

水 解 生 产

第 三 册

濃酸水解、植物水解液加工

[苏] В. И. 沙尔柯夫 著

輕 工 業 出 版 社

TA 353

3605

水解生产

(第三册)

濃酸水解, 植物水解液加工

[苏] B. И. 沙尔柯夫 著

錢家駒 朱啓明 吳乃楊 合譯
常尙智 吳煥章 朱佩貞

輕工業出版社

1959年·北京

內 容 介 紹

本書是一部比較全面而實用的水解生产工艺学教科書，苏联高等教育部曾批准作为高等学校教材。全書共分三册，这是第三册，是全書最主要部分。除講述濃酸水解的理論及工艺外，关于水解和亞硫酸制漿廢液的进一步处理和加工工艺，以及糠醛生产和水解木質素、磷酸木質素（紙漿廢液中）的利用等均包括在本册內。

我国水解工業正在萌芽阶段，而我国可供水解生产的工農業廢料很多，如各种禾稻、谷壳、玉蜀黍芯、棉籽壳、向日葵壳、甘蔗渣、甜菜廢絲、鋤木屑等等都很丰富，而这些原料水解又可以制得工農業上非常需要的原料如酒精、二氧化碳、丙酮、丁醇、甘油、木糖、葡萄糖、飼料酵母等等。在生产大躍进中，各地都在普遍研究、进行这类廢料的水解生产和紙漿廢液的利用（用其中木質素制香蘭素、塑料、粘着剂等以及利用廢液糖分制酒精、酵母等）。因此，翻譯出版这本理論联系实际的書，是很必要的。

本書可供木材加工、造紙、制酒、榨油等許多工業部門的工程技術人員和有关院校師生閱讀。

В. И. ШАРКОВ

ГИДРОЛИЗНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ЧАСТЬ III

ГИДРОЛИЗ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ КИСЛОТАМИ,

ПЕРЕРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ

本書根据苏联木材造紙出版社1950年版譯出

水解生产（第三册）

〔苏〕В. И. 沙尔柯夫 著

錢家駒 等 譯

輕工業出版社出版

（北京市廣安門內白廣路）

北京市書刊出版業登記許可證出字第099号

北京市印刷一厂印刷

新华書店發行

850×1168 公厘 1/32·17 印張·1 擇頁 400,200字

1959年1月第1版

1959年1月北京第1次印刷

印數：1—3 500 定价（10）2.85元

統一書号：15042·446

目 录

第一章 濃酸糖化的理論	(6)
引言	(6)
濃酸对于單糖的作用	(9)
濃酸对于多糖的作用	(20)
第二章 用濃酸糖化的工艺	(67)
用無水氟化氫进行水解	(67)
用气态氯化氫进行水解	(71)
用过濃鹽酸水解纖維素	(74)
用过濃鹽酸水解木材	(77)
用濃硫酸水解纖維素	(114)
用濃硫酸水解木材	(119)
第三章 水解液的中和、淨化和冷却	(122)
引言	(122)
中和剂的制备	(126)
硫酸水解液的中和及淨化	(133)
鹽酸水解液的中和及淨化	(184)
亞硫酸廢液的中和及淨化	(185)
第四章 水解液和亞硫酸廢液的酒精發酵	(208)
制造酒精用的菌种	(208)
理論的和实际的酒精产率	(210)
氫离子濃度的影响	(216)
發酵温度的影响	(219)
酵母数量的影响	(220)
糖的濃度和性質的影响	(221)
有害杂質的影响	(222)
营养物和刺激素的影响	(223)
發酵阶段	(225)
純粹培养酵母的制造	(227)

