

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

Ergebnissen sich nicht der Anschauung erwehren, daß die Kräfte, welche Pentosan und jene, welche die Zellulose lösen, verschieden sein müssen.

Es läßt sich mit einer gewissen Annäherung auch wie bei der Kleie und dem Birkenmehl schätzen, ob die Einführung der Zellmembran Veranlassung zu stärkerer Kotbildung gegeben hat; für die N-Ausscheidung habe ich gezeigt, daß das Mehr an N im Kot auf die unvollständige Resorption des in den Zellmembranen verbliebenen Proteins trifft, für die sonstigen Kotbestandteile kann man folgende Rechnung vornehmen:

Im ganzen sind pro Tag im Kot entleert worden	178.1 kg-cal.
Die Zellmembran des Kotes etwa nach dem Verbrennungswert der aufgenommenen Zellmembran geschätzt, würde pro Gramm 4.172 kg-cal. ausmachen, also pro Tag $18.69 \times 4.172 =$	77.97 kg-cal.
5.54 unresorbiertes Protein $5.54 \times 5.8 =$	32.13 "
1.41 g Pentosan = 1.59×3.957 (als Xylose ber.)	6.29 "
	<hr/>
	116.4 "
	<hr/>
	61.7 kg-cal.

Schätzungsweise sind also statt 67.7 kg-cal., welche dem üblichen Fleischkot entsprechen, 61.7 kg-cal. gefunden worden, wenn alle berechneten Abgänge, welche auf Zellmembran usw. treffen, in Anschlag gebracht werden.

Es läßt sich also sicher behaupten, daß eine nennenswerte Veränderung der Kotbildung unter dem Einfluß der gefütterten Spinatzellmembranen nicht eingetreten ist, obschon relativ die aufgenommene Menge der Zellmembran nicht unbedeutend war.

Die Spinatzellmembran entspricht also durchaus in der Resorption nicht den vielfachen Behauptungen über ihre leichte Resorbierbarkeit, auffallend leicht sind die Pentosane angegriffen worden, recht schwer die Zellulose.

Nur eines, was vom Laien so gedeutet werden kann, wurde beobachtet, nämlich kein auffallendes Hervortreten des beigemengten vegetabilischen Materiales im Kote; bei Birkenholz, Kleie trägt der Kot einen ausgeprägten fremdartigen Charakter, hier bei diesen Zellmembranen nicht. Die nicht resorbierten Teile haben keine Neigung zu verfilzen oder zusammenzubacken, sie fallen aber auch nicht bröckelig auseinander wie bei der Kleiefütterung.

Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen der gelben

Rüben.

Von

Max Rubner.

I.

Die bisher mitgeteilten Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Zellmembranen lassen erkennen, daß wir auf diesem Wege neue Erkenntnisse über den Ablauf dieses Teiles der Verdauungsvorgänge erhalten können, und gewisse Richtlinien, sowohl was die Angriffsweise auf die Zellmembranen, als auch die Rückwirkung auf die übrigen Verdauungsvorgänge betrifft. Von der ersten Gruppe der Gemüse, deren Zusammensetzung in den vorhergehenden Abhandlungen mitgeteilt ist, wählte ich die gelbe Rübe aus, um durch das Tierexperiment die Resorptionsart der Zellmembran festzustellen.

Dazu bestimmte ich neben der bequemeren Verarbeitung des Materiales der Umstand, daß durch meine früher ausgeführten Versuche die Ausnützung der gelben Rüben beim Menschen bekannt ist. Die damaligen Versuche waren an einem Vegetarier angestellt worden, der sich gerade für die Ausführung solcher Versuche sehr geeignet hielt. Das Ergebnis schien unbefriedigend, da die Kotentleerung sehr schnell erfolgte, allerdings ohne irgend eine Störung des Befindens. Noch vor Ablauf von 6 Stunden erschien der Versuchskot — das Gesamtergebnis war aber nicht zu ungünstig. Frappierend war das Aussehen der frischen Entleerungen, welche wie die Nahrung selbst aussahen, tatsächlich war aber der Verlust an Trockensubstanz nur 20.7 Prozent, eine bedeutende Ausnützung war erfolgt, aber das Resultat im Verhältnis zu den Zerealien oder der Kartoffel doch ein sehr zurückstehendes.

