

*Institut für Ernährungsphysiologie der Technischen Universität München in
Freising-Weihenstephan*

Zur energetischen Verwertung von Palatinit®

P. M. Zinner und M. Kirchgeßner

(Eingegangen am 19. April 1982)

Einleitung

Als Vorteile des Zuckeraustauschstoffes Palatinit^{®1)} werden im Vergleich zu Saccharose günstigere technologische Eigenschaften, geringere Kariogenität, verminderte Wirkung auf Blutzucker und Seruminsulin sowie eine schlechtere energetische Nutzung diskutiert. Wie stark jedoch die energetische Verwertung von Palatinit im Vergleich zu Saccharose vermindert wird, ist bislang nicht eindeutig untersucht. Aufgrund von Stoffwechselversuchen mit Ratten (Kirchgeßner et al., 1982) wurden für Palatinit Energieverluste bis zur Stufe der umsetzbaren Energie in Höhe von 20 bis 30 % geschätzt. Mittels vergleichender Schlachtkörperanalysen an Ratten sollte deshalb in vorliegender Untersuchung der Ansatz an Protein, Fett und Energie untersucht und damit die gesamte energetische Verwertung von Palatinit mit der von Saccharose verglichen werden.

Material und Methodik

Für den Versuch wurden 42 männliche Ratten mit je 50 g Gewicht in Makrolonkäfigen zu jeweils drei Tieren in einem vollklimatisierten Raum bei 20 °C und 55 % relativer Luftfeuchte gehalten.

Die Genauigkeit des gemessenen Ansatzes aus Versuchen mit vergleichender Schlachtkörperanalyse erhöht sich, wenn die Zulage im Verhältnis zur Grunddiät relativ hoch gewählt wird. Andererseits treten jedoch bei größeren Gaben von Palatinit Flatulenz- und Diarrhöerscheinungen auf. Deshalb wurde für den Versuch ein Verhältnis von Grunddiät zu Zulage von 70:30 gewählt. Um diesen hohen Palatinitanteil zu erreichen, wurden sämtliche Tiere zuerst an Palatinit gewöhnt und erst anschließend in die Gruppen mit verschiedenen Diäten aufgeteilt. Die Gewöhnung wurde stufenweise vorgenommen. Ausgehend von 95 % einer Casein-Stärke-Diät (= Grunddiät) und 5 % Palatinit wurde alle 5 Tage der Palatinitanteil um weitere 5 % erhöht, der Anteil der Grunddiät entsprechend reduziert. Die Grunddiät bestand aus 27 % Casein, 52 % Stärke, 8 % Kokosfett, 6,6 % Cellulose, 4,2 % Mineralstoff-/Spurenelementmischung, 2 % Vitaminmischung und 0,2 % DL-Methionin. Die gesamte tägliche Futtermenge wurde während dieser Adoptionszeit so eingestellt, daß pro Tag etwa 5 g Gewichtszuwachs erreicht wurden. Trinkwasser stand zur freien Aufnahme zur Verfügung. In dieser Adoptionsphase mußten drei Tiere aus dem Versuch genommen werden, da sie bereits von Anfang an Durchfall zeigten. Bei allen anderen Tieren wurden leichte Blähungsscheinungen und

¹⁾ Palatinit® ist ein registriertes Warenzeichen der Süddeutschen Zucker-AG, Mannheim

weiche Konsistenz des Kotes beobachtet, nur bei einigen Tieren gegen Ende der Gewöhnungsphase leichter Durchfall. Kurz nach der letzten Steigerung des Palatinitanteils auf 30 % stabilisierte sich jedoch bei allen Tieren die Kotbeschaffenheit.

