

Die Nahrung	11	1	1967	39-46
-------------	----	---	------	-------

Aus dem Institut für Ernährung in Potsdam-Rehbrücke
der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin;
Bereich Chemie und Technologie der Lebensmittel (Leiter: Dr. M. ROTHE)
und Bereich Mikrobiologie der Ernährung (Direktor: Prof. Dr. H. HAENEL)

Die intestinal-enzymatische Spaltung von Galakto-Oligosacchariden im Darm von Tier und Mensch mit besonderer Berücksichtigung von *Lactobacillus bifidus* 2. Mitt. Zum intestinalen Verhalten der Lactulose¹

H. RUTTLOFF, A. TÄUFEL, W. KRAUSE, H. HAENEL und K. TÄUFEL²

DK 612.332.72:547.455.633

Saccharid-Spaltung, Darm,
Lactulose, Verhalten

Zur kausalen Aufklärung des intestinalen Verhaltens einer Reihe von Oligosacchariden (Maltose, Maltulose, Lactose, Lactulose, Saccharose, Raffinose) werden die entsprechenden Carbohydaseaktivitäten der Dünndarmmucosa von Ratte, Schwein und Mensch ermittelt. Es werden die Resorptionsraten für Lactose, Lactulose und Raffinose in Form der intakten Oligosaccharide im Versuch *in vitro* (Rattendarm, „everted sac“-Technik) mitgeteilt. Von den genannten Sacchariden werden die Ausscheidungsraten in den Harn (24-h-Harn) von Erwachsenen nach peroraler Verabfolgung ermittelt. Von den getesteten Sacchariden werden die Raffinose und die Lactulose nicht bzw. nur in praktisch zu vernachlässigendem Ausmaß mucosal-enzymatisch zerlegt. Ihr Übertritt als unzerlegte Verbindungen in die Blutbahn ist sehr gering. Daraus wird geschlossen, daß beide Saccharide bei der Verdauung im Darmlumen verbleiben, in distale Abschnitte gelangen und daselbst mikrobiell umgesetzt werden.

Der Übertritt der mit der Nahrung aufgenommenen Saccharide in das Portalvenenblut erfolgt bekanntlich im wesentlichen in Form der Monosaccharide; sie werden aus den oligo- und polymeren Verbindungen auf intestinal-enzymatischem Wege gebildet. Die Spaltung von Disacchariden wird hierbei im wesentlichen in bzw. an den Epithelzellen der Mucosa vollzogen [1-4], wofür mehrere Carbohydrasen zur Verfügung stehen [5, 6]. Es ist bekannt, daß die mucosa-eigenen Carbohydrasen infolge ihrer Spezifität nur darauf eingestellte Saccharide zu spalten vermögen; so werden z. B. die Vertreter der Raffinose-Familie im Dünndarm nicht zerlegt [7]. In geringem Umfang ist daneben auch mit dem Übertritt intakter Oligosaccharide in das Blut und weiter in den Harn zu rechnen [7]. Disaccharidämien und -urien können z. B. auch durch hohe alimentäre Zufuhr von Zuckern beim Gesunden vorübergehend provoziert werden

¹ 1. Mitt. Nahrung 11 31 (1967).

² Für gewissenhafte experimentelle Mitarbeit sei Frau B. KUNKEL und Frau I. EMMER auch an dieser Stelle bestens gedankt.

[8, 9]; sie sind aber auch bei verschiedenen Erkrankungen des Intestinaltraktes mit erhöhter Permeabilität der Darmwandung zu gewärtigen [10—12]. Nach T. GERRITSEN u. a. [13] läßt sich z. B. bei Kindern mit Lactosurie im Urin Lactulose nachweisen, wenn diese mit einem Kondensmilch enthaltenden Präparat ernährt werden.

