甘藷デンプン粒の尿素変性とプルラナーゼによる可溶化

佐々木 堯*・林 純子*・石田 信昭*・貝沼 圭二*

Swelling, Solubilization and its Morphological Changes of Sweet Potato Starch Granules by Urea and Pullulanase

TAKASHI SASAKI*, JUNKO HAYASHI*, NOBUAKI ISHIDA*, and KEIJI KAINUMA*

The mild solubilizing method of sweet potato starch granules by urea and pullulanase treatment was studied with microscopical analysis. The solubilization of starch granules by urea was more effective at 20°C than at 4°C, and at 5 M urea and above, their solubility increased with increasing of urea concentration. Starch solubilized at 10M urea was about 13% of original starch and about 67% of insoluble starch in 10M urea solution was further solubilized by the subsequent treatment with pullulanase. And also, the insoluble residual fraction of approx. 20% after 10M urea-pullulanase treatment were obtained. Concentrated urea affected the structure of the starch granules. At 7M urea or higher concentrations, sweet potato starch granules swelled rapidly to 2-3 times as large as their normal size. The inside parts of them were stained blue with iodine and the outside layers purple. When these granules were washed with water they lost the blue inside parts, leaving empty granular bags of the outside layers. After pullulanase treatment of the granular bags, the core like a surface layer was obtained. A model of sweet potato starch granule was proposed.

(Received Feb. 15, 1980)

デンプン粒は、デンプン分子間および分子内で水素結合を形成しているため、水に不溶で酵素作用も受けがたい。このようなデンプン粒（分子）を変性させる方法として、加熱、アルカリ、塩酸、ジメチルスルフォキシドおよび尿素等が知られている¹⁾。

これらの変性剤により、デンプン粒子は膨潤し、ついで糊化することが明らかにされており、その性質はデンプン研究および工業的にも広く利用されている。その中で中性塩である尿素はタンパク質の変性剤として、タンパク質分子内の水素結合におだやかに作用することから、タンパク質の生化学的分野で有用なタンパク質の解析手法として用いられてきている。

一方、デンプン分子に対しても、尿素は分子内の水素結合に作用し、膨潤、糊化することが明らかにされている。これまでもデンプン分子変性におよぼす尿素濃度、温度について調べられており、小麦デンプンでは²⁾、30°Cの尿素液中では 6.2 M で尿素で粘度の増加が始まり、馬

鈴薯デンプンでは³⁾ 30°Cで糊化が開始に必要な尿素濃度は 4.5 M であることが明らかにされている。さらに温度が高くなる程糊化開始に必要な尿素濃度は低くなり、一方尿素濃度および温度が高くなるほどデンプンの糊化に伴う可溶化デンプン量が増加する現象がみとめられる⁴⁾。しかしながら、これらの研究ではデンプンの化学的变化に伴う物性の変化をみているが、デンプン分子の尿素変性に伴う形態的・生化学的变化については解明されていない。

本研究では、デンプン分子の生化学的研究上必要なデンプン粒の穏やかな可溶化方法を明らかにする目的で、尿素を用いてデンプン分子の穏やかな変性、可溶化法ならびにそれらの過程での形態的变化について検討した。

実験方法

1. デンプン粒の調製

市販甘藷（高系 14 号）を皮をむき、適当な大きさに切

* 農林水産省食品総合研究所（〒305 茨城県筑波郡谷田部町観音台 2-1-2）
National Food Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2-1-2
Kannondai, Yatabe-machi, Tsukuba-gun, Ibaraki-ken, 305

り、ジュサー（富士ジュサー JC 800）で破碎し、汁液を二重ガーゼでこした。その汁液に 2-メルカプトエタノール（0.4 ml/100 ml）を加え、4°C、500×g、5 分間冷凍遠心し、沈殿を 0.2 M リン酸緩衝液（pH 7.3）を用いて、4~5 回上澄の黄色が消えるまで洗浄した。この沈殿区分を 4 倍量の冷アセトン（-15°C）に懸濁し、500×g、5 分間冷凍遠心し上澄を除去した。この操作を 3 回繰り返した後、デンプン粒をシャーレに広げ、低温乾燥した。

2. デンプン粒の尿素処理

尿素は 0.2 M グリシン-NaOH 緩衝液（pH 8.2）に溶解して使用した。デンプン 10 mg あたり 1.0 ml の尿素溶液を加え、所定の条件下で処理後同じ緩衝液で 4~5 回洗浄した。