Im Anschluß an die Adoptionsphase wurden die 39 Tiere in drei gewichtsgleiche Gruppen eingeteilt. Gruppe P erhielt dabei weiterhin als Futter eine Mischung aus 70 % Grunddiät + 30 % Palatinit. Gruppe S wurde eine Diät vorgelegt, die zu 70 % aus Grunddiät + 30 % Saccharose bestand. In Gruppe G wurde dagegen nur die Grunddiät (ohne Zulage) gefüttert. In der Umstellungsphase wurden 12 g Futter-TS pro Tier und Tag verabreicht. Nach 4 Tagen wurde mit dem 56tägigen Versuch begonnen. Die der Kontrollgruppe vorgelegte Futtermenge steigerte sich im eigentlichen Versuch von 8-10 g TS pro Tier und Tag, was dem Erhaltungsbedarf und einem zusätzlichen Wachstum von 1 g pro Tier und Tag entsprach. Die Gruppen S und P erhielten die gleiche Menge der Grunddiät, zusätzlich die Saccharose- und Palatinitzulage. Die gesamte Futter-TS-Aufnahme in den Gruppen S bzw. P betrug demnach das 1,425fache der Menge in Gruppe G. Das Futter wurde wöchentlich auf seinen TS- und Energiegehalt kontrolliert. Als Ausgangswerte für die Berechnung des Ansatzes wurden 12 Tiere (4 aus jeder Gruppe) am 1. Versuchstag getötet.

Die Umstellung auf die Grund- bzw. Saccharosediät verlief ohne Schwierigkeiten. Innerhalb weniger Tage veränderte sich die Kotfarbe in diesen Gruppen von dunkel nach hell; die Ausscheidungen wurden großkörniger und trockener. Die mit der Palatinitdiät gefütterten Tiere zeigten keinerlei verändertes Verhalten. Im Erscheinungsbild fiel ein leicht vergrößertes Abdomen im Vergleich zu den Tieren der Gruppen G und S auf. In der Höhe der täglichen Wasseraufnahme wurde in einer 3tägigen Kontrolle während des Ansatzversuches kein Unterschied zwischen den Gruppen P und S gefunden. Die Ratten beider Gruppen hatten einen ca. 50 % höheren Wasserverbrauch als die Gruppe G bei einer um 42,5 % höheren TS-Aufnahme.

Zur Ganzkörperanalyse wurden die tiefgefrorenen Tiere zerkleinert und gefriergetrocknet, anschließend homogenisiert. Aus diesem Homogenat wurden die Proben zur Energie-, Rohprotein- (N-Gehalt \times 6,25) und Gesamtfettanalyse gezogen.

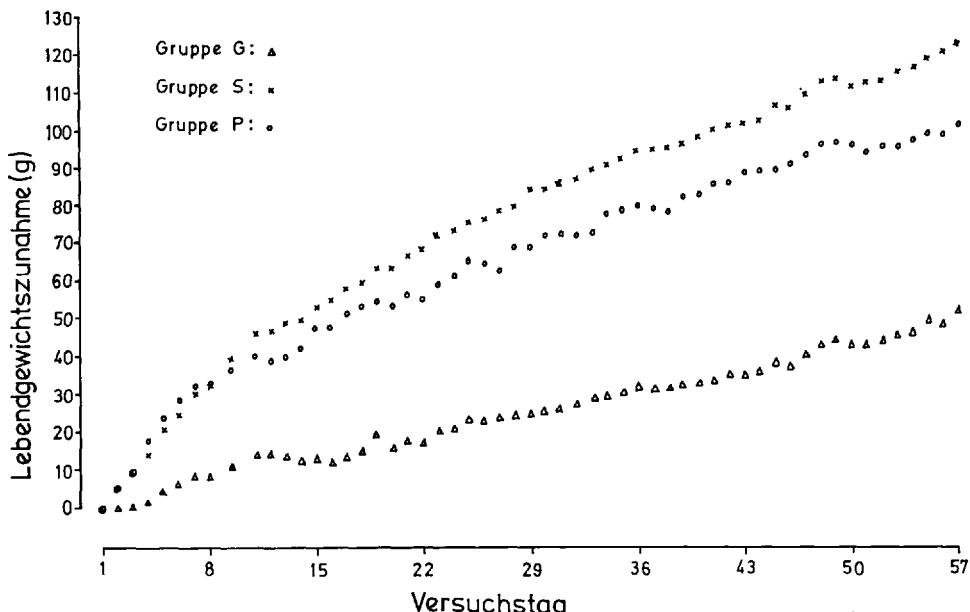


Abb. 1. Verlauf der Lebendgewichtszunahmen.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels Varianzanalyse. Die angegebenen \pm -Werte stellen die Standardabweichungen der Einzelwerte dar. Die Mittelwertdifferenzen wurden mit dem Duncan-Test auf Signifikanz geprüft. Mittelwerte innerhalb einer Zeile mit unterschiedlichen Buchstaben sind mit $P < 0,05$ signifikant verschieden.