用沉淀酵母發酵	(230)
用吸附酵母發酵	(234)
用回收酵母發酵	(243)
淘汰和分出过剩的酵母	(255)
染菌及其防止法	(257)
發酵車間設備概述	(259)
第五章 液态及固态二氧化碳的制造	(265)
第六章 醪液蒸餾及酒精精餾	(269)
引言	(269)
从醪液中蒸餾酒精	(271)
酒精的精餾	(279)
酒精提純的方法	(284)
酒精精餾时热量的利用	(301)
精餾設備的型式与酒精的質量	(302)
第七章 非酒精發酵	(314)
2,3-丁二醇的制造	(314)
甘油制造	(316)
丙酮-乙醇發酵	(318)
丙酮-丁醇發酵	(320)
有机酸制造	(322)
第八章 蛋白質和油脂酵母的制造	(326)
引言	(326)
酵母生产中所采用的微生物	(330)
培养基的制备	(335)
酵母生長的条件	(341)
培养酵母的工艺及采用的設備	(350)
泡沫的消除	(369)
从悬浮液中分离酵母	(374)
制造酵母的一般工艺流程	(385)
酵母的成分	(391)
酵母的加工和应用	(396)
第九章 糠醛的制造	(398)

糠醛的性质	(398)
直接从植物废料中制造糠醛	(404)
用水解戊糖液制造糠醛	(413)
从水解液自蒸发蒸汽中回收糠醛	(417)
糠醛的应用	(432)
第十章 木糖的制造	(434)
引言	(434)
结晶木糖的制造	(445)
活性炭	(454)
三羧基戊二酸的制造	(457)
第十一章 结晶葡萄糖的制造	(463)
引言	(463)
用直接结晶法制造结晶葡萄糖	(465)
通过二元氯化钠制造结晶葡萄糖	(473)
第十二章 水解木质素的利用	(476)
第十三章 磺酸木质素的利用	(483)
引言	(483)
醛缩浓缩物的生产	(484)
高质量浓缩物的生产	(492)
香兰素的合成	(498)
第十四章 水解生产中某些一般问题	(502)
植物原料综合性加工的基本流程	(502)
亚硫酸废液与水解液的预先蒸浓	(513)
水解生产中检查与自动化的一般意见	(515)
特制的管件附件与泵	(517)
水解工厂设计的基本步骤	(521)
水解工厂的主要区域和工厂场地的概述	(523)
工艺设备的计算	(535)
生产定额与斯达哈诺夫运动	(541)

第一章 濃酸糖化的理論

引 言

濃酸通常可解釋為含有 0 至 90% 水的溶液。因此“濃酸”的概念含義很廣泛，包括，例如： HCl 、 HF 、 HBr 、 H_2SO_4 等的液態無水酸及其濃度不低於 10% 的各種水溶液。

濃無機酸對高級多糖的作用程度須視酸液濃度、溫度和多糖的結構而定。

在酸液濃度低的情況下，其作用於多糖通常是在非均勻反應的情況下進行的，且與在稀的無機酸介質中水解相類似。在通常溫度下，其水解作用隨著酸液濃度的增加而漸漸劇烈，當進入到濃的範圍時，則多糖發生無限制的潤脹，以後多糖即溶解。

適合於開始溶解的酸液濃度範圍要視酸的性質及多糖的特性而定。例如，在同一種酸內，纖維素的溶解需要酸的濃度最高；半纖維素的溶解需要酸的濃度較低，而淀粉、菊糖和甘薯淀粉等則在酸的濃度更低時即能溶解。

如將濃酸溶液的溫度增高，則多糖的水解和溶解的產物容易進一步分解，以致最後引起焦化。因此，在實驗的和生產的情形下用濃酸水解多糖力求在溫度不高于 60° 時進行。故只有在常溫的情形下能完全溶解多糖的無機酸濃度是有實際意義的。

在濃酸中多糖是均勻地溶解，而用稀酸水解時多糖一般在非均勻的介質中進行水解，這就是用濃酸水解與用稀酸水解的基本區別。

下列的無機酸是大家都知道的，在其濃度高時多糖開始均勻地溶解：硫酸（ H_2SO_4 ）、硒酸（ H_2SeO_4 ）、砷酸（ H_3AsO_4 ）、氟氫酸（ HF ）、氯氫酸（ HCl ）、溴氫酸（ HBr ）、磷酸（ H_3PO_4 ）、氟硼酸