3. デンプンの定量

全糖量をマルトースを標準物質として、フェノール-硫酸法で定量した⁶⁾。

4. プラナーゼ処理

デンプン 10 mg を 20°C、1 時間、尿素処理し、溶解したデンプンを除いた沈殿区分に、0.2 M グリシン-NaOH 緩衝液（pH 8.2）100 μ l を加えた。これにプラナーゼ 5 μ l（2 U）を加え、37°C、30 分反応後遠心分離し、上清に可溶化してきたデンプン量を測定した。プラナーゼは、林原生物化学研究所製の 40 U/mg タンパク標品を使用した。

5. 光学顕微鏡による観察

尿素および酵素処理したデンプン粒は、ヨウ素ヨウ化カリウム溶液で染色し、光学顕微鏡で観察、写真撮影した。

6. 走査電子顕微鏡による観察⁶⁾

a) 試料の調製

尿素処理したデンプン粒は、2 つの方法により試料を作製した。

(i) 凍結乾燥法

尿素処理を行い純水で洗浄したデンプン粉末は、シャーレに広げ、真空凍結乾燥機（RL-20 NA、共和真空技術株式会社）で凍結乾燥した。

(ii) グルタルアルデヒド-オスミウム酸-臨界点乾燥法

二重固定は、0.2 M リン酸緩衝液（pH 7.1）を用い、2%グルタルアルデヒド（4°C、2 hr）で前固定し、緩衝液でよく洗浄したあと、2%オスミウム酸（4°C、2 hr）で後固定をおこなった。

緩衝液でよく洗浄し、50-100%アルコール系列を通し

て脱水した後、試料中のアルコールを酢酸イソアミル、液化炭酸ガスで置換し、臨界点乾燥装置（日立 HCP-1 型）を用いて乾燥した。

b) 観察

試料は、両面テープで試料台に装着した後、金を約 200Å の厚さにスパッタリング蒸着し、日立-明石 MSM-101 を用い、加速電圧 30 KV で観察、写真撮影を行った。

実験結果

1. デンプン粒におよぼす尿素の影響

デンプン粒の生化学的研究上必要な、おだやかに可溶化する方法を明らかにする目的で、尿素のデンプン分子に及ぼす影響について検討した。

Fig. 1 は、デンプン粒 10 mg に尿素溶液 1 ml を加

Fig. 1 Effect of concentration and temperature on urea treatment of sweet potato starch granules

え、尿素温度および処理温度の影響（60 分）をみたものである。デンプン粒は、20°C で 3 M 尿素までは見かけ上変化は認められなかったが、5 M 尿素処理ではデンプン粒の膨潤が始まり、尿素濃度が高くなる程膨潤が増大した。膨潤したデンプン粒は、5~7 M 尿素液では白綿状であったが、10 M 尿素液では見かけ上透明になった。

一方、4°C では 7 M 尿素で膨潤が始まり、その膨潤の度合は 20°C、7 M 処理時の約 1/2 であった。10 M 尿素では尿素が析出して、それらの変性試験は不可能であった。

以上の結果から、一般に生化学的研究には低温の方が望ましいのであるが、4°Cの尿素処理では20°Cに比較して、デンプン粒の膨潤性が低い、すなわち水素結合の解離が弱いことが明らかになったので、以後の尿素実験は20°Cで行った。

尿素処理をしたデンプン粒を遠心分離し、その上清区分のヨウ素反応をみると、濃青色に着色した。この尿素によって溶解したデンプン量を測定し、可溶化に及ぼす尿素濃度および処理時間の影響を検討した結果を Fig. 2, 3 に示した。

デンプンの溶解は、Fig. 1 で観察された膨潤の挙動と同様に、3 M 尿素まではデンプンの溶解は認められないが、5 M 尿素で全糖量の約3%が溶液した。20°C, 10 M以上の尿素処理では尿素が析出し、10 M 尿素が限界であった。

Fig. 3 は、7 M 尿素処理したときのデンプン溶解に及ぼす尿素処理時間の影響を示している。溶解したデンプン量は処理時間に対応して増加し、60 分でほぼ平衡に達した。