Versuchsergebnisse

In Abbildung 1 ist die Körpergewichtszunahme für die drei Gruppen während des Versuches aufgetragen. Die aufgenommenen Futter- und Energiemengen bzw. die Zunahmen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Der Vergleich der Gruppen zeigt, daß die etwa 40%ige Energiezulage als Saccharose bzw. als Palatininit zu deutlich höheren Zunahmen führte und die Zulage von Saccharose über 20 % höhere Gewichtszunahmen bewirkte als die entsprechende Palatinitzulage. Diese Differenz zwischen beiden Gruppen entwickelte sich kontinuierlich mit zunehmender Versuchsdauer.

Tab. 1. Futter- und Energieaufnahme sowie Lebendgewichtszunahmen der Versuchstiere (je Tier und 56 Tage).

	Gruppe G Grunddiät	Gruppe S Grunddiät + Saccharose	Gruppe P Grunddiät + Palatininit
Futteraufnahme (g TS)	494	705	709
Energieaufnahme (MJ GE)	9,91	13,49	13,67
Lebendgewichtszunahme (g)	53	123	102

Die Ergebnisse der Ganzkörperanalysen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Der Vergleich der Tiere am ersten und 57. Versuchstag ergibt den erwarteten Anstieg im Trockensubstanz-, Fett- und Energiegehalt mit zunehmendem Alter bzw. Gewicht. Nach 56tägiger Versuchsdauer zeigten sich zwischen den Gruppen G und P keine Unterschiede in der prozentualen Zusammensetzung des Ganzkörpers. In der Gruppe S lagen dagegen erhöhte Gehalte an Trockensubstanz, Fett und Energie vor. Im Gehalt des Rohproteins konnten zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen berechnet werden, doch zeigen die Werte, daß in der Gruppe S der tiefste Proteinanteil vorliegt.

In Tabelle 3 sind die Ansatzzahlen für TS, Rohprotein, Fett und Energie aufgezeigt. Für die Gruppe G war ein durchschnittlicher TS-Ansatz in der gesamten Versuchsperiode pro Tier von 24,3 g erreicht worden; der Rohprotein-, Fett- und Energieansatz betragen 16,3 g, 6,1 g und 532 kJ. Das Verhältnis von Fett zu Rohprotein im Ansatz lag bei 1:2,7. In der Gruppe S und auch in der Gruppe P wurden verglichen dazu höhere Ansatzwerte nachgewiesen. Während jedoch in der Gruppe S im Vergleich zur Gruppe G der TS- und Rohproteinansatz etwa 2fach, der Fettansatz 3fach und der Energieansatz etwa 2,4fach höher waren, lag in der Gruppe P der Ansatz bei all diesen Werten etwa 1,6fach höher. Demzufolge unterschied sich auch das Fett-zu-Rohprotein-Verhältnis der Gruppen S und P.

Diskussion

In vorliegender Untersuchung sollte das energetische Ansatzvermögen von Palatininit, einem Substanzgemisch der stereoisomeren Disaccharidalkohole α -D-Glucopyranosido-1,6-sorbit und α -D-Glucopyranosido-1,6-mannit (Gau et al., 1979), mit dem von Saccharose verglichen werden. Die

Tab. 2. Lebendgewichte sowie Trockensubstanz-, Rohprotein-, Fett- und Energiegehalt im Schlachtkörper der Kontroll- und Versuchstiere.

