdarstellung nicht zum Ausdruck kommen mag; die einzelne Spielart wieder zeigt die bekannte Veränderung durch das Reifen, wonit wie im Geschmack und den sonstigen Genußeigenschaften innere Verschiedenheiten aufreten, die, wie C. Thomas für die Banane dargestellt hat, den Verdauungsgrad im höchsten Maße beeinflussen. Somit würde meiner Meinung nach gerade auf diesem Gebiet die Untersuchungen, in größerem Stil unternommen, nicht unwesentliche Ergebnisse versprechen.

Ich konnte mich aber vorläufig aus äußeren Gründen nur auf die Untersuchung der wenigen Obstsorten, die in der Kriegszeit allerdings das Hauptinteresse in Anspruch nehmen, beschränken. Indem ich Äpfel und Birnen zur Untersuchung heranscriff, war das hauptsächlichste Winterobst des Konsums getroffen; freilich ist voranzusetzen, daß die Ergeb-

nisse ziemlich wandelbar sein dürften, denn man darf wohl annehmen, daß sich die Unterschiede, die sich beim Genuße in der Weichheit fühlbar machen und in dem Gegensatz einer Holzbirne und einer feineren Sorte ihren allbekanntem Ausdruck finden, auch in dem Zellmembrangehalt sich widerspiegeln werden. Außerdem aber wurde festgestellt, daß bei dem Nachreifen (s. König, Bd. II, S. 952) nicht allein eine Zunahme des Zuckers, sondern auch eine Abnahme der Säure und der Rohfaser eintritt. Mir scheint also die Wandelbarkeit der Zellmembran von vornherein recht wahrscheinlich, eine Beschränkung dieser auf die bloße Veränderung der Rohfaser ist kaum anzunehmen. Angaben, aus denen man das Verhalten der Zellmembranen im ganzen erschen könnte, liegen nicht vor, wohl aber ein paar Untersuchungen über Pentosen. C. Wittmann gibt für Kernobst (frisch) 1.2 Prozent als durchschnittlichen Pentosengehalt an. Die wildwachsenden Sorten sollen mehr Pentosane als die veredelten (s. König, Bd. II, S. 957) enthalten, was darauf schließen lasse, daß durch die Veredelung die Pentosane durch die Hexosane ersetzt werden. Bei Beerenfrüchten scheint der Pentosengehalt mit dem Rohfasergehalt zu steigen und zu fallen. Das sind etwa die wesentlichsten Tatsachen, die mit Bezug auf den Aufbau des Zellgerüsts der Obstarten bekannt sind, einen weiter gehenden Einblick erlauben sie nicht.

Die Äpfel.

Es schien mir daher erwünscht, Untersuchungen nach der Richtung hin anzustellen, die sich in den vorhergehenden Abhandlungen als zweckmäßig und ergebnisreich erwiesen hat. Im allgemeinen hat sich kein Grund gefunden, von der bisherigen Methodik abzugehen. Stets wurden nur die ebbaren Teile untersucht, auf eine Analyse der ganzen Früchte mit Absicht verzichtet.

Äpfel und Birnen wurden von Kernhaus und Schale befreit, dann zerkleinert und von dieser Masse die Analysen ausgeführt. Angaben, welche zum Vergleich mit dem Folgenden dienen könnten, sind mir nicht bekannt. Aus einem Nachtrag bei König (Bd. I, S. 823) ergäbe sich ein Gehalt der Äpfel an Rohfaser von 7.74 Prozent für die fleischigen Teile. Meine Äpfelprobe (November 1915) hatte 13.99 Prozent Trockensubstanz bei nur 1.87 Prozent Asche der letzteren. Der Pentosengehalt betrug 8.03 Prozent (sehr wenig Methylverbindungen) der Trockensubstanz, an Zellulose wurden 6.66 Prozent Reinzellulose der Trockensubstanz bestimmt.

Die Zellmembran wurde in üblicher Weise dargestellt, auch mit Diastasezusatz zuerst verdaut, da man ja mit einem Stärkegehalt mitunter

rechnen muß; die Zellmembran war flockig und an Masse viel geringer als bei den Wurzel- und Blattgemüsen = 11.75 Prozent aschefreie Membran für 100 Teile Trockensubstanz. Sie enthielt 22.35 Prozent Pentosen der (aschefreien) Substanz.

In 100 Teilen trockener Äpfel war:

8.03 Pentosen,
6.66 Reinzellulose,

11.75 Zellmembran asche- und proteinfrei mit 2.55 g Pentosanen.

Hieraus läßt sich die nähere Zusammensetzung der (aschefreien) Zellmembran für 100 Teile angeben, sie enthält:

56.68 Prozent Zellulose,
21.70 „ Pentosane,
21.62 „ Rest.

Nur etwas mehr wie der fünfte Teil besteht somit aus nicht näher aufzuteilenden Zellstoffen, nach den Kartoffelschalen ist dies die zellhärteste Zellmembran.

Da die Äpfelschalen doch bisweilen mit verzehrt werden, so habe ich diese bei der vorher analysierten Probe auch untersucht. Sie wurden, wie sie waren, erst an der Luft getrocknet, zerrieben und nochmals nachgetrocknet, so enthielten sie also noch Reste anhaftenden Fruchtfließes. Der Aschegehalt betrug 3.10 Prozent der Trockensubstanz. Der Pentosengehalt 9.59 Prozent, er war höher als der des Fruchtfließes.