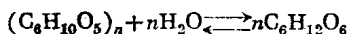
(FHSO_3)、氯磺酸(ClHSO_3)、一甲基硫酸(CH_3HSO_4)、一乙基硫酸($\text{C}_2\text{H}_5\text{HSO}_4$)等等。

上列的各种酸在溶解多糖时的浓度是极不相同的，且视各种酸在水中的溶解度及其性质而定。

浓的无机酸作用于多糖的第二个特点(除均匀溶解外)是多糖的大分子分解或水解过程在极少的水或完全没有水的情形下进行的。

在浓溶液中水的缺乏就引起水分子被无机酸分子所包围。

多糖的水解过程，例如纤维素，可以用下列方程式表示：



当然，在这种情形下，仅当方程式左方的水分子足够过剩时水解产物才可能大量生成。

当水份极感缺乏时，这个过程就不会得到单糖，而停留在糊精型的产物阶段，若在无水介质的情况下则几乎不进行反应。在后一情况下自然界的多糖的链分裂并在酸分子的根分裂的地方与之化合，其式如下：



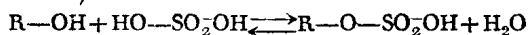
此处 R 为酸根。

此时所生成的新产物甚至在少量水份存在时亦会迅速地分解为原来的酸和具有反应能力的单糖基，此单糖基很快地聚合而形成新的多糖；但其聚合程度则较自然界的多糖为小。在结构上这些新的多糖是与水解前原来的多糖不同的。

在酸的水溶液中也发现类似的现象。在反应开始时所生成的多糖分解产物，以后又能重新聚合，但是生成的是另一种立体异构体。所得到的产物具有新的性质，而与原来的多糖不同。这种多糖生成的反应称为逆化。

用浓酸水解多糖的第三个特点是容易生成酯和酸性酯。碳水化合物游离醇羟基与无机酸分子进行反应，在溶液中水份缺乏能促进这些化合物的生成。这些反应的特性可用下例表

示,如硫酸作用于多糖 R 的游离羟基:



此处所生成的水可用作多糖进一步水解。

因此濃酸作用于多糖的最后产物,不是像用稀酸水解所得到的單糖,而是另一种結構的酯化的多糖,这种多糖是容易被稀酸水解成單糖的。

利用濃酸以分解难水解的多糖,已在工業上得到应用。

綜上可見,利用濃酸將多糖水解成單糖的过程有二个步驟。

第一个步驟是从不溶于水的多糖得到易溶于水的低聚糖 (олигосахарид)。第二个步驟是使低聚糖轉变为單糖。

第一个步驟是在濃酸介質中进行的,第二个步驟是在稀酸介質中进行的。

如果生成的最后产物是低聚糖 (例如,飼料糖 кормовой сахар),則第二个步驟的水解即可不必进行。

第一步的化学作用是非常复杂的。如上所述,自然界的多糖在濃酸的溶解作用下,首先生成各种主要碳水化合物鏈的水解产物,这些碳水化合物鏈是由各种不同数量的碳水化合物的殘基所组成的。这些鏈漸漸縮短而最后分裂为許多單独的基本結構环。

另一方面,在溶液中由于第一次鏈分裂的基本結構环的聚合 (逆化) 結果,而使第二次的产物漸漸积聚起来。当濃硫酸長久作用于自然界的多糖时,則漸漸轉变为新的多糖,但其結構研究得还是很少。

上述过程由于生成各种酯化程度的碳水化合物的酯类而更增加其复杂性。为了了解这种反应的复杂系統起見,首先应研究單糖在濃的無机酸中的行为 (逆化現象),然后更詳細地介紹自然界多糖鍵分解的过程。