2. プルランナーゼによる可溶化

デンプン分子は尿素で分子間の水素結合を切り変性させることにより、デンプン分解酵素の作用を受けやすくなると考えられる。

本項では尿素処理したデンプン分子の分枝構造 (α -1, 6 グルコシド結合) を特異的に切断する酵素 (プルラナ

Fig. 2 Effect of urea concentration on solubilization of starch granules

$$\text{Solubility \%} = \frac{\text{Total sugar released from urea treated starch}}{\text{Untreated starch}} \times 100$$

Fig. 3 Effect of time of urea treatment on solubilization of starch granules

Fig. 4 Effect of urea concentration on solubilization of starch by pullulanase

$$\text{Solubility \%} = \frac{\text{Total sugar released from urea treated starch by pullulanase action}}{\text{Urea treated starch}} \times 100$$

ーゼ) によるデンプンの可溶化の可能性について検討した。

デンプン 10 mg を尿素処理し、溶解したデンプンを除いた沈殿区分にプルランナーゼを作用させ、可溶化してきたデンプンを分析した。Fig. 4 は、尿素の濃度を変化させて1時間処理したデンプンの、プルランナーゼによる可溶化性を示したものである。プルランナーゼによる可溶化は、尿素によるデンプン粒の膨潤および溶解度に関係

しており、3 M 尿素まではほとんどプルラナーゼによるデンプンの可溶化は認められない。しかしデンプンの膨潤および溶解がはじまる 5 M 尿素では、処理したデンプンの約 20% がプルラナーゼにより可溶化された。そして尿素処理が高くなるにつれて、プルラナーゼによる可溶化性は対数的に増大し、9 M および 10 M 尿素では 75% 以上のデンプンが可溶化された。つまり、尿素-プルラナーゼ法により、7 M 尿素-プルラナーゼ系で未処理デンプンの 66%、10 M 尿素-プルラナーゼ系ではおよそ 80% が可溶化されたことになる。

Fig. 5 は、プルラナーゼによる可溶化に及ぼす 7 M

Fig. 5 Effect of the period of 7M urea treatment of starch granule on the solubilization by pullanase

尿素処理の処理時間の影響を示している。溶解度に及ぼす影響 (Fig. 3) と比較して、20 分尿素処理デンプンは、プルラナーゼにより急激に可溶化がすすむことが認められた。この結果は、酵素によるデンプン粒の可溶化は、尿素処理で受けたデンプンの溶解度と必ずしも相関関係を示すものではなく、尿素によりあるレベルの分子変性を受けると、特異的に酵素作用を受けやすくなることを示しているものであろう。

3. 尿素およびプルラナーゼ処理過程でのデンプン粒 (分子) の形態的变化

尿素およびプルラナーゼによるデンプン粒の変性ならびに可溶化の形態的变化を光学顕微鏡および走査電子顕微鏡により比較検討した。光学顕微鏡は、焦点深度が 0.1μ と浅く、粒の表面全体に焦点が鮮明に合せることは困難であるが、デンプン粒の全体像を観察するには充

分である。しかも、操作が極めて簡単なうえ、水分を多く含んだ状態でもヨウ素呈色した状態でも観察できる利点を有している。

一方、走査電子顕微鏡の特長は透過電子顕微鏡に比べ、超薄切片をつくる必要はなく、試料作製が安易なうえ、焦点深度が非常に深く、たとえば倍率 1000 倍で $35 \sim 50 \mu$ 程度にも及び、非常に凹凸の大きい複雑な表面構造をもつ試料でも鮮明な立体感のある像で観察できる。しかし、水分を含んでいる試料は完全に脱水、乾燥する必要があり、本試料のように水を吸収し膨潤しているデンプン粒の観察には、原形を保持する乾燥法が必要となる。そのためには、試料に適した固定法と乾燥法の選択が大切であり、本実験ではグルタルアルデヒド-オスミウム酸-臨界点乾燥法 (Critical Point Drying: CPD) および無固定-凍結乾燥法 (Freeze Drying: FD) により試料を作成し、デンプン粒の変性の形態的变化について検討した。

甘藷デンプン粒は、サイズの異なる円形、多面形あるいはツリガネ形をしており (写真 1, 2)、3 M 尿素では形態の変化はみられないが、5 M 尿素で膨潤しはじめているのが観察された。さらに、7 M 尿素処理ではデンプン粒は 2~3 倍に膨潤し、粒の内層部は青色に、外層部は紫褐色に染色された (写真 3, 4)。そして処理時間が長くなるにつれ膨潤度が大きくなり、粒内に見られた青色のデンプンが粒の外部に溶出しているのも観察された (写真 5, 6)。写真 7 は、粒内にみられた青色の内部デンプンがまさに飛び出ようとしているところを示している。