	Versuchsbeginn	Gruppe G Grunddiät	Versuchsende Gruppe S Grunddiät + Saccharose	Gruppe P Grunddiät + Palatinit
Lebendgewicht (g)				
1. Versuchstag	197,0 ± 9,7	195,0 ± 7,0	192,9 ± 9,0	200,7 ± 7,9
57. Versuchstag	248,0 ^a ± 12,4	248,1 ^b ± 28,7	316,1 ^b ± 28,7	302,7 ^b ± 14,5
Trockensubstanz (% TS)	30,30 ± 0,49	33,59 ^a ± 1,21	34,76 ^b ± 1,70	32,94 ^a ± 1,16
Rohprotein (% in TS)	65,65 ± 2,31	66,12 ± 3,48	63,88 ± 6,05	65,40 ± 3,13
Fett (% in TS)	19,17 ± 2,29	21,71 ^a ± 2,94	26,06 ^b ± 6,01	21,35 ^a ± 3,48
Energie (kJ/g TS)	21,94 ± 0,67	22,99 ^a ± 0,96	24,05 ^b ± 1,19	23,01 ^a ± 0,78

Mittelwertvergleich nur zwischen den Versuchsgruppen zu Versuchsende.

Tab. 3. Trockensubstanz-, Rohprotein-, Fett- und Energieansatz (je Tier und 56 Tage).

	Gruppe G Grunddiät	Gruppe S Grunddiät + Saccharose	Gruppe P Grunddiät + Palatinit
Trockensubstanz (g)	24,3 ^a ± 6,6	51,8 ^c ± 13,1	38,9 ^b ± 7,2
Rohprotein (g)	16,3 ^a ± 3,7	31,3 ^c ± 4,1	25,2 ^b ± 3,2
Fett (g)	6,1 ^a ± 3,7	18,3 ^b ± 10,3	9,8 ^a ± 4,4
Energie (kJ)	532 ^a ± 198	1290 ^c ± 436	869 ^b ± 206
Fett: Rohprotein (1:)	2,7	1,7	2,6

Ergebnisse zeigen, daß eine isokalorische Zulage von Saccharose bzw. Palatinit zu einem um 33 % geringeren Energieansatz bei Palatinit führte. Auch Grupp und Siebert (1978) fanden beim Menschen und der Ratte eine geringere energetische Nutzung für Palatinit als für Saccharose bzw. Stärke. Sie führen diese energetische Mindernutzung von Palatinit auf die unvollständige Hydrolyse und verringerte Absorption im Dünndarm zurück. Damit gelangen Palatinit bzw. dessen Hexite in den Dickdarm, wo es unter Energieverlust für den Menschen bzw. das Tier zu einer Verwertung durch Mikroorganismen kommt. Auf eine erhöhte Mikrobentätigkeit nach Palatinitfütterung wiesen bereits Musch et al. (1973), Grupp und Siebert (1978) und Kirchgeßner et al. (1982) hin. In dieser Untersuchung konnte eine erhöhte N-Ausscheidung im Kot gefunden werden, die auch die vergrößerten Blinddärme von Ratten bei Verfütterung von Palatinit erklärt.

Die Verluste im Verdauungstrakt und bei der Harnexkretion bei Palatinitfütterung schätzen Kirchgeßner et al. (1982) aufgrund ihrer Untersuchungen auf 20 bis 30 %. Bezieht man die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit ein, so kann abgeleitet werden, daß ein sehr hoher Anteil der geringeren energetischen Wirksamkeit von Palatinit auf diese Energieverluste im Verdauungstrakt und im Harn zurückzuführen ist, daneben aber auch eine verminderte energetische Nutzung im Intermediärstoffwechsel vorhanden sein dürfte. Unter Verwendung der Verwertungskoeffizienten für Fett- und Proteinsatz bei Ratten nach Hoffmann und Schiemann (1977) von $k_f = 0,78$ und $k_p = 0,60$ berechnen sich aus den Ansatzwerten der vorliegenden Untersuchung Gesamtverwertungskoeffizienten $k_{p,f}$ für die Gruppe S von 0,70, für die Gruppe P von 0,68. Die intermediäre Verwertung der umsetzbaren Energie der gesamten Diät für den Ansatz liegt demnach in der Gruppe P um relativ ca. 3 % unter der der Gruppe S. Insgesamt lassen sich demzufolge die in der vorliegenden Untersuchung festgestellten Energieverluste bei Verfütterung von Palati-

nit an Ratten zu etwa $\frac{2}{3}$ auf die verminderte Resorption und zu etwa $\frac{1}{3}$ auf die höheren Ausscheidungen im Harn und die geringere intermediäre Verwertung zurückführen.