K. HOFFMANN u. a. [14] haben einen Lactulosesirup, der zugleich Lactose und Galaktose enthält, an Erwachsene verabfolgt; beim Kontrollversuch werden die Spaltprodukte (die „fabrikatorischen Verunreinigungen“ des Präparats, nämlich Lactose und Galaktose) in gleicher Weise per os gegeben. Die Resorption wird anhand des Blutzuckergehaltes nach HAGEDORN/JENSEN bestimmt. Der hierbei beobachtete gestreckte Verlauf der Blutzuckerkurven nach der Lactulose-Belastung deutet in indirekter Beweisführung auf eine nur geringe Resorption des Disaccharides sowie auf eine nur geringe carbohydratische Spaltung in der Mucosa hin. Aus diesen Befunden ist allerdings eine Aussage über die tatsächliche Spaltungs- sowie die Größenordnung der Resorptionsrate als Disaccharid — im Vergleich zu anderen Oligosacchariden — nicht zu machen. A. DAHLQVIST u. a. [15] haben Lactulose mit Dünndarmmucosa des Menschen inkubiert und trotz vorhandener Lactaseaktivität (β -Galaktosidase, β -D-Galaktosid-Galaktohydrolase, EC.3.2.1.23) eine Hydrolyse des Keto-Disaccharides nicht nachweisen können.

Ausgehend von der skizzierten Problematik erstrebt die vorliegende Arbeit einen vertieften Einblick in das intestinale Verhalten der Lactulose. Die Untersuchungen beschäftigen sich mit den Spaltungsraten durch die Intestinalmucosa (Mensch, Schwein und Ratte) gegenüber Lactose, Lactulose, Maltose, Maltulose, Saccharose und Raffinose sowie mit den Resorptionsraten für Raffinose, Lactulose und Lactose in Form der intakten Oligosaccharide.

Präparate und Methoden

Maltose: VEB Berlin-Chemie/Berlin-Adlershof; an Kohle/Celite gereinigt.

Lactulose: Darstellung³ gemäß E. M. MONTGOMERY u. a. [16].

Maltulose: Darstellung gemäß J. W. WHITE u. a. [17]; Reinigung an Cellulosepulver.

Raffinose, Lactose, Saccharose: VEB Berlin-Chemie/Berlin-Adlershof.

Glucoseoxydase, Peroxydase: VEB Arzneimittelwerk/Dresden.

Glucosereagenz:

- a) Die Puffer-Enzym-Lösung enthält je ml 40 μ g Peroxydase und 250 μ g Glucoseoxydase in 0,5 m Trispuffer (pH 7).
- b) Die Farbstofflösung enthält 7 mg o-Dianisidinhydrochlorid je 1 ml dest. Wasser.
- c) Der Tagesbedarf an Glucosereagenz wird jeweils durch Mischen von 1 Teil Farbstoff-Lösung mit 100 Teilen Puffer-Enzym-Lösung hergestellt.

3,5-Dinitrosalizylsäure-Reagenz: Herstellung nach F. HOSTETTLER u. a. [18].

Mucosahomogenate (Schwein, Ratte). Unmittelbar nach dem Töten des Tieres wird ein Teil des Dünndarmes entnommen und bis zur rasch erfolgenden Aufarbeitung mit Eis gekühlt. Man wäscht und spült mit fließendem Wasser, trennt den Darm auf und schabt die Mucosa (Glasplatte über Eis) ab. Den Mucosabrei versetzt man mit 2 Teilen einer vorgekühlten 0,9pro-

³ Wir danken Herrn Dr. GATZSCHE auch an dieser Stelle für die freundliche Überlassung der Präparate.

zentigen Kochsalzlösung, homogenisiert 30 s lang im Ultraturrax unter Eiskühlung und zentrifugiert bei etwa 12 000 g (Kühlzentrifuge).

*Mucosahomogenate (Mensch)*⁴. Die nach der Operation erhaltenen, auf Eis gekühlten frischen Dünndarmstücke werden mit fließendem Wasser abgespült, mit 2 Teilen einer vorgekühlten 0,9%igen Kochsalzlösung versetzt, im BÜHLER-Homogenisator homogenisiert und in gleicher Weise, wie oben beschrieben, behandelt.