尿素処理したデンプン粒を洗浄して遠心分離すると、上清区分には粒内から溶出してきたヨウ素で青色に染まる可溶性のデンプン (写真 8) と沈殿区分にはヨウ素により紫褐色に染色する不溶性の厚皮袋状のデンプン (写真 9, 10) に分画された。

以上の結果は、尿素変性を受けた甘藷デンプンは膨潤した後、弱い部位が破裂し、ついで可溶化された内層部のデンプンが粒外へ溶出することを示していると考えられる。中心部のデンプンのぬけ出た外層部のデンプンは、尿素変性に対して比較的強固な構造をしており、厚皮の袋状の形で残っている。つまり、甘藷デンプン粒の内部構造と外部構造は、尿素変性に対して質的相異があり、均質なものでないことを示している。

つぎに尿素処理したデンプンに対してプルラナーゼを作用させた結果を、写真 11 に示した。尿素処理したデンプンをプルラナーゼ処理後遠心により上清区分と沈殿

Photo. 1 Micrograph of untreated sweet potato starch granules
Iodine staining, 15×10

Photo. 4 Micrograph of urea (7M, 120') treated starch
Iodine staining, 15×10

Photo. 2 Scanning electron micrograph of untreated starch
GA-OsO₄ fixation, CPD, ×2000

Photo. 5 Micrograph of urea (10M, 60') treated starch
Iodine staining, 15×10

Photo. 3 Micrograph of urea (7M, 60') treated starch
Iodine staining, 15×10

Photo. 6 Micrograph of urea (10M, 60') treated starch
Iodine staining, 15×10

Photo. 7 Micrograph of urea treated starch granule bursting the blue stained inner part
Iodine staining, 15×10

Photo. 10 Scanning electron micrograph of urea treated starch (7M, 60')
GA-OsO₄ fixation, CPD, 2000

Photo. 8 Micrograph of supernatant fraction of urea treated starch (7M, 120', 500×g)
Iodine staining, 15×10

Photo. 11 Micrograph of urea (7M, 120')-pullulanase treated starch
Precipitated fraction (500×g), Iodine staining, 15×10

Photo. 9 Micrograph of precipitates^a fraction of urea treated starch (7M, 120', 500×g)
Iodine staining, 15×10

Photo. 12 Scanning electron micrograph of urea (7M, 120')-pullulanase treated starch
GA-OsO₄ fixation, CPD, ×3000

Photo. 13 Micrograph of urea (7M, 120')-pullulanase treated fraction
Supernatant fraction (500×g)
Iodine staining, 15×10

(Photo. 14)

(Photo. 15)

Photo. 14, 15 Scanning electron micrograph of urea (7M, 20') treated starch
FD×2000

区分に分離すると、沈殿区分には破れた薄皮の袋状のデンプンが分画されてきた (写真 11, 12)。その表面はなめらかではなく、みかんの表皮構造に似ており、粒の膨潤による表面荒れとも考えられるが、酵素作用の可能性もある。

一方、上清区分は可溶化された区分であり、透明であるが、ヨウ素を加えることにより沈殿し、顕微鏡的には細かな綿糸状のデンプンとして観察された (写真 13)。

なお、写真 14, 15 は、7 M 尿素処理デンプンを凍結乾燥法で試料調製したものであるが、臨界点乾燥法に比較して表面構造が変形しており、artifacts⁷⁾の入った不適当な試料であることがわかる。

考 察

デンプン粒は尿素的作用により、分子内の水素結合が解離し水和しやすくなる。その結果デンプン粒は膨潤し、破れて、内部デンプンの溶出が生じるものと考えられる。

その形態的変化の光学および走査電子顕微鏡による解析結果に基づき、デンプンの尿素および酵素による可溶化過程を Fig. 6 に模式化した。デンプン粒に尿素を作

Fig. 6 A model of morphological changes of starch granules by urea and pullulanase treatment