Die Menge der verzehrten Trockensubstanz war nicht groß (351.6 g pro Tag), wenn man bedenkt, daß bei fast der doppelten Menge (670 g)

Weißbrot die Verdauung noch sozusagen optimal verläuft. Nach dem damaligen Stand des Wissens ließ sich nur vermuten, daß in dem Zellulosegehalt der Rüben wahrscheinlich der Hauptgrund zu dem ungünstigen Verhalten zu suchen war. Nach den jetzt vorliegenden Analysen haben wir in feinem Weißbrot soviel wie keine Zellmembran, in gelben Rüben aber über $\frac{1}{4}$ der Trockensubstanz überhaupt. Sie zeigen nach den Versuchen am Menschen die Besonderheit, daß der Farbstoff der gelben Rüben unverändert abgeht und daß das Volum der verfitterten Pflanzenzellen gar nicht abzunehmen scheint.

Zur Klärung dieser Verhältnisse kann nur der direkte Versuch mit der Fütterung der Zellmembranen entscheiden, wobei sich die Eigenart des Verhaltens im einzelnen feststellen läßt.

Die Herstellung des Zellmembranmaterials geschah in der Weise, daß die Rüben, nachdem sie gereinigt und äußerlich abgeschabt waren, mit dem Reibeisen zerkleinert wurden, dann wurden sie auf Gläser verteilt, mit reichlich Wasser und Diastase und ein paar Tropfen Toluol für 24 Stunden in den Brutschrank gebracht, dann abfiltriert, nochmals mit lauwarmem Wasser, dann mit helbem Wasser ausgezogen, mit Alkohol heiß behandelt und mit Äther gewaschen. Die Zellmembran war zwar noch nicht aller anderen Stoffe beraubt, die Analyse hatte über die weitere Zusammensetzung Auskunft zu geben. Die Membranen bestanden aus einer weißen feinflockigen, geruch- und geschmacklosen Masse. Von dieser erhielt der Hund an drei aufeinanderfolgenden Tagen je 70 g Lufttrockener nahm sie ohne den geringsten Widerstand auf.

Die Entleerungen waren ungemein voluminös, enthielten, ohne breit zu sein, offenbar reichlich Wasser, was die äußere Beschaffenheit nicht verriet. Das Wasser war wohl in die leeren Zellen des Ribbenmaterials aufgenommen worden. Diese Zellmembranen verhielten sich also ganz anders als etwa das Birkenmehl, die Kleie und die Spinatzellmembran. Der Hund nahm während dieser Versuche mehr Wasser auf als sonst. Der Geruch des Kotes war nicht fäkal. Über die Zufuhr und Ausfuhr geben die nachfolgenden Tabellen Aufschluß.

100 Teile Trockensubstanz der Zellmembran der Mohrrüben enthält:

6.82	Prozent Asche,
93.18	Organisches,
23.57	„ Pentosen = 20.81 Prozent Pentosane,
37.09	„ asche- und pentosanfreie Zellulose,
81.62	„ asche- und proteinfreie Zellmembran,
0.84	„ N = 5.25 Prozent Protein.

In 65.23 g täglich gefitteter Trockensubstanz waren:

4.44	g Asche,
60.79	Prozent Organisches,
15.37	g Pentosen = 13.57 Prozent Pentosane,
24.19	„ asche- und pentosanfreie Zellulose,
53.24	„ asche- und proteinfreie Zellmembran,
0.5	„ N = 3.43 Protein.

Das gefitterte Material läßt für die reine Zellmembran berechnen:

45.44	Prozent Zellulose,
25.76	„ Pentosan,
28.80	„ Rest.

Sämtliche Pentosen sind in der Zellmembran enthalten. Auf 100 Teile der gefitterten Rohzellmembran entfielen noch 3.61 g Protein, welche durch die bei der Darstellung der Reinzellmembran angewendeten Mittel nicht auflöslich waren = 0.57 g N, 68.7 Prozent des N der Zellmembranen waren also unlöslich geblieben. In der gefitterten Tagesration waren 0.372 g N in der Zellmembran verblieben, daneben war noch etwas N-Substanz vorhanden, die bei der Zellmembrandarstellung löslich war. Zusammensetzung des Kotes. 100 Teile trocken enthalten:

12.75	Prozent Asche,
87.25	Organisches,
12.77	„ Pentosen = 11.27 Pentosane,
31.37	„ asche- und pentosanfreie Zellulose,
47.55	„ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 8.77 g Pentosen = 7.74 g Pentosane,
2.84	„ Stickstoff,
1.39	„ Fett.

In 65.07 g trockenem Kot pro Tag sind enthalten:

8.30	g Asche,
56.77	„ Organisch,
8.31	„ Pentosen = 7.31 g Pentosan,
20.41	„ asche- und pentosanfreie Zellulose,
31.04	„ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 5.70 g Pentosen und 5.03 g Pentosane,
1.85	„ Stickstoff,
0.90	„ Fett.

II.

