

調理に使用するブドウ糖の検討並びに選定

What kind of Glucose is available for Cooking.

安 藤 昭 代
高 田 よ し 子

緒 論

食用に使われる甘味料として古くは“甘草”等の薬草類が使用されたが、今日では世界各国とも蔗糖が最も多く用いられている。我国においても蜂蜜、水飴等をしのいで、蔗糖が甘味料の筆頭にのぼる。食品公害問題の叫ばれる最近の社会風潮に伴なって、人工甘味料の使用は規制、制限が加えられ、食品工業界においても天然糖の使用が多いものと思われる。家庭において食用に使用される甘味料としては、今日蔗糖が最も多く使われている。

しかしながら、蔗糖原料である甘蔗並びに甜菜の生産高は我国においては乏しく、需要の大半は外国から輸入している現状である。¹⁾近年食品工業界において、芋類を原料とする澱粉から、ブドウ糖の生産が活発になって来た。¹⁾²⁾³⁾ブドウ糖が蔗糖に代る甘味料として広く使用されることになれば、原料は国産できるところから、我国の経済にとって外貨節減にもなる。

食品工業界では、果実ジュースにブドウ糖を蔗糖と併用することが研究され、⁴⁾果実缶詰にもその使用が試みられている。またブドウ糖の速吸収性によるエネルギー化の早いことと、消化器に負担がかからぬ点から、⁵⁾登山には最適であるとの報告もある。

本研究においては、ブドウ糖を甘味料として、家庭の調理に利用できないかと考え、実験を試みた。ブドウ糖は、その製造過程の相違によって、精製ブドウ糖、含水結晶ブドウ糖、無水結晶ブドウ糖に類別される。¹⁾現在市販されているブドウ糖は少なく、著者らが入手できたのはB社製の一種類のみであった。今回はこの市販ブドウ糖がいかなる種類のブドウ糖であるかを検索し、併せて、精製、含水結晶、無水結晶の三種類のブドウ糖のうち、いずれを調理に使用するのが適当であるかを検討することを目的として、実験を行なった。以下その結果を報告する。

実 験 方 法

無水結晶、含水結晶、精製の三種類のブドウ糖並びに市販ブドウ糖を供試料とした。市販ブ

※本研究は、昭和46年5月23日の第17回日本家政学会中部支部総会において発表したものである。

ドウ糖のブドウ糖種類の検索方法として、水分の測定、顕微鏡による結晶構造観察、構成糖の定性、還元糖の定量、融点測定の順に実験を行なった。調理に使用するブドウ糖種類の検討方法としては、香りと味に関して官能検査を行なった。

I. 試料

無水結晶ブドウ糖 (A社製)
含水結晶ブドウ糖 (A社製)
精製ブドウ糖 (A社製)
市販ブドウ糖 (B社製)
上白糖 (C社製) ……官能検査のみ使用

II. 水分測定

食品の一般成分分析法に従って、⁶⁾ 100~110°C での常圧加熱乾燥法により、各試料の水分を測定した。

III. 顕微鏡観察

倍率10×10として、各供試料の結晶構造を視覚的に比較検討した。

IV. 構成糖の定性

各供試料について、含有する糖成分をペーパークロマトグラフィー並びにガスクロマトグラフィーにより検索した。

(1) ペーパークロマトグラフィー (P. P. C.)

各供試料の1%溶液を P. P. C. 用試料とし、対照試料には試薬特級ブドウ糖、試薬マルトース、試薬デキストリンの各1%溶液を用いた。展開溶媒は n-ブチルアルコール・酢酸・水 (4:1:5, v/v)⁷⁾ を用い、東洋汙紙 No. 51 を用いて上昇法で展開を行なった。検出試薬にアンモニア性硝酸銀を用い、噴霧後 105°C、10分間加熱した。発色斑紋について Rf 値を計算し、対照試料の Rf 値と比較して糖の同定を行なった。

(2) ガスクロマトグラフィー (G. L. C.)

各供試料並びに標準試料 (試薬ブドウ糖) 各約 10mg をトリメチルシリル化⁸⁾ し、n-ヘキサン 1 ml に溶解したものを、G. L. C. 用試料とした。ガスクロマトグラフィーは、検出器に FID、カラムはステンレス製コイル型 (2 m) を用いた。担体に 5% シリコンオイル (XF-1112) クロモソルブ W (mesh 60~80) を使用し、キャリアーガスは窒素を用い、温度 (150°C)・ガス流速 (28 ml/min) を一定にして行なった。記録されたガスクロマトグラム⁹⁾ の各ピークについて、内部標準物質を試薬ブドウ糖として、常法により相対保持比を計算し、各試料と標準物質の相対比とを照合して、糖の同定を行なった。