用させると、膨潤し、内層部のデンプンは尿素により可溶化され (ヨウ素反応は青色)、膨潤した外層部 (ヨウ素で紫色) の弱い個所が破れ、粒外に溶出してくる。この結果は、馬鈴薯デンプンの場合と同じ結果であるが、馬鈴薯デンプンではヨウ素反応および物性分析から、内層部をアミロース、外層部をアミロペクチンからなると報告⁴⁾しているが、本研究では検討していない。さらに外層部のプルラーナーゼ処理では、見かけ上外層部の内側が可溶化され最後に表面層からなる袋状のものが残るように観察される。また、走査電子顕微鏡の試料を、グルタルアルデヒド-オスミウス酸-臨界点乾燥法および無固定-凍結乾燥法により作製したが、凍結乾燥法では写真 14, 15 に示したように、表面構造が変形しており、本実験の目的には不適であった。これに対し、臨界点乾燥法により光学顕微鏡で観察されたと同じ一連のデンプン粒の変化が観察された。しかしこの方法でも、尿素によ

て可溶化されたデンプンと不溶性のデンプンとの関係が明らかにされない欠点がある。この種の研究のために、今回実験出来なかったが凍結直接観察法(Cryo-SEM)を用いれば、より確かな情報が得られるものと考えられる。

つぎに、デンプン変性の化学分析の結果についてみると、10 M 尿素によって溶出してきたデンプンは約 13% であった (Fig. 3)。

ここで前記の尿素変性の模式図に基づき、デンプン粒を半径 10μ の球として計算してみると、10 M 尿素で内部より溶出した 13% デンプンは、球の体積を求める式より、

$$4/3\pi \times 10^3 \times 0.13 = 4/3\pi R_1^3$$

$$R_1 \doteq 5.0\mu$$

となる。つまり、13% のデンプンは、半径 10μ の生デンプン粒 (球) の中心より 5.0μ の半径の球に相当する。7 M 尿素処理では 4.5μ となる。

これまでに明らかにされたデンプン粒の酵素による分解でも、最初に表面のある個所に穴があけられ、ボーリングしていき内層部から分解されることが観察されている。これはデンプン粒の内層と外層では構成デンプン分子の性質に差があり、粒の内層部は特に酵素作用を受けやすく、外層部は酵素作用に対して抵抗性を示すことが明らかにされている⁹⁾。

尿素変性剤の結果も、デンプンの中心部は可溶化されやすく、外層部は不溶性であり、内層と外層では性質に差があることを示している。

ついで、尿素によって分画された不溶性区分 (外層部) に、分枝構造のみを特異的に分解するプルラナーゼを作らせ、デンプンの完全可溶化を試みたが、尿素-プルラナーゼ法でも不溶な区分が残し、写真 11, 12 でみられるように、この不溶残渣はデンプンの表面部に由来しているものと考えられる。

10 M 尿素および 7 M 尿素処理-プルラナーゼ法で可溶化されなかったデンプンは、各々およそ 20% および 34% であった。これから生のデンプン粒を半径 10μ の球とし、尿素-プルラナーゼ処理で不溶性の区分が表層部に由来するとして、その表層部の厚さを求めてみると、10 M 尿素-プルラナーゼ処理で可溶化された部分は 80% であることから、

$$4/3\pi \times 10^3 \times 0.80 = 4/3\pi \times R_4^3$$

$$R_4 \doteq 9.2\mu$$

であり、不溶性の表層部の厚さは、

$$R_3 = 10 - 9.2 = 0.8\mu$$

- Urea solubilized fraction
- Pullulanase solubilized fraction
- Urea-pullulanase insoluble fraction

Fig. 7 A hypothetical structure model of sweet potato starch granule

となる。7 M 尿素-プルラナーゼ処理では $R_4 \doteq 8.7$ となり、 $R_3 = 1.3\mu$ となる。

以上の結果を模式的に図示したのが Fig. 7 である。尿素-プルラナーゼ処理により、デンプン粒は、尿素により可溶化される区分 (R_1 , 中心部)、尿素には不溶であるがプルラナーゼ可溶の区分 (R_2 , 中層部) そして尿素にもプルラナーゼにも不溶の区分 (R_3 , 表層部) に大きく分画できるように思われる。勿論、尿素濃度によりデンプンの可溶化ならびにプルラナーゼによる可溶化の割合に差異があり、明確な分画にはまだ問題がある。

しかしながら一見均一的にみられるデンプン粒が、尿素およびプルラナーゼ処理の組合せにより大きく3分画できること、しかもそれらは穏やかな試薬、処理方法であることは、デンプン粒の生化学的研究上、有力な解析手法として役立つものと考えられる。