Die verminderte intermediäre Verwertung von Palatinit im Vergleich zu Saccharose hängt mit dem unterschiedlichen energetischen Aufwand bei der Synthese von Eiweiß und Fett zusammen. Wie sich aus den Ergebnissen der Schlachtkörperanalysen feststellen läßt, ist in der Gruppe P im Vergleich zur Gruppe S sowohl absolut als auch relativ ein verringerter Fettansatz bei einem relativ erhöhten Proteinansatz gegeben.

Aufgrund der bei Kirchgeßner et al. (1982) gefundenen verminderten insulinogenen Wirkung von Palatinit im Vergleich zu Saccharose und der Beziehung zwischen Insulin und Fettsynthese sind diese hormonellen Veränderungen als Ursache für die bei Palatinitzulage veränderte Körpermassenanzahl des Ansatzes zu diskutieren.

Zusammenfassung

In einem Schlachtkörperversuch wurde der Protein-, Fett- und Energieansatz von Palatinit gemessen und mit dem von Saccharose verglichen. Dazu wurden 39 etwa 200 g schwere männliche Ratten in drei Gruppen eingeteilt. Zu Versuchsbeginn wurden zur Ermittlung der Ausgangswerte jeweils 4 Tiere pro Gruppe getötet. Die restlichen 3×9 Tiere wurden in einer Gruppe mit Grunddiät, in zwei weiteren Gruppen mit derselben Diät plus Saccharose bzw. Palatinit 56 Tage gefüttert. Mittels Ganzkörperanalyse wurde der Trockensubstanz-, Rohprotein-, Fett- und Energieansatz berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Zulage von Palatinit zwar zu höheren Ansatzwerten, jedoch im Vergleich zur Grunddiät zu keiner Veränderung im Schlachtkörper führte. Demgegenüber konnte bei Saccharosezulage im Vergleich zur Grunddiät, somit auch zur Palatinitzulage, neben erhöhten Ansatzwerten auch eine veränderte Schlachtkörperzusammensetzung beobachtet werden; bei einem erhöhten Trockensubstanzgehalt lag dabei der Fettanteil in der TS deutlich höher, der Rohproteinanteil in der TS niedriger. Der Energieansatz bei Palatinitzulage war um 33 % niedriger als bei isokalorischer Saccharosezulage.

Summary

The retention of protein, fat and energy of Palatinit was measured in a trial with carcass analyses and compared with that of sucrose. Therefore 39 male rats weighing about 200 g were divided in three groups. In order to get basic values, 4 animals of each group were slaughtered. The other 3×9 animals were fed 56 days in one group the basal diet, in two other groups the same diet plus sucrose and Palatinit, respectively. The retention of dry matter, protein, fat and energy was calculated with carcass analyses.

The results show that the supplement of Palatinit gave higher values of retention compared with the basal diet, but there was no change in the body composition. Compared with this, the supplement of sucrose brought not only higher values of retention, but also a changed carcass composition compared with the basal diet and the supplement of Palatinit, too; thereby the fat content was significantly higher, and the protein content was lower. The retention of energy was reduced by 33 % with the supplement of Palatinit, compared with the isocaloric supplement of sucrose.

Schlüsselwörter: Zuckeraustauschstoff, Palatinit, Saccharose, Energiewechsel, Retention, Protein, Fett, Energie

Literatur

- Gau, W., J. Kurz, L. Müller, E. Fischer, G. Steinle, Uta Grupp, G. Siebert: Z. Lebensm. Unters. Forsch. **168**, 125–130 (1979).
- Grupp, Uta, G. Siebert: Res. Exp. Med. (Berl.) **173**, 261–278 (1978).
- Hoffmann, L., R. Schiemann: Arch. Tierernährung **27**, 243–253 (1977).
- Kirchgeßner, M., P. M. Zinner, H.-P. Roth, 1982: Internat. J. Vit. Nutr. Res. In Vorbereitung.
- Musch, K., G. Siebert, H. Schiwek, G. Steinle: Z. Ernährungswiss. (Suppl.) **15**, 3–16 (1973).

Für die Verfasser:

Prof. Dr. M. Kirchgeßner, Institut für Ernährungsphysiologie der Technischen Universität München, 8050 Freising-Weihenstephan