V. 還元糖定量

各供試料並びに対照試料として試薬ブドウ糖各約 20mg を用いた。ソモギー変法⁹⁾ に従い、各試料の還元糖量を測定し、グルコースとして還元糖量を算出した。

VI. 融点測定

各供試料並びに比較対照として試薬ブドウ糖の融点の測定を顕微鏡下において行なった。¹⁰⁾

VII. 官能検査¹¹⁾

各供試料の香の有無に関しては単一試料法、甘味度に関しては対比較法、香・甘味の良否に関しては採点法を用いて官能検査を行なった。上白糖は10%溶液とし、蔗糖10%溶液の甘さはブドウ糖15%溶液の甘さに相当するといわれるので、¹²⁾ブドウ糖は15%溶液とした。試料は順序効果を考慮しながら一回に二点ずつ提出し、香の検査の場合は一点を水とし、甘味の検査の場合は一点を上白糖とした。液温は $15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ とした。パネルは本学園食物科2学年の学生18名で、検査時期は冬季に行なった。

実験結果並びに考察

I. 水分測定

結果を第1表に示した。

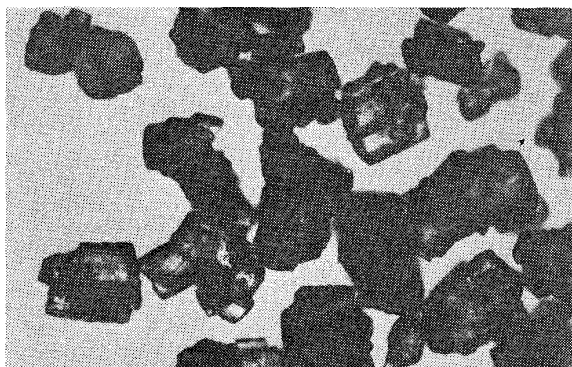
第1表 各種 glucose の水分

試料	水分 (%)
無水結晶ブドウ糖	0.17
含水結晶ブドウ糖	7.72
精製ブドウ糖	7.73
市販ブドウ糖	5.92

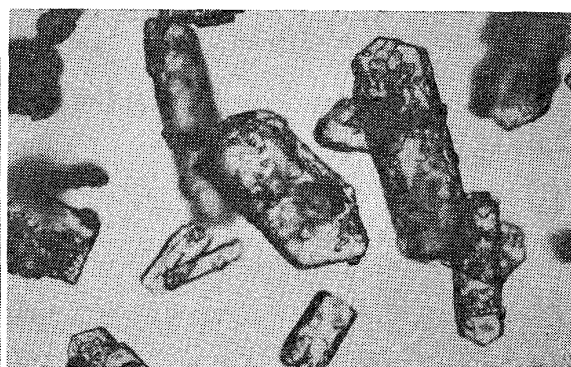
無水結晶ブドウ糖の水分は極めて少なく、精製ブドウ糖の水分は、含水結晶ブドウ糖に近い値を示した。市販ブドウ糖は5.92%であり、三種類のブドウ糖のいずれとも合致せず、無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との中間値を示した。

II. 顕微鏡観察

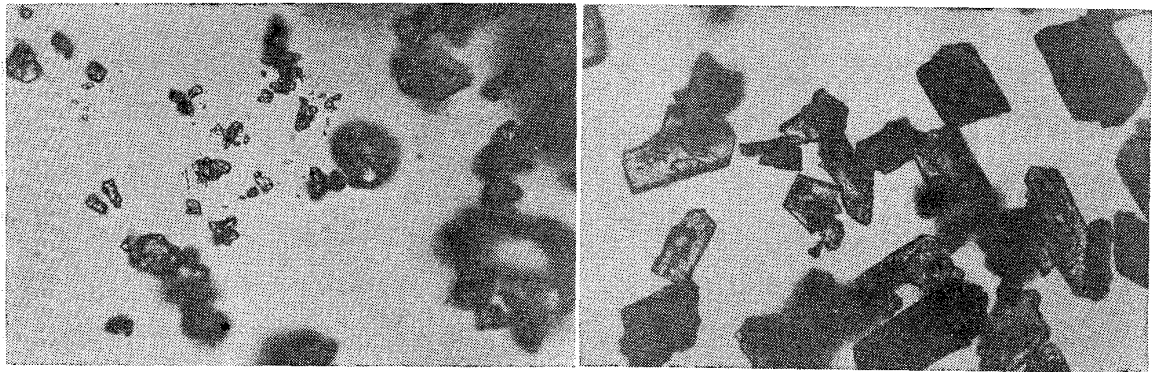
各試料の顕微鏡下における結晶構造を、第1図に示した。



無水結晶ブドウ糖



含水結晶ブドウ糖



精製ブドウ糖

市販ブドウ糖

第1図 各種 Glucose の顕微鏡写真 (100倍)

三種類のブドウ糖の結晶は視覚的に各々異なる。無水結晶ブドウ糖は、試薬ブドウ糖とほとんど同一である。市販ブドウ糖は、無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との混合物であろうと推定される。

Ⅲ. 構成糖の定性

(1) P. P. C.