濃酸对于單糖的作用

無水酸类

無水酸类对于單糖的作用,要視其性質而定,因此关于每种酸的作用要分別加以研討。

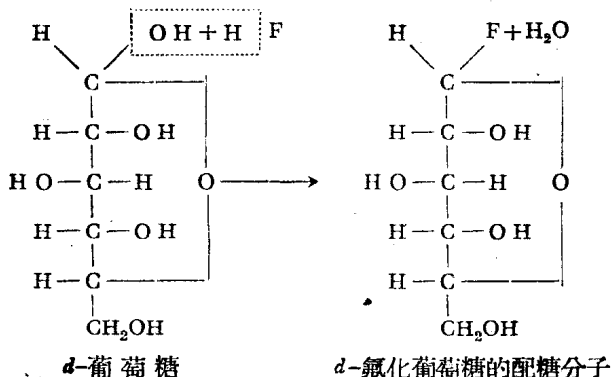
氟化氫 HF 是無色透明液体,在空气中强烈發烟,在正常压力下当温度約为 19.4° 时即沸騰。这种液体可以迅速地溶解大量的各种單糖和多糖。在研究無水氟化氫对于葡萄糖的作用指出,葡萄糖轉变成縮合的产物(称为聚葡萄糖酐),生成的产量約为 90%。这种产物对于費林氏溶液还原力很弱,且含有低于 0.3% 的 F。聚葡萄糖酐中每六个碳原子含有易于参加反应的三个游离羟基。聚葡萄糖酐三乙酸酯的分子量在樟腦 (Kam-fap) 中用冰点降低測定法測得为 2,000~2,100, 相当于化合物 $(C_6H_{10}O_5)_{13}$ 。在水中測定的聚葡萄糖酐分子量等于 1,100~2,300, 相当于聚合系数由 7 至 14。因此聚葡萄糖酐是第二次反应的相当高的縮聚物。企圖从聚葡萄糖酐(用乙酰化方法)制造八醋酸纖維素式糖未获成功。也不能制造左旋聚葡萄糖酐(用干餾法)。这种情形說明在聚葡萄糖酐分子中纖維素型多糖的典型的 β -配糖键在 1, 3 位置不存在,不能制造左旋聚葡萄糖酐。也說明在聚葡萄糖酐分子中 β -葡萄糖不存在。根据这个情况可以假設,聚葡萄糖酐是由聚合的 α -d-葡萄糖殘基組成的。这个結論也可应用無水氟化氫中的葡萄糖溶液的偏振光旋轉来証实。

例如, α -d-葡萄糖溶解于無水氟化氫后經過六分鐘其旋光度为 $[\alpha]_D^{13} = +111^{\circ}$ 且此值繼續四小时不变动。 β -d-葡萄糖在相同条件下溶解后經過五分鐘其旋光度为 $[\alpha]_D^{13} = +114^{\circ}$, 繼續五小时並無变动。注意到 α -d-葡萄糖在水中其旋光度为 $[\alpha]_D^{20} = +111^{\circ}$ 及 β -d-葡萄糖为 $[\alpha]_D^{20} = 19.3^{\circ}$, 可以假設 β -型葡萄糖在液态氟化氫中很快轉变为 α -型, 此 α 型以后聚合而形成聚葡萄糖酐。葡萄糖聚合成聚葡萄糖酐的机理好像是濃的無机酸脫

水作用的結果:



这种过程的机理类似于無水氟化氫作用于纖維素，可以想像如下：溶解于無水氟化氫中的無水葡萄糖是按下列方程式轉变成氟化葡萄糖的配糖分子：



在除去多余的氟化氫时，氟化葡萄糖的配糖分子失却稳定性並且分解出氟化氫分子。小量水份的存在促进此反应。分离出的葡萄糖在濃酸存在时脫水而轉变为由葡萄糖殘基所組成的聚葡萄糖酐。在聚葡萄糖酐分子中單糖殘基的数量約在 7 和 14 之間。当聚葡萄糖酐用稀酸水解时又重新轉变为 α -葡萄糖。

氯化氫 HCl 在大气压力下干燥的氯化氫气体牢固地被無水葡萄糖及其他單糖所吸收，但並不使这种糖分解（除果糖外，此时果糖能腐植質化）。

單糖和氯化氫之間所生成的化合物是不稳定的，甚至在少量水份存在时可以分解。

20° 时在 43.75 大气压力下液态無水氯化氫与葡萄糖的作用也和液态氟化氫一样，即漸漸使它轉变为聚葡萄糖酐，这种聚葡萄糖酐几乎不还原費林氏溶液，且用稀酸水解时重新可以轉