Bestimmung der Carbohydraseaktivität mittels Glucoseoxydase (Substrate: Maltose, Maltulose, Lactose). 0,1 ml einer 0,056 m-Disaccharidlösung in 0,1 m-Maleinatpuffer (pH 6,5) werden mit 0,1 ml einer geeignet verdünnten Enzymlösung versetzt und 1 h lang bei 37 °C unter Zusatz von etwas Toluol bebrütet; zur Sicherstellung des Ablaufs einer Reaktion nullter Ordnung darf die Spaltungsrate 10% des Gesamtumsatzes nicht übersteigen. Man inaktiviert sodann 2 min im siedenden Wasserbad, kühlt ab und versetzt mit 5 ml Glucosereagenz. Nach 35 min bei 37 °C wird auf 20 °C abgekühlt und die Extinktion bei 455 nm gegen einen in gleicher Weise hergestellten Blindwert gemessen, bei dem jedoch die 1std. Bebrütung entfällt. Die Einheit der Enzymaktivität je 1 ml Homogenat spaltet beim Inkubieren von 1 ml einer 0,056 m-Oligosaccharidlösung mit 1 ml Homogenat bei 37 °C 1 μ Mol Monosaccharid je min ab. Analog hierzu liegt die Einheit der Enzymaktivität je 1 mg Protein dann vor, wenn unter den o. a. Bedingungen im zugesetzten Homogenat 1 mg Protein enthalten ist.

Papierchromatographisch-quantitative Bestimmung der Carbohydraseaktivität (Substrate: Lactulose, Raffinose). Man bebrütet 1 ml einer 0,056 m-Saccharidlösung (0,05 m-Phosphatpuffer, pH 6,8) mit 1 ml des entsprechend verdünnten Homogenats bei 37 °C. Nach Inkubation von 30 min, 1 bzw. 2 h — je nach der zu erwartenden Enzymaktivität — wird die Reaktion in aliquoten Anteilen durch Erhitzen im siedenden Wasserbad gestoppt. Die Proben werden nach M. SOMOGYI [19] enteiweißt und die monomeren Spaltprodukte (Galaktose, Fructose) papierchromatographisch-quantitativ bestimmt [20]; hinsichtlich der Einheit der Enzymaktivität s. o.

Zur möglichst eindeutigen Erfassung der α -Galaktosidase (α -D-Galaktosid-Galaktohydrolase, EC.3.2.1.22) bzw. β -h-Fructosidase-Aktivität (β -D-Fructofuranosid-Fructohydrolase, EC.3.2.1.26) gegenüber Raffinose darf eine 5%ige Hydrolyse keinesfalls überschritten werden.

Bestimmung der Carbohydraseaktivität mittels 3,5-Dinitrosalizylsäure (Substrat: Saccharose). 1 ml einer 0,056 m-Saccharoselösung in 0,1 m-Maleinatpuffer (pH 6,5) wird im 25 ml-Meßkölbchen mit 1 ml entsprechend verdünnter Enzymlösung versetzt. Man inkubiert 1 h bei 37 °C und unterbricht die Reaktion durch Zugabe von 2 ml 3,5-Dinitrosalizylsäure-Reagenz. Sodann wird 10 min im siedenden Wasserbad erhitzt, auf 20 °C abgekühlt und mit dest. Wasser auf 25 ml aufgefüllt. Nach Umschütteln mißt man die Extinktion bei 530 nm gegen einen Blindwert. Die in Freiheit gesetzte Menge an Invertzucker wird einer Eichkurve entnommen; hinsichtlich der Einheit der Enzymaktivität s. o.

Papierchromatographie. Papier: SCHLEICHER & SCHÜLL 2043 bgl; Entwickler: Butanol/Pyridin/Benzol/Wasser 5:3:1:3; absteigende Arbeitsweise; Sprühmittel: Diphenylamin-Anilin-Phosphorsäure [21] bzw. alkalisches Silbernitratreagenz [22].

Proteinbestimmung. Sie erfolgt gemäß O. H. LOWRY u. a. [23].

Belastung mit Sacchariden per os. An stoffwechselgesunde Personen im Alter von 20 bis 40 Jahren, die 24 Std. vor Versuchsbeginn eine an Zuckern freie Nahrung erhalten haben, werden morgens nüchtern 4 bzw. 8 g des zu testenden Saccharides — gelöst in 250 ml Wasser oral verabfolgt. Der ausgeschiedene Harn wird während 0–8 h und dann während 8–24 h nach Versuchsbeginn gesammelt. Nüchtern- und 30 h-Harn werden zur Kontrolle herangezogen.

Bestimmung der Saccharide im Harn. 50 ml Harn werden kurz aufgekocht und mit je 20 ml einer 0,3 n-Bariumhydroxyd- und 5%igen Zinksulfatlösung versetzt [19]. Nach dem Zentrifugieren wird der Überstand mittels Mischbett-Ionenaustauscher Wofatit KPS 200 (H⁺-Form) und L 150 (OH⁻-Form) entsalzt. Man wäscht mit der doppelten Menge an dest. Wasser nach, engt im Vakuum zur Trockne ein und nimmt den Rückstand mit genau 5 ml eines 30%igen wäßrigen Methanols auf. Man chromatographiert und wertet die Flecken quantitativ aus [20].