要 約

甘藷デンプン粒は、 20°C 、5 M 尿素で膨潤および溶解が始まり、尿素濃度が高くなるにつれて、膨潤およびデンプンの溶解度が増大した。10 M 尿素では約 13% のデンプンが可溶化された。

尿素処理したデンプンのプルラナーゼによる分解可溶化は、デンプンの尿素変性度合と相関関係は認められず、あるレベル以上の変性を受けると急速に進行した。10 M 尿素処理デンプンのプルラナーゼ処理で、約 67% のデンプンが可溶化された。

10 M 尿素-プルラナーゼ処理にも抵抗性のデンプンは約 20% であった。

デンプン粒は尿素により構造上の変性を受け、7 M 以上の尿素で 2~3 倍に急速に膨潤した。膨潤デンプンはヨウ素により内層部は青色に、外層部は紫褐色になり、

洗浄すると内層部のデンプンが溶出して、袋状の外層部からなるものに分画された。

この袋状デンプンのプルラナーゼ処理により、デンプン粒の表層と考えられる殻が残査として得られた。

以上の結果から、甘藷デンプン粒の構造モデルを提起した。

文 献

- 1) 二周二郎編：デンプンハンドブック第8版（朝倉書店）p. 78（1968）。
- 2) C.E. MANGELS and C.H. BAILEY: *J. Am. Chem. Soc.* 55, 1981（1933）。

- 3) 木村良和・松居典子：澱粉科学 20, (1), 9(1973)。
- 4) R.B. FRYDMAN and C.E. CARDINI: *Arch. Biochem. Biophys.* 116, 9（1966）。
- 5) M. Dubois, K.A. GILLS, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS and F. SMITH: *Anal. Chem.* 28, 350（1956）。
- 6) 渡辺忠雄永谷 隆・村上重雄：細胞 7, (1), 118（1975）。
- 7) 桐渕滋雄・中村道德：澱粉科学, 20, (4), 206（1973）。
- 8) 遠藤慶子・杉本温美・高谷友久・不破英次：澱粉科学, 25, (1), 24（1978）。

（昭和55年2月15日受理）

新 刊 紹 介

Carbohydrate Sweeteners in Foods and Nutrition

PEKKA KOIVISTOINEN および LEA HYVÖNEN 編

本書は1978年末にヘルシンキで開かれた食品、栄養における炭水化物系甘味料と題するシンポジウムにおいて討議されたテーマについて、それぞれの権威者が解説したものである。収載されているテーマと著者は次のとおりである。

- 食品および食事における天然および添加甘味料 (G. Frostell)
- 代謝および病気における炭水化物甘味物質 (R. H. YIKAHRI, R. PELKONEN)
- 甘味料と虫歯 (A. SCHEININ)
- 栄養対策における甘味料 (A. BRUCE)
- 甘味の学説 (G.G. BRICH)
- 甘味の心理生理学 (Psychophysiology) (G. HELLE-KANT)
- 甘味に対する官能的応答の精密な分析 (R.M. PANG-BORN)
- 食品の甘味との関係における消費者の行動 (R. PRÄT-

TÄLÄ, L. RÄSÄNEN, A. AHLSTRÖM)

○炭水化物甘味物質相対的評価 (G. VON HERTZEN, C. LINDQVIST)

○食品組織におけるシロ糖 (W.M. NICOL)

○食品の環境条件による甘味の変動 (P. KOIVISTOINEN, L. HYVÖNEN)

○甘味物質間の相乗作用 (L. HYVÖNEN)

○加熱処理工程における糖類 (O. THEANDER)

○食品の発酵工程における糖類 (L. KJAERGAARD)

○デンプン加水分解物：酵素利用による改良甘味料の製造 (E. BERGHMAN, N.H. ASCHERGREEN)

○リカシン水素添加加水分解物 (E. ROCKSTRÖM)

○乳糖加水分解物 (M. HARJU, M. KREULA)

○ラクチトール (P. LINKO, T. SAIJONMAA, M. HEIKOMEN, M. KREULA)

○果糖：その伝統的、近代的利用のための理論 (T. DOTY)

○食品および薬品におけるキシリトールの性質と利用 (F.A. VOIROL)

290 頁, 40 ドル 50 セント

Academic Press Inc. LTD.

24-28 Oval Road, London NW 1 7 DX,

England