各試料の P. P. C. 結果を第2表に示した。

第2表 P. P. C. による斑紋並びに Rf 値

試料	発色斑紋の形	発色斑紋の色	Rf値
試薬特級ブドウ糖	円	褐	0.20
試薬デキストリン	—	—	—
試薬マルトース	円	茶黄	0.10
無水結晶ブドウ糖	円	茶褐	0.20
含水結晶ブドウ糖	円	茶	0.21
精製ブドウ糖	円	茶褐	0.20
市販ブドウ糖	円	茶褐	0.20

∴ 展開溶媒, $n\text{-BtOH}\cdot\text{CH}_3\text{COOH}\cdot\text{H}_2\text{O}=4:1:5(\text{v/v})$

P. P. C. による発色斑紋は、各試料とも1ケのみ現出した。円形、褐色斑で、その Rf 値は 0.20~0.21 であり、試薬ブドウ糖と合致した。グルコース以外のマルトース、デキストリンを含有する¹⁾¹⁸⁾のではないかと予想された精製ブドウ糖、市販ブドウ糖から、それらの物質は検出されなかった。

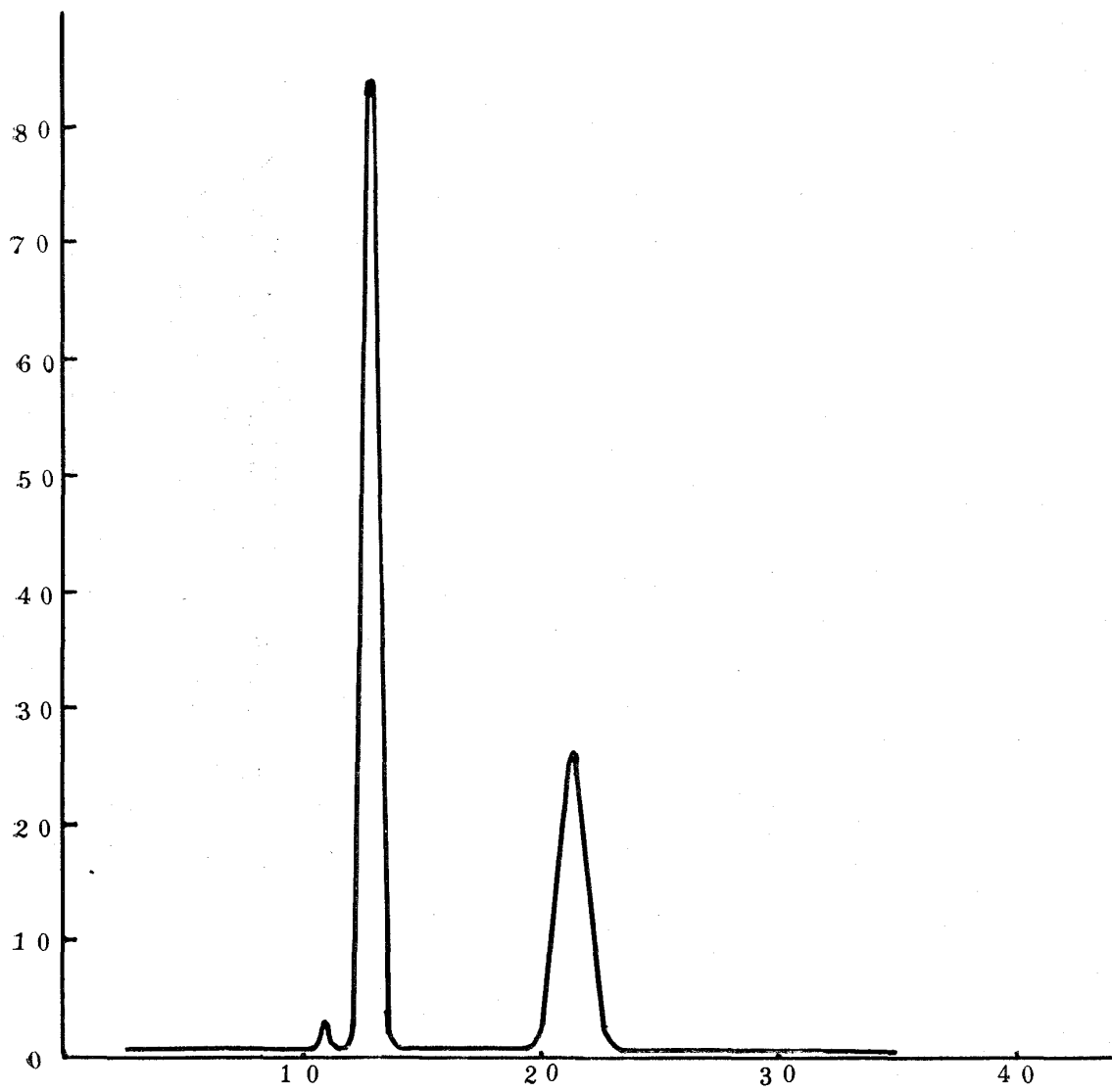
(2) G. L. C.