Ich betrachte zunächst, was sich über die Resorbierbarkeit des gefütterten Materiales auf Grund der kalorimetrischen Untersuchung von Einfuhr und Ausfuhr aussagen läßt; 1 g Trockensubstanz der eingeführten Zellmembranen lieferte 3.686 kg-cal-an Verbrennungswärme = 238.4 kg-cal. pro Tag. Da 1 g trockener Kot = 3.605 kg-cal. entsprach = 234.5 kg-cal., also in den Ausscheidungen waren, so ergibt sich das folgende Nutzverhältnis unter der Annahme, daß die Fleischfütterung allein im Durchschnitt pro Tag 67.7 kg-cal. Abfallprodukte gibt.

Einfuhr Rohzellmembranen = 238.4.

Ausfuhr Kot = 234.5 — 67.7 (Fleischkot) = 166.8 kg-cal.

Verlust = 69.93 Prozent.

Das Gesamtergebnis ist also nicht günstig oder doch wenigstens etwas ungünstiger als bei Spinatzellmembran, die 60.4 Prozent Verlust gab. Zweitens beeinflußt das Resultat der geringe N-Gehalt des hier gefütterten Präparates, während bei Spinat etwas mehr Protein vorhanden war, das, für sich betrachtet, ein nicht ungünstiges Resorptionsverhältnis zeigt und so das Gesamtergebnis beeinflußt. Nur rund 30 Prozent des Energieinhaltes der gefütterten Zellmembran erscheinen verwertbar, aber doch nur bedingt, denn man hat stets bei solchen Berechnungen zu erwägen, daß durch die Gärungsvorgänge zum mindesten ein Teil von den 30 Prozent auch durch Bildung brennbarer Gase zu Verlust ging und daß es fraglich erscheinen kann, inwieweit etwa organische Säuren, wie sie zum Teil als Gärprodukte vorausgesetzt werden müssen, als isodynamie Vertretungen anderer Nährstoffe angesehen werden können. Als allgemeines Urteil wird man bereits annehmen können, daß zwischen dem untersuchten Material der Gemüße — Spinat, Mohrrüben — kein wesentlicher Unterschied im Nutzeffekt ist. Betrachtet man in analoger Weise die Ein- und Ausfuhr des in den Mohrrübenzellmembranen in kleinen Mengen enthaltenen Stickstoffs, so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Die N-Ausscheidung im Kot nach Fleisch-Zellmembranfütterung war erhöht, was eine doppelte Deutung zuläßt — entweder ist die Resorption des Fleisches etwas herabgesetzt worden, oder tatsächlich der N der Zellmembran in den Kot übergegangen. Nach den bisherigen Erfahrungen neige ich der letzten Anschauung zu.

Statt 1.09 g N, welche der durchschnittlichen Entleerung bei reiner Fleischkost entsprechen, wurden 1.85 g N bei Zellmembranfütterung abgegeben, also 1.85 — 1.09 = 0.76 g pro Tag mehr. In der Zufuhr der Zellmembran waren aber nur 0.55 g N, somit muß tatsächlich eine geringe

Mohrausscheidung durch Vermehrung der Ausscheidung von Fleischkotbestandteilen eingetreten sein, wenn man nicht solche kleinen Unterschiede in der N-Ausscheidung überhaupt als zufälligen Schwankungsbereich der Fleischkotbildung ansehen will. Es läßt sich aber nachweisen, daß diese N-Mehrung in der Ausfuhr durch eine geringe Mehrung des N-Gehaltes der Zellmembran zustande gekommen ist, die etwa durch den Einsehluß von Verdauungsprodukten in die stark quellende und ihr früheres Volumen annehmende Zellmembran erzeugt wurde. In der zugeführten Zellmembran waren rund 0.55 g N vorhanden, in der Reinzellmembran der Ausfuhr 0.79. Oben habe ich den Ausfuhrüberschuß bei Zellmembranfütterung auf 0.76 g N pro Tag berechnet, diese Menge wird also durch die gefundene 0.79 g N in der Kotzellmembran, wenn man von der kleinen Fehlergrenze absieht, gerade gedeckt.

III.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorstehenden Untersuchung betreffen die direkte Untersuchung des Verhaltens der Pentosen und der Reinzellmembran und Zellulose. Ein Vergleich der Ein- und Ausfuhr gibt folgendes als Verlust:

54.07 Prozent	an Pentosen überhaupt,
36.70	„ an Pentosen, die in der Zellmembran abgelagert sind,
58.11	„ an Zellmembran überhaupt,
84.38	„ an Zellulose,
36.50	„ an Restsubstanzen der Zellmembran.