Der Zellulosegehalt betrug 12.88 Prozent Reinzellulose, der Pentosengehalt der Rohzellulose war gering. Die Menge der in üblicher Weise festgestellten Zellmembran betrug 21.86 Prozent der Trockensubstanz, beim üblichen Schälen geht also eine große Menge Östsubstanz offenbar in den Abfall, sonst hätte wohl der Gehalt an Zellmembran größer sein müssen.

Von der Zellmembran wäre noch der Proteingehalt abzuführen. Ich nehme dafür den bei der Äpfelzellmembran gefundenen Wert, dann bleiben 19.81 g asche- und proteinfreie Zellmembran übrig.

Das verwendete Gemisch Zellmembran und Fruchtfließ enthält in 100 Teilen Trockensubstanz:

12.88 Prozent Zellulose,
19.81 „ Zellmembran mit 3.65 g Pentosanen.
Es treffen also auf 100 Teile aschefreier Zellmembran der Schalen:
65.02 Prozent Zellulose,
18.43 „ Pentosane,
16.55 „ auf den Rest.

Der Unterschied der Schalen im Verhältnis zu der Zellmembran des Parenchyms liegt also nach der Richtung, daß die Menge der Zellulose noch weiter ins Übergewicht kommt, relativ treten dann natürlich die beiden anderen Komponenten der Zellmembran zurück. Im Vergleich zur Kartoffelschale ist die Äpfelschale reicher an Zellulose und Pentosanen.

Die Untersuchung des Preßsaftes wurde zum Vergleich mit den früheren Experimenten durchgeführt, im übrigen finden sich über die mit Wasser aus den Früchten ausziehbaren Stoffe sehr zahlreiche Analysen bei König, Bd. II, die mit Rücksicht auf die Fruchtatfbereitung ausgeführt worden sind.

Aus einem Kilo Äpfelmasse wurden 630 cem Saft bei 300 Atm. erhalten. Das Verhältnis der frischen Substanz zum Preßsaft war folgendes:

In 100 Teilen frischer Substanz sind:

	Trockensubstanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Frische Äpfel	13.99	0.83	13.66	1.124
Zellmembran, organisch	—	—	2.77	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	10.89	—
Preßsaft	7.36	0.27	7.09	0.121
Gesamtmasse zu Preßsaft	52.61%	81.82%	51.88%	10.76%
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Preßsaft	—	—	65.00%	—

Der Preßsaft ist also außerordentlich reich an Salzen, auch nimmt er den größten Teil der organischen Stoffe, die nicht der Zellmembran angehören, auf. Sehr gering ist im Verhältnis dazu der Übergang der Pentosen in den Zellsaft.

Bisher habe ich bei den Wurzelgewächsen und Blattgemüsen nachweisen können, daß der Pentosengehalt wesentlich von den Zellmembranen abhängig ist. Dies ist bei Äpfel nicht der Fall. Nehmen wir die Verteilung der Pentosen vor, so findet sich folgendes:

100 Teile trockener Äpfel enthalten:

Im Äpfel selbst 8.03 Pentosen
In den Zellmembranen 2.97 = 36.9 %
Im Saft 0.86 = 10.76
Anderweitig 4.20 = 52.34

Es finden sich 63.1 Prozent der Pentosen nicht an die Membran gebunden. Die letztere ist also nicht das bestimmende Moment für den

Pentosegehalt, demnach wahrscheinlich, daß Pektinstoffe für diesen Pentosegehalt in Frage kommen.

Die erwartete Wandelbarkeit der Zusammensetzung der Obstsorten, namentlich mit Bezug auf die Zellmembran, ergab die Unterscheidung einer zweiten Apfelsorte, es waren absichtlich billige Kochäpfel, etwas fleckig, ausgewählt worden. Sie wurden sorgfältig von den Schalen, Kernhaus und den anormalen braunen Stellen befreit und zerkleinert. Die Trockensubstanz war 13.95 Prozent, bei 1.57 Prozent Asche der ersten. Der Pentosegehalt etwa gleich der der ersten Probe 7.84 Prozent, im übrigen ergaben sich aber manche Unterschiede. Der Zellmembrangehalt war wesentlich höher und betrug auf 100 g Trockensubstanz 17.09 Prozent als organische Substanz gerechnet, letztere enthielt 21.2 Prozent Pentosen = 18.72 Prozent Pentosane. Die proteinfreie Zellmembran betrug 15.49 Prozent. In absoluter Zahl enthielten die Zellmembranen also 3.62 g Pentosen = 3.20 g Pentosan. Ob dieser höhere Gehalt an Zellmembran mit dem Reifezustand zusammenhängt, oder ob er der minderen Beschaffenheit der Ware zu verdanken war, läßt sich nicht sagen.

Von einem Teil der (lichtbrann aussehenden) Zellmembranen wurde eine Zellulosebestimmung ausgeführt, welche pro 100 Teile organischer Zellmembran 36.58 Prozent Reinzellulose lieferte, was, auf die ursprüngliche Trockensubstanz der Äpfel berechnet, 6.25 Prozent ausmacht. Im Zellulosegehalt unterscheiden sich beide Apfelsorten also nicht. Die Zusammensetzung für 100 Teile trockene Äpfel war also:

1.57	Prozent Asche,
98.43	Organisches,
7.84	Gesamtpentosen,
6.25	asche- und pentosanfreie Zellulose,
15.49	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 3.62 g Pentosen = 3.20 g Pentosan,
0.31	N = 1.92 Prozent Protein,
0.75	„ Rohfett.