各試料の G. L. C. 結果は、第3表並びに2~6図に示す通りである。

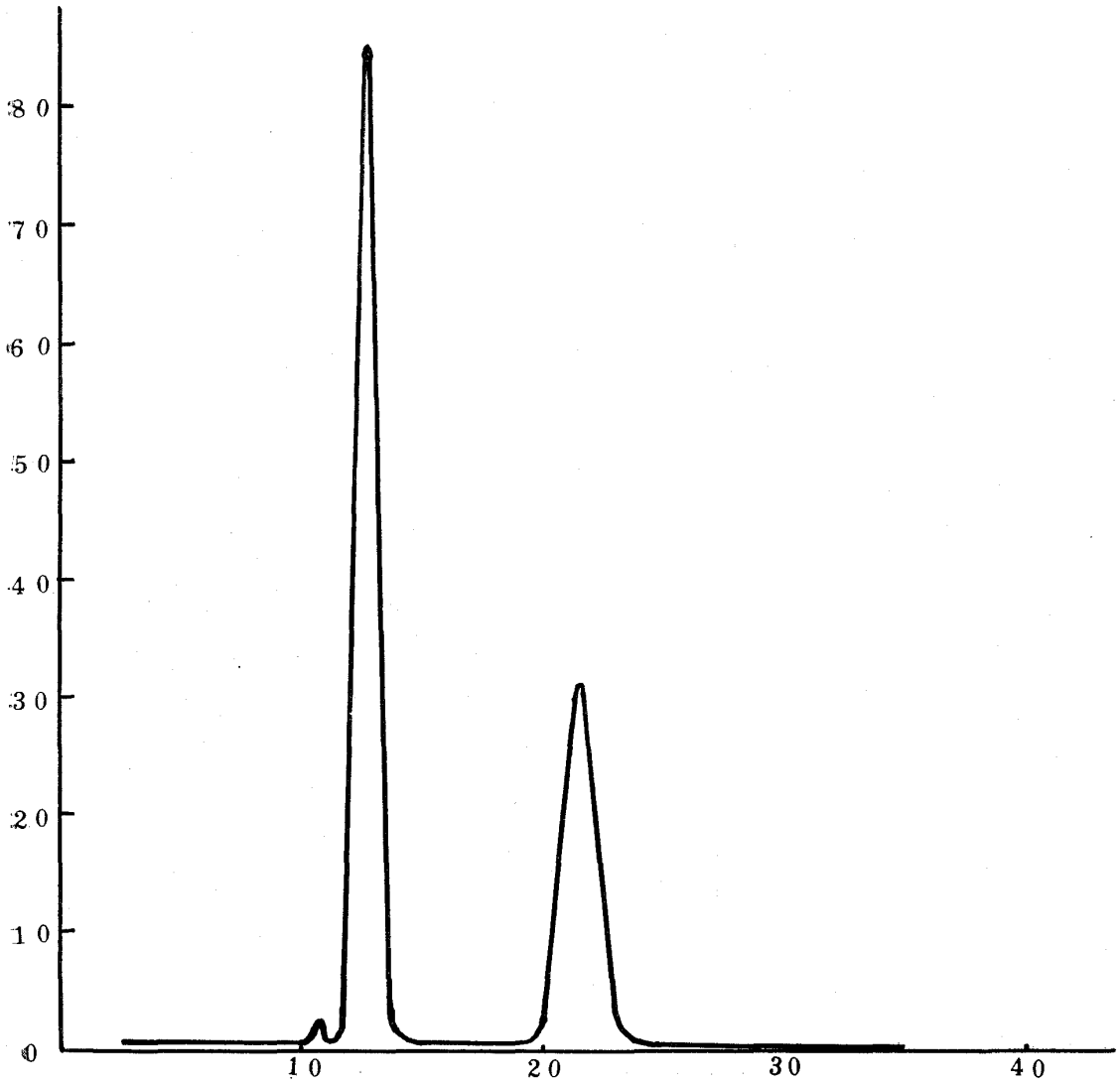
各試料のガスクロマトグラムにおける Retention Time 並びに算出した相対保持比は、試薬ブドウ糖のそれとほとんど合致した。従って、グルコース以外の糖は含有されない。