⁴ Herrn Prof. Dr. med. habil. W.-M. HASSLINGER, ärztlicher Direktor des Bezirkskrankenhauses Potsdam, sei für die Überlassung von Human-Mucosa bestens gedankt.

Resorption von Oligosacchariden gemäß „everted-sac“-Technik [7]. Der Dünndarm von 250 g schweren, durch Genickschlag getöteten weiblichen Albinoratten wird mit sauerstoffgesättigter KREBS-HENSELEIT-Bikarbonatlösung (pH 7,4) durchspült. Man stülpt den Darm auf einer 2 mm starken rostfreien Stahlnadel um und füllt den Serosalsack — in warmem Puffer liegend — mit 8—10 ml KREBS-HENSELEIT-Puffer (pH 7,4). Sodann werden bei gleichem hydrostatischen Druck 3 Abschnitte von je 10 cm abgebunden (Duodenal-, Medial- und Distalabschnitt).

Die gewogenen Darmsäcke legt man in 25 ml-Erlenmeyerkölbchen, die mit 12 ml einer 0,5%igen Lösung des zu testenden Saccharids in KREBS-HENSELEIT-Puffer gefüllt sind, und begast sie in einer WARBURG-Apparatur mit einem Gemisch aus 95% Sauerstoff + 5% Kohlendioxyd. Nach kurzem Schütteln werden 2 ml der Lösung zur Bestimmung der Anfangskonzentration des Saccharides entnommen und das Schütteln unter Gaszufuhr 1 h lang fortgesetzt. Danach werden die Darmsäcke gewogen und der anhaftende Puffer abgespült. Man läßt kurz abtropfen, öffnet den evertierten Darmsack und überführt den Inhalt in ein Reagenzglas. 1—2 ml hiervon, 2 ml der Mucosaflüssigkeit (Inkubationsmedium) sowie der Ausgangslösung (s. o.) werden 3 min im siedenden Wasserbad erhitzt (Inaktivierung) und die Oligosaccharide durch quantitative Papierchromatographie erfaßt. Salze sowie denaturiertes Eiweiß entfernt man durch Filtration über Ionenaustauscher.

Ergebnisse

Da vom Menschen nur sehr wenig Darm-Mucosa zur Verfügung stand, werden hiervon nur die enzymatischen Aktivitäten gegenüber den besonders interessierenden Sacchariden, nämlich Lactose, Lactulose und Raffinose bestimmt.

Den in Tab. 1 zusammengestellten Carbohydaseaktivitäten ist zu entnehmen, daß die Enzyme der Intestinalmucosa von Ratte und Schwein Maltose, Maltulose und Saccharose relativ gut spalten. Maltulose wird langsamer hydrolysiert als Maltose; bei den vom Schwein erhaltenen Enzymextrakten beträgt die Maltulaseaktivität (α -Glucosidase) z. B. etwa ein Drittel derjenigen der Maltase (α -Glucosidase, α -D-Glucosid-Glucohydrolase, EC.3.2.1.20). Rattenmucosa weist einen Maltase/Maltulase-Quotienten von etwa 4 auf. Wesentlich weniger gut wird Lactose zerlegt, insbesondere durch die Rattenmucosa. Die Hydrolyse von Lactulose unterscheidet sich von der des Milchzuckers erheblich. Während die Mucosa des Schweines Lactulose mit rund einem Sechstel gegenüber Lactose hydrolysiert, ist bei den entsprechenden Proben von Ratte und Mensch eine Lactulosespaltung überhaupt nicht nachweisbar. Gegenüber Raffinose sind die Carbohydrasen aller getesteten Mucosahomogenate inaktiv.