Daraus folgt für die Zusammensetzung der Reinzellmembran:

I. Reihe	II. Reihe vorsteh. Reihe ¹
56.68	40.35 Reinzellulose
21.70	20.66 Pentosan
21.62	38.99 Rest

¹ Annäherndes Mittel: 48.51 Zellulose,
21.18 Pentosan,
30.31 Rest.

Somit zeigen sich hier also recht erhebliche Schwankungen in der Zusammensetzung; ob damit die vorkommenden Extreme getroffen sind, läßt sich nicht sagen, jedenfalls bedürfte es zur Feststellung von Mittelwerten umfassenderer Untersuchungen.

Eines aber fällt bei der Durchsicht der Zahlen auf, daß nämlich der Zellulosegehalt in beiden Apfelsorten derselbe war; man kann sich also die Vorstellung machen, daß der erste Aufbau dieser Zellmembranen vielleicht im allgemeinen ziemlich ähnlich ist und, wie das auch anderweitig vorausgesetzt werden darf, die reine Zellulose zur Grundlage hat, die dann allmählich durch anderweitige Einlagerung an Masse zunimmt und die Zusammensetzung dadurch verändert. Dies als zutreffend angesehen, wäre dann die Zellmembran der II. Probe als eine wesentlich veränderte anzusehen, denn die Menge der Zellmembran war erheblich größer und außerdem hatte noch die Einlagerung anderer Zellsubstanzen etwa solche der Hemicellulosegruppe stattgefunden.

Auch hier enthielt die Zellmembran nur den kleineren Teil der Gesamtpentosen, nämlich 46.37 Prozent, wenn auch mehr als in der ersten Probe.

Da der Zellulosegehalt der Membranen sehr hoch ist, stellt sich der Einfluß auf die Berechnung der N-freien Stoffe natürlich nicht so erheblich als wie in anderen Fällen, zumal ja der Membrangehalt überhaupt hinter den Wurzelgewächsen und vor allem den Blattgemüsen weit zurücksteht.

Die Zellmembran der Apfelsorte II wurde mit 5 Prozent Kali in der Kalte behandelt, die Lauge, mit Alkohol gefällt, ließ eine bräunliche Substanz ausscheiden, die, wie alle bisher untersuchten Präparate dieser Art weder Zucker noch Pentosenreaktion unmittelbar gab, wohl aber nach kurzem Erhitzen mit CH₂.

Von 100 Teilen (aschefrei) Zellmembran blieben 75.5 Teile ungelöst und 24.5 Teile gingen in Lösung. Gelöstes wie Ungelöstes enthielt annähernd den gleichen Gehalt an Pentosen, denn

100 Teile (aschefrei) Zellmembran enthielten	21.20 Pentosen
das Unlösliche (75.5 Teile mit 20.4 Proz. Pentosen)	15.44
das Lösliche	5.76

Daraus berechnet sich für den gelösten Anteil ein Gehalt von 23.5 Prozent Pentosen. Die Äpfelzellmembran verhält sich also wieder anders wie die Zellmembran der Blattgemüse, welche relativ reichlich kalilösliche Substanzen abgab, jedoch solche von geringem Pentosangehalt. Hier ist der letztere dem mittleren Gehalt der ganzen Zellmembran gleich. Diese Verschiedenheiten werden gleich um einen eigenartigen Fall bei den Birnen vermehrt.

Birnen.

Von weiteren Früchten habe ich dann die Birne untersucht, an sich wird ein wesentlicher Unterschied im Aufbau zwischen Äpfeln und Birnen nicht bestehen, wären nicht im letzteren Falle die steinigen Konkremente vorhanden, die hauptsächlich um das Kernhaus herum liegen und als holzartige Substanz angesehen werden. Im Hinblick auf diese Einlagerung war es doch von Interesse, eine Untersuchung vorzunehmen, nur gelingt es zum Teil wegen ihrer Kleinheit in keiner Weise, diese Steinzellen auch nur annähernd quantitativ von den übrigen Bestandteilen zu trennen, sie finden sich nachstehend den „Zellmembranen“ zugeteilt. Bei den vielen hundert Sorten von Birnen und dem Wechsel der Bedeutung des Reifezustandes für die Zusammensetzung kann das nachfolgende Ergebnis nur als ein Beispiel angesehen werden, das ungefähr die Richtung weist, in welcher die wesentlichen Unterschiede gegenüber den Äpfeln zu suchen sind.

Die Menge der Trockensubstanz der einen Birnensorte betrug 15.87 Prozent bei 2.11 Prozent Asche der Trockensubstanz, der Pentosegehalt war außerordentlich hoch, nämlich 12.30 Prozent der Trockensubstanz, was erheblich über den Wert der Äpfel hinausgeht. Damit steht wohl auch der erhebliche Zellulosegehalt in Zusammenhang, er war 9.44 Prozent (organische) Zellulose, mit einem Gehalt von 24.2 Prozent Pentosen = 21.37 Prozent Pentosanen, woraus sich 7.21 Prozent Reinzellulose ergibt.