变为葡萄糖。

硫酸一水合物 H_2SO_4 。無水硫酸容易溶解葡萄糖及其他單糖，很快地使它們焦化，形成深色的腐植質，漸漸变成碳。同时放出大量的热加速了分解反应。这个过程同时發生 SO_2 、 CO 、 CO_2 等气体。

研究無水酸对于單糖作用的比較指出，液态的鹵化氫 HCl 、 HF 引起單糖很快的聚合，但所生成的多糖的結構尚未确定，無水硫酸不同于鹵化氫，能很快地使單糖脫水而轉变为腐植質和碳。

酸的水溶液

研究無机酸水溶液对于單糖的作用。

氟氫酸 濃的氟氫酸在溶解葡萄糖及其他單糖时能使它們轉变为相对应的具有降低还原力的聚葡萄糖酐。

氯氫酸 濃鹽酸作用于單糖須視酸的濃度、碳水化合物濃度和温度而定。酸的濃度和碳水化合物的濃度愈高，則單糖轉变成多糖亦愈快，这个过程已如上述，称为逆化。在提高温度时，也大大地加速糖的更深度地分解过程，最后使糖腐植質化。

曾經發現 1.3% 的葡萄糖溶液在發烟鹽酸中 (20°C 比重为 1.21) 配成后不久，所含的葡萄糖有着正常的銅值 (Медное число)、碘价 (Иодное число) 以及正常的旋光度 (Вращение): $[\alpha]_D^{20} = +53.0^\circ$

从这种溶液中分出的葡萄糖經過 15 小时其碘价並未有很大的变动 (111.0 变为 104)，但是既不改变銅值，而也不改变偏振光旋轉角 $[\alpha]_D^{20} = +55.5^\circ$ 。

根据此点得出結論，葡萄糖的稀溶液在濃鹽酸中並不起逆化作用。然而在濃的鹽酸溶液中葡萄糖的旋光性 (оптическая активность) 比在水溶液中增加很大，例如維尔史捷捷尔 (Вильштетер) 和采緬斯捷尔 (Цехмейстер) (1913 年) 找得葡萄

糖在各种濃度的鹽酸中的旋光数值 (α)_D:

$d_4^{15^\circ}$	%HCl	$[\alpha]_D^{15-17^\circ}$
1.018	3.65	54.5
1.096	19.25	57.2
1.154	30.40	61.0
1.175	34.40	67.0
1.192	37.60	82.5
1.204	39.60	97.5
1.212	41.40	106.0
—	44.50	164.0

旋光性的測定是在 1% 的葡萄糖溶液中进行的。以后的研究中(1922 年)得以制备含有 46.7% HCl 的鹽酸。在这种酸溶液中葡萄糖的旋光度为 $[\alpha]_D^{12^\circ} = +20.2^\circ$ 。因此在溶液中增加 HCl 濃度时葡萄糖的偏振光旋轉角漸漸增加。这种增加是可逆的,如果在溶液中用吸取法降低 HCl 气体濃度时,則旋轉角相应地减低;反之,溶液为气体 HCl 所饱和时,其旋光性重新又增加。

在濃鹽酸中葡萄糖旋光性的改变不仅取决于酸的濃度,而且取决于葡萄糖的濃度。在溶液中当葡萄糖濃度小的时候,旋光性的变动並不明显。例如在含有 39.9% HCl 的酸液中,1% 葡萄糖溶液其旋光度为 $[\alpha]_D^{15^\circ} = +97.5^\circ$; 2.2% 溶液其旋光度为 $[\alpha]_D^{16.7^\circ} = +100.3$ 。当濃酸長时期作用于葡萄糖时其旋光性有一些增加,这是因为在慢慢进行逆化的影响。如果在鹽酸溶液中增加葡萄糖濃度时,逆化反应开始进行得較完全,同时生成的新产物可以分离出来。