Die Resorptionsraten für Lactose, Lactulose und Raffinose *in vitro* sind gemäß Tab. 2 in allen Abschnitten des Dünndarmes gering; sie liegen z. B. im proximalen Teil für die getesteten Zucker zwischen 2 und 2,5%, bezogen auf die verabfolgte Menge (60 mg je Darmsack von 10 cm Länge). Die in Tab. 2 aufgeführten Zahlen beziehen sich auf die Gesamtresorption, d. h. auf das unveränderte Oligosaccharid und dessen Spaltprodukte. Da jedoch die Carbohydaseaktivitäten gegenüber diesen 3 Verbindungen stets sehr gering bzw. — bei Lactulose und Raffinose — gleich Null sind, besteht das in das Portalvenenblut übergetretene Zuckergemisch in jedem Falle zu über 90% aus der ungespaltenen Verbindung (vgl. hierzu [7]). Die in Tab. 2 angegebenen Zahlen können daher praktisch mit der jeweiligen Durchtrittsrate für das intakte Oligosaccharid gleichgesetzt werden. Während Lactose und Raffinose bevorzugt im oberen

Tabelle 2

Resorptionsraten in vitro von Galakto-Oligosacchariden einschließlich ihrer Spaltprodukte in mg je 1 cm Darm je h in verschiedenen Abschnitten des Dünndarmes (Oligosaccharidangebot: 6 mg je 1 cm Darm)

Saccharid	Anzahl der Versuchstiere	Darmabschnitt		
		I	II	III
		5-15 cm ab Pylorus	35-45 cm ab Pylorus	70-80 cm ab Pylorus
Lactose	8	0,15 ± 0,03	0,12 ± 0,01	0,07 ± 0,02
Lactulose	6	0,13 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,23 ± 0,02
Raffinose	6	0,12 ± 0,03	0,18 ± 0,04	0,07 ± 0,02

Zahlenangaben als Mittelwerte ± mittlerer Fehler des Mittelwertes ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Dünndarmbereich resorbiert werden, scheint Lactulose erst in den mittleren und distalen Abschnitten in das Portalvenenblut überzutreten.

Die im Harn des Menschen nach peroraler Verabfolgung der Substrate ermittelten Oligosaccharidanteile bestätigen gemäß Tab. 3 die im Tierversuch

Tabelle 3

Ausscheidung von Galakto-Oligosacchariden beim Menschen innerhalb von 24 h nach peroraler Verabfolgung von Lactose, Lactulose und Raffinose

Saccharid	Verabfolgte Menge [g]	Anzahl der Versuchspersonen	mg Saccharid je 100 ml Harn		Gesamtausscheidung während 24 h	Ausscheidung in % der verabfolgten Dosis
			0-8 h	8-24 h		
Lactose	8	10	3,6 ± 1,6	2,6 ± 1,9	26,5 ± 13,0	0,33 ± 0,16
Lactulose	8	11	6,1 ± 3,0	1,4 ± 0,9	33,7 ± 9,8	0,42 ± 0,13
Raffinose	4	10	3,3 ± 1,5	0,7 ± 0,1	14,6 ± 5,1	0,39 ± 0,13

Zahlenangaben als Mittelwerte ± mittlerer Fehler des Mittelwertes ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

in vitro gewonnenen Befunde. Lactulose wie Raffinose werden in nur sehr geringer Menge nachgewiesen; dies weist auf eine lediglich geringfügige Resorption der intakten Verbindungen hin. Sie beträgt für die beiden Komponenten gemäß Tab. 3 etwa 0,4% des Angebots (24 h-Harn) und ist noch geringer für Lactose (0,3%); dies ist zu erwarten, da dieses Disaccharid zu überwiegendem Anteil vor der Resorption gespalten und in Form seiner konstituierenden Monosaccharide resorbiert wird.

Auswertung

Nach den mitgeteilten Ergebnissen werden die getesteten Saccharide mucosal-carbohydratisch mit sehr unterschiedlicher Geschwindigkeit umgesetzt. Lactulose wird mit nur geringer Intensität zerlegt (Schwein), oder aber eine Spaltung ist nicht nachweisbar (Ratte, Mensch), wengleich eine Lactaseaktivität stets gefunden wird. Dies bedeutet, daß die für den Lactoseabbau verantwortliche β -Galaktosidase gegenüber Lactulose entweder mit sehr geringer Aktivität wirk-

sam wird oder daß ein anderes Enzym hierfür zuständig ist; diesbezügliche Untersuchungen sind im Gange. Zusätzlich sei bemerkt, daß die bei Ratte und Mensch nur geringe Lactaseaktivität gemäß den Befunden am Schwein eine ohnehin nur niedrige Lactulaseaktivität erwarten läßt und daß dieser Anteil möglicherweise unterhalb der Grenze der Nachweisbarkeit liegt.