Der Zellulosegehalt ist also nicht wesentlich von den Äpfeln verschieden, das Auffällige war aber der enorme Gehalt an Pentosanen, welche die Rohzellulose aufwies. Meist bewegt sich der Pentosegehalt innerhalb einiger Prozente, bei keinem Nahrungsmittel habe ich aber diesen enormen Gehalt an Pentosanen als „Vermureinigung“ der Zellulose beobachtet. Es ist nahelegend, diese Pentosane als Bestandteile der Steinzellen anzusehen, welche in dem Birnenfleisch so reichlich vorhanden sind.

Dies wird auch durch die weiteren Analysen bestätigt. Der Gehalt an aschefreier Zellmembran = 25.17 Prozent der Trockensubstanz ist sehr bedeutend und übertrifft die Äpfel fast um das Doppelte. Es ist kaum wahrscheinlich, daß das Parenchym der Birnen einen wesentlich anderen Zellmembrangehalt haben wird, als jenes der Äpfel. Die Zusammensetzung dieser Zellmembran ist ganz anders wie jene der Äpfel, sie enthält die enorme Menge von 37.72 Prozent Pentosen der Trockensubstanz = 38.22 Prozent Pentosen der organischen Substanz = 33.75 Prozent Pentosane. Die 25.17 g Zellmembran enthält also 9.62 g Pentosen oder 8.49 Pentosane.

sane. Die Steinzellen werden vermutlich nicht nur aus Pentosanen bestehen, jedenfalls aber machen diese den größten Teil dieses Gebildes aus. Die Differenzen im Zellmembrangehalt zwischen Birne und Apfel wird zum erheblichen Teil durch diesen Unterschied im Pentosegehalt bedingt. Die Zusammensetzung von 100 Teilen Birnen sind also

2.11 Prozent Asche;	
97.89 „	Organisches.
12.30 „	Pentosen.
7.21 „	asche- und pentosanfreie Zellulose,
24.35 „	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 9.62 g Pentosen = 8.49 g Pentosan.

Die Zellmembran hat daher auch eine völlig abweichende Zusammensetzung, denn 100 Teile organisch liefern:

29.61 Prozent asche- und pentosanfreie Zellulose,	
34.86 „	Pentosane,
35.53 „	Rest.

Freilich darf man hier eigentlich nicht von Zellmembran sprechen, ohne sich zu erinnern, daß die Steinzelleneinlagerung die hauptsächlichste Ursache der Verschiedenheit darstellt. Soweit die tägliche Erfahrung lehrt, gehen diese riesigen Massen unverdaut im Darm ab. Die Verteilung der Pentosen verhält sich gegenüber den Äpfeln wesentlich different, denn die Hauptmasse der Pentosen liegt hier in den Steinzellen und Zellmembranen.

In 100 Teilen Birnen sind	12.309 Pentosen
in der Zellmembran	9.62 = 78.21 Prozent
im Saft und Rest	2.68

Die Birne kann wieder als schlagendes Beispiel dienen, daß der Gehalt an Zellulose nichts über die Mengen der Zellmembran aussagen kann; einem geringen Gehalt an Zellulose entspricht eine große Menge offenbar schwer verdaulicher anderer Produkte. Man darf wohl vermuten, daß im Bereiche der oben untersuchten Obstsorten nur eine spezielle Untersuchung des Materiales ein entscheidendes Urteil über die Zusammensetzung abgeben kann.

Ich verweise auch nochmals auf das über die Zellulose bei den Äpfeln Gesagte. Die ursprünglich gleichartig gebaute Zellmembran wird späterhin verändert, nur treten hier bei der Birne die Konkremente wesentlich in den Vordergrund und verschoben mit ihrem reichen Pentosangehalt die Zusammensetzung des Zellmembran-Konkrement-Gemisches zugunsten der Pentosane.

Die ganz aus dem Rahmen fallende Zusammensetzung der Birnenzellmembranen läßt es notwendig erscheinen, auch die Löslichkeit in Kali zu prüfen. Die Stoffgemische der Birnenzellmembrane hat nach den Analyseergebnissen manche Ähnlichkeit mit der Kleie.

100 Teile enthalten		
	bei der Kleie	bei der Zellmembran
	29.47 Zellulose	28.64 Zellulose
	40.48 Pentosane	32.75 Pentosane
	30.05 Rest	37.61 Rest

Morphologisch sind natürlich beide unvergleichbar, denn die Birnenzellmembran besteht aus dem Gemische der wirklichen Zellmembran und den Steinzellen. Von der Birnenzellmembran war außerordentlich wenig in Kali löslich.

81.73 Prozent der aschereinen Substanz waren unlöslich,
18.27 „ „ löslich.

Das Unlösliche enthielt 24.26 Prozent der organischen Substanz an Pentosen, daher folgende Aufrechnung:

100 Teile Zellmembran enthalten	32.75 Pentosen
81.75 Teile Unlösliches bei 24.26 Proz. Pentosen	19.83 „
18.27 Gelöstes also	12.89 „

Das Gemenge gelöster Substanzen enthält demnach 64.36 Prozent Pentosen. Die letzteren sind also hier besonders leicht löslich, wie jene des Birkenholzes oder jene der Kleie. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die reichliche Lösung der Pentosane auf den Vorrat an Pentosen bezieht, den die Steinzellen darstellen.