例如尚在 1890 年 Э. 費歇尔 (Э. Фишер) 在溶解 100 克葡萄糖于 400 毫升比重为 1.19 (37%) 的鹽酸时,在 10~15° 经过 15 小时后从溶液中分出式糖 (дисахарид) 其成份为 $C_{12}H_{22}O_{11}$, 称它为異麦芽糖 (изомальтоза)。

可惜这种逆化产物 Э. 費歇尔並不能分离出純粹的結晶形状。这个問

題直到現在尚未解決。許多作者曾得到其他的結果和其他的產物，因此異麥芽本身的存在還是有疑問的。

在濃鹽酸中研究葡萄糖逆化產物的鑑定工作，証明在此問題上雖提供得不够清楚，但是此時形成大量的低分子的多糖是葡萄糖逆化的產物，這一點是確定的，這些多糖的性質尚未確定。

上面所提到的Э.費歇爾的試驗是在含有25%葡萄糖的各種鹽酸溶液中進行的，在進一步增加葡萄糖濃度時，逆化的程度表現得更大。

例如，奧斯脫 Ост (1895年) 將比重為 1.2 的濃鹽酸中的 25% 葡萄糖溶液放在干燥器中的石灰上面蒸發的時候，曾得到具有糊精性質的糖漿狀的殘余物，稱它為葡萄糖精 (глюкозин)。他將所得到的產物用酒精進行分級沉淀處理時，分出了葡萄糖精制品，其旋光度 $[\alpha]_D$ 系自 +122.6 到 +123.8°，還原力為純葡萄糖的 11.3 至 14.8%。將這種產物與稀硫酸共熱時，可以轉變為結晶葡萄糖。但淀粉酶 (Диастаз) 對它並不起作用。其他研究者所得到的結果也與此相近似。

在濃鹽酸中加熱葡萄糖及其他單糖時，則它們開始很快地分解，並分出不溶解的腐植質。同時在溶液中出現左旋糖酸 (левулиновая кислота) 和蟻酸 (Муравьиная кислота)。

例如，多倫斯 (Толленс) (1880年) 在水浴上用迴流冷凝管加熱 20% 鹽酸的葡萄糖，經過 20 小時後，從 10 克葡萄糖中可得到 2 克腐植質及約 1 克左旋糖酸。同時在溶液中也發現蟻酸。康拉特 (Конрад) 及古脫采脫 (гутцейт) (1886 年) 曾確定來自單糖中的腐植質產量與左旋糖酸和蟻酸的產量無關。試驗指出，鹽酸濃度愈高，則在葡萄糖分解時腐植質產量愈多。

硫酸 *d*-葡萄糖容易溶解於冷的濃硫酸中但並不分解，在相當高的葡萄糖濃度時，逆化產物可用酒精從這種溶液中析出，這種逆化產物具有強的右旋光性，旋光度達 $[\alpha]_D = +135.7^\circ$ 。

濃硫酸與鹽酸一樣，葡萄糖的濃度愈大，其逆化作用表現得

愈强。例如，奥斯脫在溶解 1.1 公斤葡萄糖于 2 升水和 1 升濃硫酸的混合液中，放置 4 个月后得到 5~10% 果糖及約 20% 異麦芽糖。甘露糖在这种情形中並沒有發現。試驗指出，濃硫酸不但能使單糖进行逆化，而且使單糖形成同分異構体，許多研究者应用濃硫酸作用于葡萄糖的方法，在各种不同条件下所得到的糊精制品，其还原力已經降低，且其正的旋光性較之葡萄糖已經增加。

所有列举的試驗是在高濃度葡萄糖情况下进行的。

在濃硫酸中葡萄糖濃度低时，則其变化进行得相当慢，例如，50% 硫酸中的 1% 葡萄糖溶液在 18° 要經過一个月的时间才失去其本身还原力的 1~2%，而在 30° 要經過一星期。