Von den Pentosen wurde also ein Teil resorbiert, der größere Teil geht mit dem Kot ab. Anders ist das Ergebnis, wenn man die Spaltung der Pentosane betrachtet. Diese letzteren werden hier in hohem Maße aus der Zellmembran herausgelöst, das Präparat enthielt vor der Fütterung überhaupt nur an die Zellmembranen gebundene Pentosane. Der Unterschied in der Resorption der Pentosen überhaupt und der Zellmembran-pentosen bringt uns zum Ausdruck, daß aus der Zellmembran gelöste Pentosen im Kote selbst unresorbiert liegen bleiben können. Der Fall liegt also hier, wie es in mäßigen Grade auch bei Birkenholz in viel höherem Grade bei Kleie und Spinatzellmembran schon berichtet worden ist. Sind es unresorbierbare Pentosen oder bleibt nicht Zeit genug, um sie zur Resorption zu bringen? Es scheint mir eher ersteres der Fall zu sein, denn bei dem lebhaften Verdauungsstrom, der zur Aufnahme von 1000 g Fleisch als Futter zu dienen hat, sollten doch wohl die kleinen Mengen von Pentosen auch zur Lösung gebracht werden können. In der starken

Auflösung der Pentosane der Zellmembran darf man wieder den Beweis einer besonderen fermentativen Abspaltung sehen, weil ganz im Gegensatz damit gerade in diesem Falle die ungünstige Resorption der Zellulose steht. Die Zelluloseverdaulichkeit ist demnach auch nach diesen Ergebnissen von der Pentoselösung zu trennen. Sehr günstig wurden auch die Restsubstanzen resorbiert, so daß das ungünstige Resultat der mangelhaften Zelluloseausnutzung durch die Pentosan- und Restsubstanzresorption verdeckt wird und das Gesamtergebnis des Verlustes an Reinzellmembran rund 58.11 g ausmacht.

Durch die ungleiche Resorption der einzelnen Komponenten der Reinzellmembran wird die Zusammensetzung der in der Nahrung eingeführten und der im Kot ausgeschiedenen Zellmembran sehr verschieden. In 100 Teilen Reinzellmembran waren:

	In der Einfuhr	In der Ausfuhr
Zellulose	45.44	65.76
Pentosane	25.76	16.28
Restsubstanz	28.80	17.75

Was die Zellulose anlangt, so wiederholen sich hier, was ich schon beim Spinat beobachtet und beschrieben habe, das Überwiegen der Zellulose in der ausgeschiedenen Zellmembran, eine Abweichung besteht insofern zwischen beiden Gemüsen, daß die Restsubstanzen der Mohrrüben besser als jene des Spinates resorbiert werden.

Ans der Betrachtung in Abschnitt II geht hervor, daß etwas mehr N im Kote erscheint, als sich aus dem eingeführten Proteingehalt der Zellmembran erklären ließ, was den Schluß rechtfertigt, daß eine Mehrausscheidung von N aus verdautem Fleisch vorliegt. Die weitere Frage wäre, ob außer der geringen Vermehrung der N-Ausscheidung auch die übrigen Kotsubstanzen eine gewisse Vermehrung erfahren haben. Hierüber kann man nur eine schätzungsweise Angabe machen, so wie ich sie bei Spinatzellmembranfütterung versucht habe (s. Tab. nächste Seite).

Statt 67.7 kg-cal. pro Tag, wie sie dem Fleischversuch entsprechen, ist hier anscheinend etwas mehr Fleischkot gebildet worden, die Differenz würde aber etwas kleiner, wenn man berücksichtigt, daß die Verbrennungswärme der Kotzellmembran wegen der Vermehrung des Prozentgehaltes an Zellulose etwas größer sein kann, als oben angenommen. Doch bleibt wohl das Gesamtergebnis einer geringen Vermehrung der Kotbildung oder Ausscheidung an Kotsubstanzen, womit auch die geringe Steigerung der N-Ausscheidung im Kot über das Maß des in der Zellmembran eingeführten Stickstoffs hinaus hinweist.

Im ganzen sind pro Tag im Kot entleert worden	234.5 kg-cal.
Wenn die Zellmembran des Kotes in der Verbrennungswärme etwa jenem Wert der Zufuhr entsprach, so haben wir als Verbrennungswert der Ausscheidung der Zellmembran 31.04×3.956	122.8
Thresorbiert blieben 3.43 g Protein $= 3.43 \times 5.8$ kg-cal.	19.8
Außerdem waren losgelöst von der Zellmembran im Kot 2.28 g Pentosan $= 2.58 \times 3.95$ (Verbrennungswert der Xylose)	10.2
	<hr/>
	152.8
	81.7 kg-cal.