Zum Vergleich mit der eben untersuchten grünen Ebbirne wurde noch eine feinere Sorte, die unter dem Namen Amorette verkauft wurde, untersucht. Es war eine völlig reife, höchst saftige Birne. Da über die Analyse hier nichts weiter zu sagen ist, gebe ich gleich die Zusammensetzung für 100 Teile Trockensubstanz (die frische hatte 12.59 Prozent Trockensubstanz).

0.87 Prozent Asche,	
99.13 „ Organisches,	
12.40 „ Gesamtpentosen,	
6.79 „ asche- und pentosefreie Zellulose,	
19.22 „ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 7.00 g	
	Pentosen = 6.79 g Pentosane,
0.26 „ „ N = 1.62 Prozent Protein.	

Daraus ergibt sich für die asche- und proteinfreie Zellmembran:

35.33 Prozent Zellulose,	
32.68 „ Pentosane,	
31.99 „ Rest.	

Von den Pentosen waren 57.42 Prozent in der Zellmembran.

Da in dieser feinen Sorte die Steinzellen wesentlich, wenigstens nach dem Eindruck beim Essen beurteilt, zurücktreten, nimmt auch die Zellmembran eine andere Zusammensetzung an. Die Zellulose tritt mehr hervor. Im Verhältnis zu den Äpfeln ist der Unterschied immer noch groß, was den Zellulosegehalt anlangt, als ungefähres Maß zwischen Äpfel und Birnen mögen die Mittelwerte je aus den beiden Analysen gelten:

100 Teile Zellmembran enthalten:			
	Äpfel	Birnen	
	Zellulose	48.51	32.47
	Pentosane	21.18	33.77
	Rest	30.31	33.60

Der naheliegende Gedanke, durch die Analyse der Birnenhaut den Unterschied, der durch die Steinzellen bedingt ist, zum Ausdruck zu bringen, ist praktisch unausführbar, da eine Schicht Steinzellen mit der Oberhaut der Birne fest und untrennbar verwachsen ist.

Die Zusammensetzung der Haselnußkerne.

Im Anschluß an diese Untersuchungen wäre es notwendig gewesen, die bei uns als Volksnahrung neben den Äpfeln und Birnen bedeutungsvollen Kirschen und Pflaumenarten heranzuziehen, da damit erst die wichtigsten Obstarten besprochen wären; technisch war es mir unmöglich zur Zeit der Obsterte die Analysen so weit auszu dehnen, als wünschenswert gewesen wäre.

Unter den Früchten spielen eine Reihe von ölhaltigen Samen eine gewisse Rolle, wennschon ihre Bedeutung für die Massenernährung nur ungenau zu überschauen ist. Von den bei uns gegessenen Nußarten sind die wichtigsten die Haselnüsse, Walnüsse, Mandeln, Paranüsse. Sie haben wegen des hohen Fettgehaltes einen beträchtlichen Nährwert. Auf die Trockensubstanz berechnet, beträgt der Fettgehalt:

Bei den Haselnüssen	67.3 %
„ „ Walnüssen	63.00 %
„ „ Mandeln	56.67 %
„ „ Paranüssen	71.87 %

Da die Nisse auch im reifen Zustande nicht sehr wasserhaltig sind, stehen sie zweifellos anderen vegetabilischen Material durch diesen Fettgehalt im Nährwert voran. Die Art der vorkommenden Fette ist nur unvollkommen untersucht. Ich habe zu den nachfolgenden Experimenten Haselnisse benutzt, das dabei gewonnene Fett war von schön goldgelber Farbe, erinnerte im Geruch an die Nisse; es ist nicht ganz leicht zu extrahieren, löst sich in heißem Alkohol gut, braucht aber eine gründliche Extraktion mit Äther, um aus den trockenen Nissen entfernt zu werden. Es enthält im wesentlichen Triglyceride der Öl-, Stearin und Palmitinsäure und gilt als feines Speiseöl. Das Walnußöl besteht vorwiegend aus den Triglyceriden der Öl-, Myristin-, Laurin- und Lenölsäure, findet auch technisch Verwendung. Mandelöl besteht fast ausschließlich aus Triolein, das Parannußöl enthält die Tryglyzeride der Öl-, Stearin- und Palmitinsäure, erstarrt leichter als die oben genannten.

Die Kerne der Nisse sind im allgemeinen hart, sie haben keine Neigung im Speichel zu quellen, geben also ein sandiges Gefühl, die Nußteilchen klammern sich leicht zwischen die Zähne und bleiben da liegen, bis sie mehramisch entfernt werden. Aus dem Munde gelangt daher mehr oder minder ungenügend zerkleinertes Material in den Magen, es finden sich Nußpartikelchen häufig auch noch in den Abgängen. Ich möchte aber solch vereinzelt Vorkommen hinsichtlich der Beurteilung des Verdauungswertes keine besondere Bedeutung im allgemeinen und namentlich nicht bei sehr fetthaltigen Nahrungsmitteln einräumen, da in letzterem Fall und wenn einzelne Teile vor dem Genuß sehr angeetrocknet waren, das Fett das Eindringen der Verdauungssäfte hindert. So ist es z. B. selbst beim Fleische, das doch tadellos resorbiert wird; die äußere Bratenkruste kann auch da durch das Einschmelzen von Fett in die Fleischsubstanz unresorbierbar werden. Für meine Experimente habe ich Haselnisse, die seit Herbst 1915 bis Februar 1916 gelagert hatten, benützt. Die Kerne wurden von der Außenschale befreit, indem sie in Wasser gelegt wurden, dann ließ sich die Haut, die mitunter in kleinen Anteilen, weil man die Nisse bei der Mahlzeit nicht immer sorgfältig schält, mitgeegessen wird, leicht abziehen. Darauf wurde das Material gründlich zerkleinert. Es ist auffallend, wie wenig eingehend diese ölgebenden Samen überhaupt bisher untersucht worden sind. In Königs Zusammenstellung finden sich von Haselnüssen nur zwei Analysen aufgeführt. Sie berechnen auf 100 Teile Trockensubstanz (Bd. II, S. 801) der Nisse