第3表 G.L.C. による R.T. 並びに相対保持比

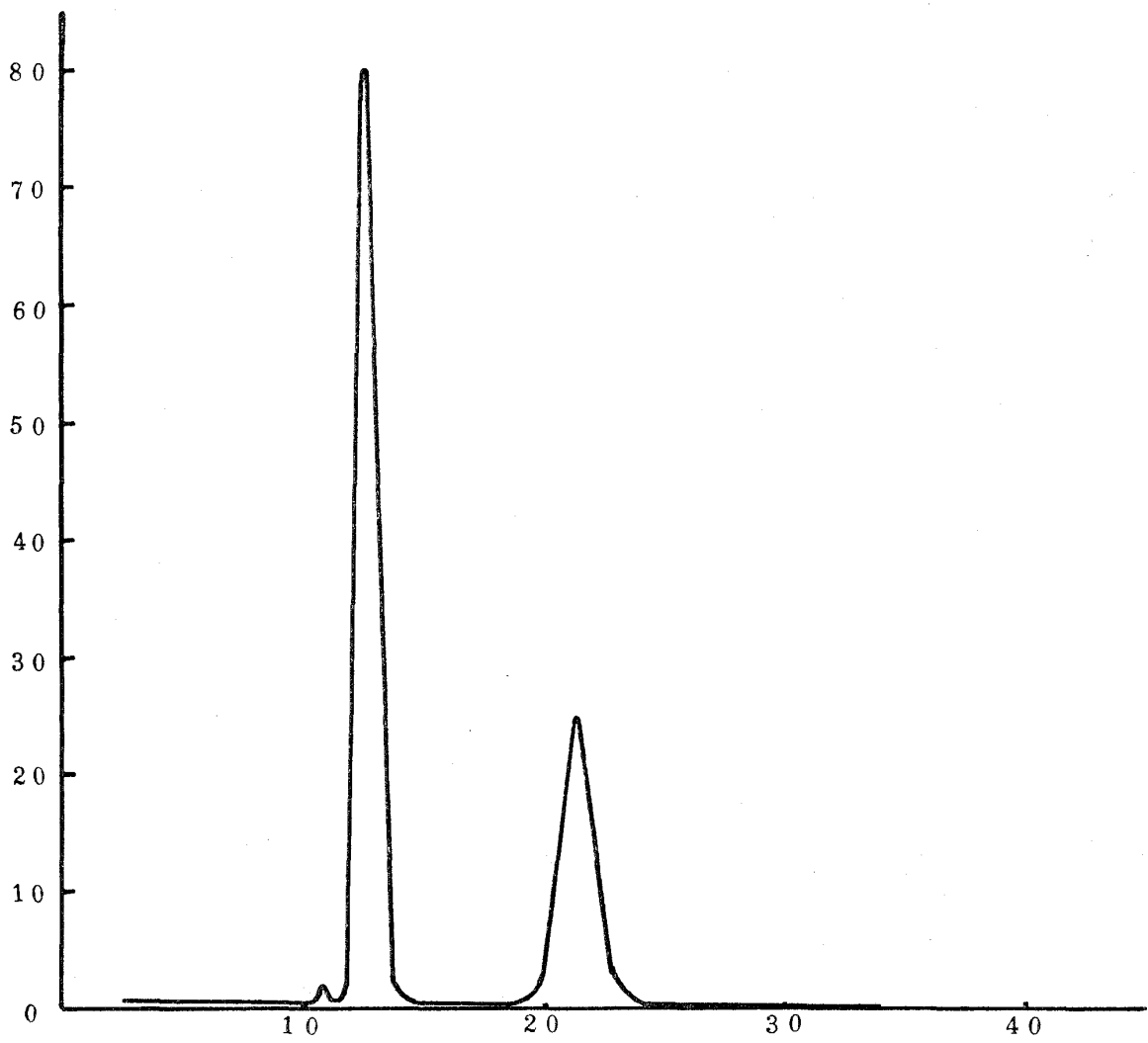
試料	ピーク No.	R.T. (min)	相対保持比	同定
試薬特級ブドウ糖	1	10.75	0.84	
	2	12.72	1	α -glucose
	3	21.40	1.68	β -glucose
無水結晶ブドウ糖	1	10.75	0.84	
	2	12.80	1.01	α -glucose
	3	21.48	1.69	β -glucose
含水結晶ブドウ糖	1	10.70	0.84	
	2	12.75	1.00	α -glucose
	3	21.40	1.68	β -glucose
精製ブドウ糖	1	10.76	0.85	
	2	12.72	1.00	α -glucose
	3	21.41	1.68	β -glucose
市販ブドウ糖	1	10.74	0.84	
	2	12.80	1.01	α -glucose
	3	21.55	1.69	β -glucose