В. И. 沙尔柯夫及 E. K. 李潑拉捷（列宁格勒林業技术学院，1940 年）研究葡萄糖在 80% 的硫酸中和 15° 时的行为。为了查明葡萄糖濃度对于其逆化程度的影响，制备了在 80% 硫酸中的葡萄糖溶液。溶解时间通常为 1 小时。过了这个时间，溶液用 10 倍水稀釋，并用苏打中和之，然后測定其还原力（按別尔特蘭法 Бертран），以对原始葡萄糖的还原力的百分比表示之，所得到的結果如下：

葡萄糖濃度%(重量)	还原力%
20.0	32.18
10.0	32.92
5.0	37.02
2.0	38.5
1.0	43.8
0.5	45.5

因此酸的逆化作用随着單糖濃度的增加而增大。曾用此法研究了当 15° 时在 80% 硫酸中的 8% 葡萄糖溶液在不同时间内的变化：

時間, 小时	还原力%	$[\alpha]_D^{15}$
0.5	37.24	80.0

1.0	34.25	84.60
2.0	29.15	88.07
3.0	26.64	96.67
4.0	24.91	100.0
5.0	—	106.70

用苏打中和酸以后研究溶液的旋光性，可以看到葡萄糖逆化产物的旋光性不断地增加，同时产物的还原力在下降。

当其他条件保持不变而改变硫酸浓度时，B. H. 沙尔柯夫及 E. K. 李潑拉捷用此酸作用于葡萄糖经过 2 小时所得到的结果如下：

濃度 $\text{H}_2\text{SO}_4\%$	还原力%	$[\alpha]_D^{15^\circ}$
40.0	100.0	52.2
55.5	99.0	53.3
65.2	93.0	55.5
75.0	51.7	64.0
80.0	29.1	88.0
87.6	13.9	125.0

由此数据可以看出，硫酸浓度大大地影响葡萄糖逆化的深度。試驗也指出，葡萄糖溶解于酸中的速度也是与酸濃有关的，例如在中等濃度(40~50%)的酸中，葡萄糖溶解得快；濃度增加至75%时葡萄糖溶解度很快地下降，大概是由于在其表面有多糖的薄膜形成。为了明确温度对于逆化过程的影响，沙尔柯夫和李潑拉捷曾在各种温度下使在 80% H_2SO_4 中的 8% 葡萄糖溶液維持二小时，得到的结果如下：

溫度 $^\circ\text{C}$	还原力%	$[\alpha]_D^{15^\circ}$
0	48.1	74.9
10	32.2	82.2
15	29.1	88.0
20	24.8	97.8
25	24.1	105.8

30	23.5	110.9
35	23.5	114.2
40	22.6	—

所得到的数据指出, 逆化的最终效果也与温度有关, 但比酸濃的关系小得多。在由 20° 转变到 40° 时溶液还原力有一些降低, 也可能是由于随着温度升高很快地增加一部分糖的分解。

如果在 80% 的硫酸中用乙醇代替一半水, 则 8% 葡萄糖溶液的逆化进行得比较更快。

時間, (小时)	还原力%	$[\alpha]_D^{15}$
0.5	—	92.3
1.0	16.69	100.1
2.0	14.31	107.9
4.0	13.50	116.9
6.0	13.28	121.5
8.0	12.49	121.5
10.0	12.19	120.0
12.0	11.74	120.0

为了研究酒精的作用进行了下列的試驗: 制备 80% 的硫酸溶液, 其中以酒精部分或全部代替水。在这种溶液中溶入 2% 葡萄糖, 在 15° 时经过 1 小时所测定的还原力结果如下:

在酸水溶液中酒精 的含量% (重量)	还原力 %
0.0	28.58
20.0	22.50
50.0	15.43
75.0	9.55
100.0	5.43

显然, 用酒精代替水可以增加逆化。

Φ. А. 薩尔塔尼娅 (Φ. А. Сартания) 及 В. И. 沙尔柯夫 (列宁格勒林業技术学院, 1938 年) 研究在 15° 时在 80% 硫酸中各种單糖的 10% 溶液的行为。將准确称量的單糖溶解于 80% 硫