18.9 Prozent	Protein,
67.3	Fett,
7.8	N-freie Extrakte,

3.4 Prozent Rohfaser,
2.7 „ Asche.

Das von mir verwendete Material zeigt folgende Zusammensetzung: In 100 Teilen Trockensubstanz der Haselnisse sind enthalten:

2.57 Prozent	Asche,
97.42	Organisch,
2.62	Pentosen = 2.31 Prozent Pentosane,
2.02	asche- und pentosanfreie Zellulose,
6.38	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 1.77 g Pentose = 1.58 g Pentosan,
3.11	N = 19.44 Protein,
65.72	Fett.

Die Haselnisse sind wie viele andere ölhaltige Samen sehr arm an Asche. Auffallend gering ist auch der Gehalt an Pentosen, der hohe Fettgehalt des Materialles erschwert manche Analysen erheblich. Für manche Fälle ist es besser, von der entfetteten Substanz bei der Analyse auszugehen.

Die Eiweißstoffe der Haselnuß lassen sich größtenteils durch verschiedene Reagenzien lösen, ich habe aber kein Reagens gefunden, das eine starke Quellung hervorrufen würde. Bei einer orientierenden Untersuchung fand ich, daß etwa 31 Prozent in 10 Prozent Kochsalzlösung aufnehmbar sind, weit mehr löst sich in 5 Prozent Kalilösung (66 Prozent) und in konzentriertem Harnstoff (62 Prozent), in letztem Falle wird das Material ziemlich weich und durchscheinend. Durch Verdünnung mit 2 Prozent Sodalösung und Glycerinextrakt des Pankreas löste sich der größte Teil (87.6 Prozent). Es ist möglich, daß bei dem geringen Reste vielleicht das Fett die Aufspaltung gehemmt hat.

Die Menge der Zellmembran ist gering, nicht größer, eher geringer als die Zellmembran im Vollkornbrot. Die Pentosen sind nicht restlos in der Zellmembran enthalten, sondern nur 67.6 Prozent. Für die Zusammensetzung der Zellmembran ergibt sich in 100 Teilen:

31.66	Zellulose,
24.46	Pentosen,
43.88	Restsubstanzen.

Führt man eine Anrechnung der Analyse durch, so reduziert sich die Menge der N-freien Extrakte auf ein paar Prozente. Freie Pentose + Zellmembran + Protein + Fett geben 92.2 Teile organische Substanz, während durch die Aschebestimmung 97.4 Teile festgestellt wurden, somit könnte nur 5.2 Prozent noch unter die Gruppe der N-freien Extrakte fallen.

Die Zusammensetzung der Schalen und Kerne einiger Früchte.

Wie außerordentlich wertvoll Kerne sein können, dafür gibt die Zusammensetzung der Haselnüsse ein treffendes Beispiel; nicht überall, wo sich auch solch wertvoller Kerngehalt findet, ist er für uns praktisch zuzugängig. Bei vielen der gebräuchlichsten Obstarten gelten erfahrungsgemäß die Kerne nicht als Nahrungsmaterial, werden daher meist gar nicht mit gegessen, zumal größere Kerne im Darm gefährlich werden können. Bei Äpfel, Birnen, Pflaumen und Kirschen und ähnlichen werden die Kerne meist gar nicht verzehrt, ebensowenig wird man Apfelsinen, Zitronen und Mandarinenkerne essen. Sobald aber die Kerne klein sind, wie bei Erdbeeren, Stachelbeeren, Johannisbeeren usw. fällt die Möglichkeit der Abscheidung durch die Zunge weg, sie gelangen dann in den Darm und werden, wie die tägliche Beobachtung lehrt, wieder ausgeschieden. Wenn solche Kerne in ihrem Inneren auch nährrende Bestandteile enthalten, so hindert doch die derbe Umhüllung die Möglichkeit der Verdaulichkeit. Nähere Untersuchungen über dieses Material anzustellen, schien mir vorläufig ohne besondere Bedeutung.

Während viele dieser Kerne nach Öffnung der harten oder lederartigen Schale doch genießbare Teile einschließen, die reich an Eiweiß und Fett sind, besteht bei anderen der Kern aus einem hornartig verhärteten Material, aus Kohlehydraten, die bei der Keimung wieder aufgelöst werden.

Dattelnkerne.

Es hat im Zusammenhang mit anderen Fragen-Interesse einige solcher harten Kerne in ihrer Zusammensetzung kennen zu lernen. Untersucht habe ich Dattelnkerne. Für letztere findet sich bei König (Bd. II, S. 959) eine Analyse angegeben. Die untersuchte Probe enthielt 7.7 g Wasser. Auf 100 Teile Trockensubstanz kommen:

5.53 g Protein,
9.70 „ Fett,
57.50 „ N-freie Extrakte,
26.07 „ Rohfaser,
1.13 „ Asche.