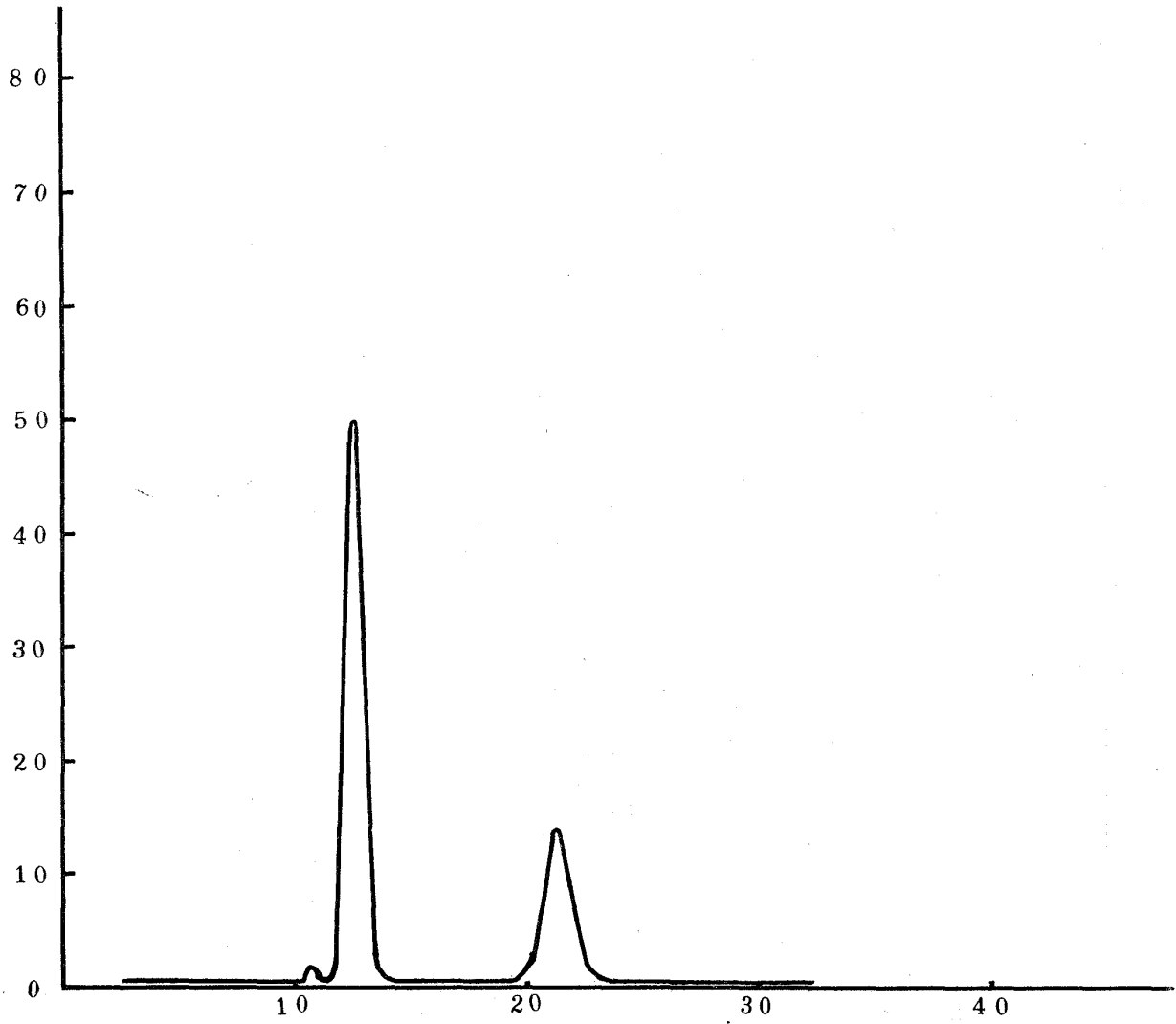
第2図 試薬特級ブドウ糖のG.L.C.



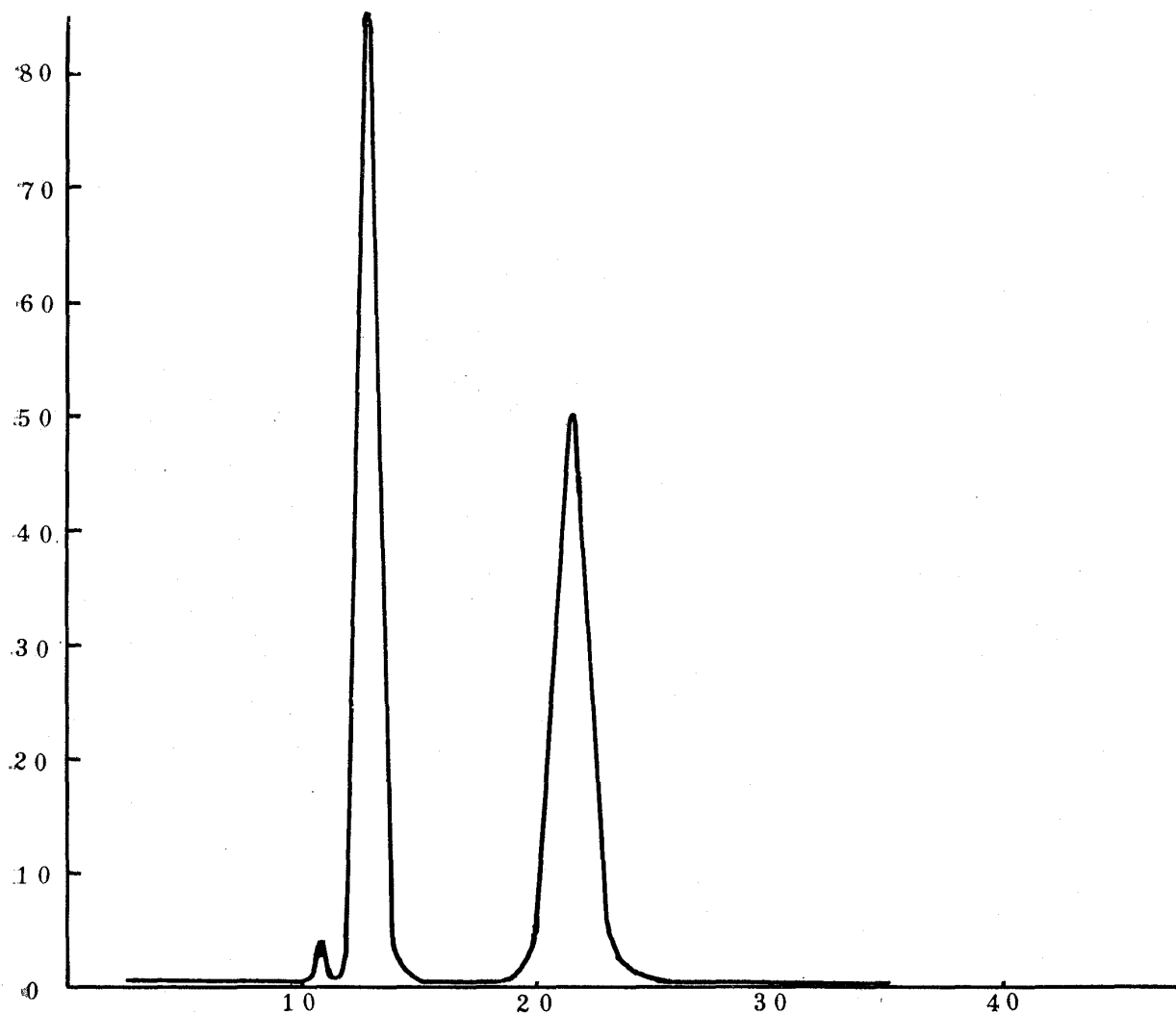
第3図 無水結晶ブドウ糖のG.L.C.