Das Trisaccharid Raffinose wird in keinem Falle vom Mucosahomogenat umgesetzt. Für die unerwartet intensive enzymatische Hydrolyse der Maltulose (Ratte, Schwein) müssen wohl intestinale Maltasen verantwortlich gemacht werden; ein ähnlicher Befund dürfte auch beim Menschen zu erwarten sein. Über die Spezifitätsverhältnisse der verschiedenen z. Z. bekannten α -Glucosidasen gegenüber Maltulose ist u. W. bisher nichts Näheres bekannt.

Die Befunde lehren, daß die getesteten alimentär zugeführten Galakto-Oligosaccharide — abgesehen von der Lactose — im Dünndarm praktisch nicht gespalten werden. Da ihre Resorption als intakte Verbindung sehr gering ist — sie liegt im Versuch *in vitro* (Rattendarm) bei maximal 2,5%, beim Versuch *in vivo* (Harnanalyse beim Erwachsenen) unter 1% — verbleiben sie im Lumen und gelangen somit in tiefere Darmabschnitte; dies gilt sicher in gleicher Weise für den Säugling, bei dem allerdings — biologisch bedingt — eine höhere mucosale Lactaseaktivität vorliegt. Die in das Caecum bzw. Colon gelangenden Komponenten fallen entweder dem Umsatz durch die Darmflora anheim, bzw. sie werden mit den Faeces ausgeschieden. Es steht zu erwarten, daß dies für die Population der Mikroorganismen wie auch für das caecale bzw. colonale Milieu von erheblichem Einfluß ist; der enzymatische Abbau dieser Saccharide durch die Darmflora gewinnt daher besonderes Interesse.

Summary

H. RUTTLOFF, A. TÄUFEL, W. KRAUSE, H. HAENEL und K. TÄUFEL: The intestinal enzymatic decomposition of galacto-oligosaccharides in the human and animal intestine, with particular regard to *Lactobacillus bifidus*. Part II. On the intestinal behaviour of lactulose.

1. With regard to the intestinal behaviour of different oligosaccharides (maltose, maltulose, lactose, lactulose, sucrose, raffinose) the corresponding carbohydrase-activities of the intestinal mucosa of rat, pig and human are determined.
2. The rates of resorption for lactose, lactulose, and raffinose, as intact oligosaccharides, are determined experimentally *in vitro* (small intestine of rats, everted sac technique).
3. The rates of excretion in the urine (24-h-urine) of the above saccharides are examined after the oral intake by adults.
4. The values indicate that of the tested saccharides only raffinose and lactulose are not (or only in amounts not worthy of note) decomposed mucosal-enzymatically. The transfer of them, as an intact compound, into the blood circulation is extremely small. From the results it is evident that both saccharides during the digestion remain within the lumen and get into distale parts, where they are metabolized microbially.

Резюме

Г. Руттлофф, А. Тойфель, В. Краузе, Г. Генель и К. Тойфель: Интестинально-энзиматическое расщепление галакто-олигосахаридов в кишечнике животных и человека с особым учетом *Lactobacillus bifidus* Сообщ. 2—е: К вопросу о интестинальном поведении лактулозы

1. В связи с интестинальным поведением различных олигосахаридов (мальтозы, мальтулозы, лактозы, лактулозы, сахарозы, рафинозы) определены

соответствующие значения активности карбогидразы мукозы тонкой кишки крысы, свиньи и человека.

2. Определена ресорбция *in vitro* (крысы) для лактозы и рафинозы в качестве неразрушенных олигосахаридов.

3. Определено выделение лактозы и рафинозы с мочой (после 24 часов) взрослых после введения сахаридов *per os*.

4. Показано, что из исследованных сахаридов рафиноза и лактулоза практически не расщепляются энзиматическим путем. В неразрушенном виде в кровь переходят лишь чрезвычайно незначительные количества. На основании полученных данных сделан вывод, что оба сахара в процессе пищеварения остаются в кишечнике и микробиально разлагаются в дистальных участках.