Als Ausgangsmaterial benutzte ich Dattelnkerne, welche sorgfältig vom Keim und der Oberhaut befreit waren, sie wurden dann getrocknet und zu einem Pulver, das rotbraune Farbe hatte, zerkleinert. Das Material wurde in der schon mehrfach geschilderten Weise analysiert. Das Ergebnis enthält folgende Tabelle:

In 100 Teilen Trockensubstanz der Dattelnkerne ist enthalten:

1.0 Asche,
99.0 Organisches,
5.92 Pentosen = 5.22 Prozent Pentosane,
49.23 asche- und pentosanfreie Zellulose,
68.63 asche- und proteinfreie Zellmembran mit 2.21 Pentosen
= 1.96 Pentosan,
1.77 N = 11.05 Prozent Protein,
7.90 Fett.

100 Teile Zellmembran enthalten:

71.73 g Zellulose,
2.85 „ Pentosan,
25.42 „ Rest.

Zunächst fällt hier die enorme Aschearmut des Kernes auf. Die Pflanzen bedürfen also zur Härtung von Gewebsbestandteilen keiner Mineralien, so etwa, wie Kalk und Magnesia, auch Kieselsäure von Tieren, zur Bildung von Gerüstsubstanzen verwendet wird; die Menge der Zellulose ist sehr bedeutend. Bei ihrer Darstellung wurde bemerkt, daß nach der Behandlung mit chloressaurem Kali und Salzsäure und dem Auswaschen mit Wasser die Masse bei Berührung mit der Luft gelbbraun wurde, worauf sich diese Substanz im Wasser auflöste. Der Pentosegehalt ist ziemlich gering. Die Menge der Zellmembran beträgt 68.6 Prozent, d. h. weniger, als man nach dem hohen Zellulosegehalt erwarten sollte. In der Zellmembran sind aber nur 37.3 Prozent der Gesamtpentosen enthalten. Dies dürfte mit folgender Erscheinung zusammenhängen. Wenn man die Dattelnkerne vollkommen entfettet, so löst destilliertes Wasser einen erheblichen Anteil mit brauner Farbe auf, die Lösung gibt Trommers und Pentose-reaktion. Fett oder wachsartige Substanzen scheinen unter natürlichen Verhältnissen die Auflösung dieser Körper zu hindern. Weitere Untersuchungen wurden unmöglich gemacht, da plötzlich weiteres Material nicht erhältlich war. Die Zusammensetzung der Zellmembran zeichnet sich also durch hohe Zellulose und äußerst geringen Pentosan-gehalt aus. Berechnet man sämtliche näher bestimmten Substanzen zusammen, so erhält man:

68.63 g Zellmembran,
11.05 „ Protein,
7.90 „ Fett,
5.71 „ Pentosen (exkl. des Pentosan der Zellmembran),
= 93.29 g

Gefunden wurde 99.0 g organische Substanz

— 93.3

also treffen 5.7 g etwa auf N-freie Extrakte, vorausgesetzt, daß nicht auch Substanzen vorkommen, welche einer anderen Nährstoffgruppe zugehören. Die Menge der N-freien Extrakte ist also statt wie bisher mit 57.5 Prozent der Dattelkerne nur mit 5.7 Prozent anzunehmen.

Kaffeebohnen.

Die Kaffeebohnen sind die Samenkerne des Kaffeebaumes, sie haben frisch Ähnlichkeit mit unserer Kirsche und sind fleischig. Im Innern liegen die abgeplatteten Kerne, die Hauptmasse besteht aus Nährgewebe (Endosperm).

Im rohen Kaffee sind 2.53 Prozent Proteinstoffe.¹ Der Fettgehalt schwankt zwischen 12 bis 15 Prozent. Nach E. Schulze und Maxwell² enthalten die Kaffeebohnen die Anhydride verschiedener Zuckerarten, wie Galaktan, Mannan, Pentosan. Der mit Alkohol ausgezogene Rückstand der Kaffeebohnen hat 6.7 Prozent Pentosan. Warmer gibt für rohen Kaffee 5.08 Prozent, für gebrannten 2.8 Prozent Pentosan an. Vom Kaffee gelangt nur ausnahmsweise und selten ein Teil des Bohnenmaterials in den Darm, doch ist da, wo die Kaffeemaschine sich noch nicht eingebürgert hat, mit dem Verschlucken von Kaffeesatz wohl zu rechnen; soweit man es durch Untersuchung des Kotes beurteilen kann, scheinen die Kaffeeteilchen unresorbiert den Darm zu verlassen. Ich habe rohen Kaffee fein gepulvert mit sehr großen Mengen lauen, dann heißen Wasser erschöpft, dann mit Alkohol ausgekocht, hierauf mit Äther, dann 24 Stunden mit Chloralhydrat stehen lassen, dann 1 Stunde ausgekocht, mit Chloralhydrat gewaschen, dann nochmals mit Alkohol und Äther ausgekocht. Das Protein war nicht zu entfernen gewesen, auf asche- und proteinfreie Substanz gerechnet, enthält die Zellmembran des Kaffees in 100 Teilen

45.15 Prozent	Reinzellulose,
6.59	„ Pentosan,
48.26	„ Restsubstanz.

Wie bei den Dattelkernen ist der Pentosangehalt gering, aber der Zellulosegehalt viel geringer als bei ersteren.