第4図 含水結晶ブドウ糖のG.L.C.



第5図 精製ブドウ糖のG.L.C.



第6図 市販ブドウ糖のG.L.C.

Ⅳ. 還元糖定量

各試料について行なった2回の還元糖定量結果の平均値を、第4表に示した。

第4表 各種 glucose の還元糖量

試料	還元糖量 (%)
試薬特級ブドウ糖	93.1
無水結晶ブドウ糖	91.9
含水結晶ブドウ糖	85.4
精製ブドウ糖	84.4
市販ブドウ糖	87.2

∴ 還元糖量は glucose として算出

無水結晶ブドウ糖は試薬ブドウ糖の数値に近く、三種類のブドウ糖中で最も純度が高い。無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との差は、第1表における水分値の差異におおよそ合致する。含水結晶ブドウ糖と精製ブドウ糖との約1%の相違は水分に大差ない点からみて、澱粉からブドウ糖への製造過程において生成されるデキストリン、ゲンチオビオース或いはイソマルトース¹⁾¹³⁾であろうかとも考察される。市販ブドウ糖は無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との中間値を示したので、両者の混合物であろうと推定される。

Ⅴ. 融点測定

各試料について行なった3回の融点測定値の平均値を第5表に示した。

第5表 各種 glucose の融点

試料	m. p. (°C)
試薬特級ブドウ糖	148 ~ 155
無水結晶ブドウ糖	149 ~ 156
含水結晶ブドウ糖	136 ~ 149
精製ブドウ糖	140 ~ 147
市販ブドウ糖	145 ~ 149 152

無水結晶ブドウ糖は、試薬ブドウ糖とほとんど同じ値を示した。ついで含水結晶ブドウ糖、精製ブドウ糖の順に、融点は低値を示した。市販ブドウ糖は含水結晶ブドウ糖と同じ149°Cを示す部分と、それよりやや高いが無水結晶ブドウ糖の融点よりはやや低い152°Cを示した部分とがある。市販ブドウ糖は無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との混合物であることが、ここでも予想される。

以上、水分測定、顕微鏡観察、P. P. C., G. L. C., 還元糖定量、融点測定の諸結果から、市販ブドウ糖は無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との混合物であるものと推定される。

VI. 官能検査

(1) 香について

各試料溶液の香の有無に関する結果を、第6表に示した。水については「香はしない」といえる。各種ブドウ糖については「香がする」とも「しない」ともいえない。

「香がする」と答えた者に対して、その香の良し悪しを評価させ、第7表のような尺度値を用いて採点した結果を第8表に示した。第8表の結果はいずれも有意差は認められない。

以上は液温 15°C 前後における結果である。各種ブドウ糖を熱水に溶かした場合は異った結果が得られることも予想されるが、今後にゆずる。

第6表 香の有無に関する官能検査結果

試料	実験回数	「香がする」と答えた人数	「香はしない」と答えた人数	判定	
				* ** ***	5% 1% 0.1% 有意差あり 〃 〃
水	1	1	13	香はしない	**
	2	0	14	〃	***
	3	2	10	〃	*
	4	1	14	〃	***
	5	3	13	〃	*
	6	1	17	〃	***
	7	0	16	〃	***
無水結晶ブドウ糖	1	7	5		
	2	6	9		
含水結晶ブドウ糖	1	7	7		
	2	8	8		
精製ブドウ糖	1	9	5		
上白糖	1	5	13	香はしない	*
	2	8	8		