Literatur

- [1] MILLER, D., u. R. K. CRANE, *Biochim. biophysica Acta* [Amsterdam] **52**, 281, 293 (1961).
- [2] DAHLQVIST, A., u. B. BORGSTRÖM, *Biochem. J.* **81**, 411 (1961).
- [3] RUTTLOFF, H., R. FRIESE u. K. TÄUFEL, *Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem.* **341**, 134 (1965); RUTTLOFF, H., R. NOACK, R. FRIESE und G. SCHENK, *Biochem. Z.* **341**, 15 (1964).
- [4] UGOLEV, A. M., N. N. JESUITOVA u. P. DE LAEY, *Nature* [London] **203**, 879 (1964).
- [5] DAHLQVIST, A.: *Hog intestinal α -Glucosidases*, Dissertation, Universität Lund, Lund/Schweden 1960; DAHLQVIST, A., *J. clin. Invest.* **41**, 463 (1962).
- [6] SEMENZA, G., u. S. AURICCHIO, *Biochim. biophysica Acta* [Amsterdam] **65**, 172 (1962); PRADER, A., G. SEMENZA u. S. AURICCHIO, *Schweiz. med. Wschr.* **93**, 1272 (1963).
- [7] TÄUFEL, K., H. RUTTLOFF, W. KRAUSE, A. TÄUFEL u. K. VETTER, *Klin. Wschr.* **43**, 268 (1965); TÄUFEL, K., W. KRAUSE, H. RUTTLOFF u. R. MAUNE, *Z. ges. exp. Med.*, im Druck.
- [8] STUHLFAUTH, K., E. HOFMANN u. F. HEINZ, *Klin. Wschr.* **40**, 1151 (1962).
- [9] EBERL, R.: *Die Zuckerausscheidung beim Gesunden und Kranken unter dem Einfluß oraler Zuckerbelastung*. Dissertation, Universität Marburg 1961.
- [10] SANTINI, R., E. PEREZ-SANTIAGO, J. MARTINEZ DE JESUS u. C. E. BUTTERWORTH, *Amer. J. Digest. Diseases* **2**, 663 (1957).
- [11] GRYBOSKI, J. D., W. R. THAYER, J. W. GABRIELSON u. H. M. SPIRO, *Gastroenterology* **45**, 633 (1963).
- [12] FOX, H. J., *J. Lab. clin. Med.* **35**, 622 (1950).
- [13] GERRITSEN, T., L. LEMLI, L. J. PTACEK u. H. A. WAISMAN, *Pediatrics* **32**, 1033 (1963).
- [14] HOFFMANN, K., D. A. A. MOSSEL, W. KORUS u. J. H. van de KAMER, *Klin. Wschr.* **42**, 126 (1964).
- [15] DAHLQVIST, A., u. J. D. GRYBOSKI, *Biochim. biophysica Acta* [Amsterdam] **110**, 635 (1965).
- [16] MONTGOMERY, E. M., u. C. HUDSON, *J. Amer. chem. Soc.* **52**, 2101 (1930); MONTGOMERY, E. M., in R. L. WHISTLER u. M. L. WOLFROM, *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Academic Press, 1962; GATZSCHE, L., *Ernährungsforschung*, in Vorbereitung.
- [17] WHITE, J. W., C. R. EDDY, J. PETHY u. N. HOBAN, *Analytic. Chem.* **30**, 507 (1958).
- [18] HOSTETTLER, F., E. BOREL u. H. DEUEL, *Helv. chim. Acta* **34**, 2132 (1951).
- [19] SOMOGYI, M., *J. biol. Chemistry* **160**, 69 (1945).
- [20] KRAUSE, W., *Zur enzymatischen Spaltung und Resorption von Di- und höheren Oligosacchariden im Intestinaltrakt von Ratte und Mensch*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 1965.
- [21] RUTTLOFF, H., *Ernährungsforschung* **7**, 540 (1963).
- [22] SCHMIDT, G. H., u. H. BRUNNERT, *J. Chromatogr.* [Amsterdam] **10**, 190 (1963).
- [23] LOWRY, O. H., N. J. ROSEBROUGH, A. L. FARR u. R. J. RANDALL, *J. biol. Chemistry* **193**, 265 (1951).

Dr. H. RUTTLOFF, Dr. A. TÄUFEL, Dr. W. KRAUSE, Prof. Dr. H. HAENEL und Prof. Dr. Dr. h. c. K. TÄUFEL, Institut für Ernährung, 1505 Potsdam-Rehbrücke, Arthur-Scheunert-Allee 114/116.

Eingegangen 20. 8. 1966.