Die Schalen der fleischigen Früchte werden von vielen Personen mit Verzehr, in der Meinung, daß sie damit einen sehr wesentlichen, der Gesundheit förderlichen Teil des Obstes aufnehmen. Das Mitgehen der

¹ König, Bd. II. S. 1075.

² Zeitschrift für physiol. Chemie. Bd. XIV. S. 257.

Schalen ist beim Obst unabweislich, wo es sich um kleinbeerrige Früchte handelt, bei denen Schalen überhaupt die größere Masse des Essbaren ausmachen; hier lassen sich dann vielfach auch die Kerne nicht mehr trennen, wie bei den Preiselbeeren, den Johannisbeeren usw. Man darf wohl annehmen, daß dieses Material Ähnlichkeit mit der Apfelschale haben werde, über deren Zusammensetzung ich schon Angaben gemacht habe. Ganz einwandfreie Resultate sind kaum zu erhalten, da den Schalen dieser Art stets mehr oder weniger Fruchtfleisch anhängt, das man schon bei den Apfelschalen nicht mit Sicherheit entfernen kann.

Eine andere Art von Schalen sind die Apfelsinen und Zitronenschalen.

Die Apfelsinenschalen gehören in der Regel zu den nicht ebberen Abfällen dieser Südfrüchte. Die dicke Fruchtschale besteht aus der dünnen äußeren gelben Schicht, der weißen schwammigen Schicht darunter, von den Schalen zweigen die dünnen Flächen ab, die wieder zu einem weißen schwammigen Mittelsäulchen führen, in diesen Fächern liegt in saurem Fruchtfleisch der Kern. In manchen Fällen wird die eigentliche Schale, die wir abzutrennen pflegen, mit Zucker konserviert und als Zitronat oder Orangat in den Handel gebracht, so von der Zitrone (*Citrus medica macrocarpa*) und manche Apfelsinenarten. *Cortex fructus Aurantii* ist in einigen Pharmakopöen officinell.

Die von mir untersuchten Apfelsinenschalen waren ziemlich arm an Asche (4.79 Prozent der Trockensubstanz), aber reich an Pentosanen (15.91 Prozent), dadurch unterschieden sie sich von den harten Kernen, deren Zusammensetzung ich vorher angeführt habe. Zur Herstellung der Zellmembran wurde erst mit Äther der Farbstoff und das Öl weggebracht, dann getrocknet, mit Wasser extrahiert, dann mit kochendem Alkohol und Chloralhydrat. Die Zusammensetzung der Zellmembran war folgende:

100 Teile	enthalten:
52.88 Prozent	Zellulose,
27.82	„ Pentosane,
19.30	„ Restsubstanz.

Nußschalen.

Von Schalen, die noch Interesse für die Analyse haben können, scheinen mir die Nußschalen die charakteristischsten. Sie präparieren wenigstens eine wohlbekannte Umhüllung mancher ölhaltigen Kerne und zeichnen sich durch ihre außergewöhnliche Härte aus. Ich habe nur die äußeren Schalen, aber nicht die den Kernen aufliegende feine Schalenhaut

untersucht, sie bestehen nicht nur aus Zellmembrannmassen, sondern schließen auch noch andere Bestandteile ein. Die Zusammensetzung war folgende:

100 Teile Trockensubstanz enthalten:

1.36	Prozent Asche,
98.64	„ Organisches,
32.88	„ Pentosen = 29.02 Prozent Pentosan,
36.68	„ Reinzellulose,
97.09	„ Reinzellmembran,
0.19	„ N = (1.187 Protein?),
0.36	„ Fett.

Hieraus kann man für die eigentliche Zellmembran für 100 g Trockensubstanz ableiten:

37.77	Prozent Zellulose,
29.88	„ Pentosane,
32.35	„ Restsubstanz.

Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen des Spinates.

Von

Max Rubner.

I.

Im nachfolgenden habe ich mir die Aufgabe gestellt, die Zellmembranen eines der Blattgemüse einer näheren Untersuchung hinsichtlich der Resorptionfähigkeit zu unterziehen. In meinen früheren Experimenten am Menschen habe ich aus dieser Gruppe den Wirsing herausgeriffen. Mit Rücksicht auf die außerordentlich weite Verbreitung des Spinates als Gemüse schien es mir angemessen, die Zellmembranen des letzteren als Beispiel dieser Nahrungsgruppe für die Tierversuche zu wählen, auch soll er eine besonders leicht resorbierbare Zellulose führen. Man spricht sehr gern von der jungen unverholzten Zellulose solcher Gewächse, wobei man voraussetzt, daß die Zellmembranbestandteile von anderer Mischung seien, wie in älteren Gewächsen. Es ist mir zweifelhaft geworden, ob derartige immer wieder reproduzierte Behauptungen wirklich eine besondere Begründung haben. Meine Untersuchungen haben in dieser Hinsicht dargetan, daß der Spinat keinerlei besondere auffällige Abweichung in der Zusammensetzung seiner Zellmembran erkennen läßt, welche etwa in einem Zurücktreten der Pentosane oder den Restsubstanzen bestände. In 100 Teilen Zellmembran sind:

40.23	Prozent Zellulose,
24.42	„ Pentosane,
35.25	„ Restsubstanzen.

Die Menge der Zellmembran ist beim Spinat, wenn man den hohen Aschegehalt betrachtet, erheblicher als bei manchen anderen Blatt- und selbst bei manchen Wurzelgewächsen.