第7表 評点法の尺度

評価	点数
よいと思う	+2
ややよいと思う	+1
ふつう	0
やや悪いと思う	-1
悪いと思う	-2

第8表 香の評価

(平均値)

試料	香の詳細
水	-0.119
無水結晶ブドウ糖	+0.084
含水結晶ブドウ糖	-0.134
精製ブドウ糖	-0.334
上白糖	-0.288

(2) 甘味について

10%上白糖溶液と15%ブドウ糖溶液の甘味度について比較した結果を、第9表に示した。

15%含水結晶ブドウ糖溶液ならびに15%精製ブドウ糖の甘さは10%上白糖の甘さとほぼ同じであるが、15%無水結晶ブドウ糖溶液は10%上白糖溶液よりも甘い。無水結晶ブドウ糖は水分含量が少ないためであろう。

各糖溶液の甘味の良し悪しについてパネルの評価を、第7表の尺度値を用いて採点した。その結果は第10表の通りである。この程度の数値のひらきでは有意差は認められない。即ち上白糖溶液の甘味も各種ブドウ糖溶液の甘味も同様に、良くも悪くもないと評価された。

第9表 甘味の比較

試料	各種ブドウ糖の方が甘いと答えた人数 (人)	上白糖の方が甘いと答えた人数 (人)	判定	* ** *** 5% 1% 0.1%	有意差あり 〃 〃
無水結晶ブドウ糖	12	2	無水結晶ブドウ糖の方が甘い 〃		* **
	11	1			
含水結晶ブドウ糖	11	5	有意差なし 〃		
	10	4			
精製ブドウ糖	7	5	有意差なし 〃		
	7	7			

第10表 甘味の評価

(平均値)

試料	甘味の評価
上白糖	-0.255
無水結晶ブドウ糖	-0.342
含水結晶ブドウ糖	-0.259
精製ブドウ糖	-0.341

以上、香と味に関する官能検査の結果からは、各種ブドウ糖と上白糖とにおける有意差は認められなかった。しかしながら、精製ブドウ糖は無水結晶ブドウ糖、含水結晶ブドウ糖と比較して、「香がする」と答えた人数が多く、香・甘味の評価も低値であった。故に調理に使用するブドウ糖の種類としては、精製ブドウ糖を避け、無水結晶ブドウ糖か含水結晶ブドウ糖が

適当であろう。

なお、市販ブドウ糖は無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との混合物と推定されることから、今後の研究においては市販品に近いものを使用するのが妥当であろうと思われる。

要 約

- ① ブドウ糖を甘味料として調理に使用することを目的とし、研究を行なった。本研究は、市販ブドウ糖はいかなる種類のブドウ糖であるかを検索し、併せて調理にブドウ糖を使用する場合に、いかなる種類のブドウ糖が適当であるかを検討した。
- ② 試料として、無水結晶ブドウ糖、含水結晶ブドウ糖、精製ブドウ糖、市販ブドウ糖、上白

糖を使用した。

- (3) 水分測定, 顕微鏡による結晶構造の観察, ペーパークロマトグラフィー並びにガスクロマトグラフィーによる構成糖の定性, 還元糖定量, 融点測定の結果より、市販ブドウ糖は無水結晶ブドウ糖と含水結晶ブドウ糖との混合物であると推定された。
- (4) 液温 15°C における官能検査結果から、ブドウ糖溶液の香・甘味と上白糖溶液の香・甘味との差は認められなかった。無水結晶ブドウ糖, 含水結晶ブドウ糖, 精製ブドウ糖の三者においても香・甘味の良し悪しについては有意差がなく、ただ同濃度では無水結晶ブドウ糖溶液の甘味がやや強いという結果が得られた。

本研究にあたり御助言いただきました本学名誉教授古田守夫先生、名古屋大学農学部川上日出国先生に深謝致しますと共に、協力いただきました丹羽純子氏、奥村美貴子氏に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 桜井芳人：結晶ブドウ糖の知識, (1957) 結晶ブドウ糖研究会
- 2) 農林省食糧研究所：食糧, 1, 73 (1958)
- 3) 農林省食糧研究所：食糧, 6, 8 (1963)
- 4) 吉川誠次：果汁技術研究部公報, 15, 48 (1962)
- 5) 京都大学学生山岳会：ヒマラヤとブドウ糖, (1963) 日本ブドウ糖工業会
- 6) 永原太郎, 岩尾裕之：食品分析法, (1962) 柴田書店
- 7) 柴田村治：ペーパークロマトグラフ法の実際, (1957) 共立出版K. K.
- 8) 池中徳治：別冊蛋白質・核酸・酵素 (生物化学実験法 XI, 糖質実験法), 51 (1968) 共立出版K. K.
- 9) 東京大学農学部, 農芸化学教室：実験農芸化学下, (1957) 朝倉書店
- 10) 畑 一夫, 渡辺健一：新版基礎有機化学実験, (1969) 丸善K. K.
- 11) 官能検査研究会テキスト
- 12) 農林省食糧研究所：食糧, 2, 65 (1959)
- 13) 麻生 清, 柴垣一雄：日農化, 29, 856 (1955)