

# 蛋白質 甘味料



邊 時 明  
白 玉 蓮

(韓國科學院)

NAS/NRC에서 현재에도 安全性을 檢討하고 있는 實情이며 1977년 3월 FDA가 사카린 사용금지에 대한 조치를 美國議會에 要請하였으나 이 조치를 18개월 연기(금지유예기간) 하였으며 대신 사카린 사용시 해당제품의 포장에 警告文을 附着시키도록 同意한 바 있어 現在로서는 이들을 대체할 만한 人工甘味料가 없어 食品業界에서 高심하고 있는 實情이다.

## 1. 緒 言

甘味料는 人間의 食品에 오랜 옛날부터 사용되어 왔지만 지난 20여년 동안에 人工甘味料의 사용이 급격히 증가되어 왔고 앞으로는 맛과 安定性이 향상된 甘味料의 開發이 要求되고 있다. 이점은 人類의 文化가 高度로 發達되고 多樣化해짐에 따라 食生活의 變遷이 따르고 食品工業의 發達로 새로운 形態의 加工食品이 생겨나므로 加工食品 各各에 맞는 甘味料가 要求되기 때문에 더욱 切實하게 되고 있다.

더욱 美國에서는 人工甘味料로서 돌신(Dulcin), 사이크라민酸鹽, 사카린 등이 從來의 전형적 食品甘味料인 설탕보다 甘味도가 훨씬 높고 값이 싸기 때문에 통조림, 껌, 과자, 콜라등을 위시한 低칼로리食品 및 커피, 홍차 등 각종 食品에 사용되어 왔으나 이들 人工甘味料가 發癌性이라는 點 때문에 安全性이 문제가 되어 美國 FDA가 1969년 9月末로 돌신, 사이크라민酸鹽의 使用을 완전히 禁止시켰고 사카린도 1973년 安全性(毒性)이 문제되어

특히 甘味料의 必要性이나 使用方法에 대해서 美國을 위시한 유럽諸國과 우리나라와는 다른 面이 있다. 肥滿과 더불어 合併되는 여러가지 疾病이 크게 문제되고 있는 西方에서는 低칼로리 甘味料가 必要不可缺하나 우리나라에서는 食卓用 甘味料가 더 要求되고 있는 현실이다. 우리나라도 앞으로 西方 특히 美國의 例와 같아질 날이 오겠지만 앞의 사카린 使用禁止에 대한 是非도 사카린 自體의 毒性(發癌性)이 문제가 되겠지만 사카린 사용 금지시 설탕의 過用으로 因한 肥滿 高血壓 및 心臟患者의 犧牲은 더욱 社會問題化될 것으로 豫測되어 美國醫師協會를 위시한 各種機構의 反對로 그 使用禁止의 연기가 이루어진 背景을 감안한다면 앞으로의 甘味料 開發은 甘味自體와 더불어 安全性 및 營養의 測面까지 多角的 檢討가 要求되어 여러가지 制限因子가 늘어가고 있어 더욱 難點을 안고 있는 중요한 문제이다.

단맛(甘味)이란 어떤 物質이 혀의 단맛을 感知하는 味蕾에 닿았을때 단맛을 느끼는 腦細胞에 메시지를 傳達함으로써 일어나는 味覺反

應이다. 따라서 단맛을誘發하는 여러가지物質의化學的性質과 단맛과 관계를 알고자 수많은 연구가 진행되어 왔으나 普遍的으로適用할 수 있는理論이 없고 단맛에 대한基本的인概念의定立이 없어 새로운甘味料의開發이 어려운立場에 놓여 있기 때문에 지금까지 어떤民族에 의해食品으로使用되어 온例가 있는 것 중에서 특히 단맛을 내는物質을 찾는 것이合理的이다.

따라서 現在까지 甘味料의開發은 두가지方向으로推進되어 오고 있다.比較的 간단한化學構造를 가진化合物이 우연한機會에甘味를 갖고 있다는事實이認識되면서 이의研究가本格化되어開發되는 경우인데 이들의 경우는食品添加物로서人體에 대한安全性이 크게 문제가 되고 있는 경우가 많았다.美國 Searle會社에서 펜타이드 홀몬 研究中發見한 Aspartame(Aspartyl phenylalanine methylester)(1,2)을 비롯하여 아스파르틸 호모세린 에스테르(Aspartylhomoserine ester)유도체(3), D-트리프로판(4), 옥심 화합물(5), 설파메이트화합물(6) 등이 강한甘味를 나타내고 있는 것으로 각광을 받고 있으나 이들은安全性 때문에 FDA에서許可받았다가도猶豫되었거나安全性을認定못받고 있어實際食品사용에禁止되고 있는實情이다.近來 설탕염화물誘導體(7)가 설탕보다 600~700배 더甘味가 높다는 사실과 더불어 뒷맛(Aftertaste)이 설탕과 꼭 같다는事實이 알려졌으나安全性의檢討가完了되지 않고 있다. 이와 같이合成甘味料들은 그化學構造와甘味와의關係에 있어서一般的으로適用할 수 있는理論이成立되지 않아體系으로開發하는데難點이 있어 우연한發見에依하고 있다.

다른方向에서의甘味料開發은前述한理由 때문에 어떤民族에 의해甘味料로使用되

어은例中에서 이들을實用的으로應用하고자 하기 때문에 자연히天然物로서存在하는甘味料를開發하고 있다. 이러한天然物甘味料는大部分의 경우人體에對해서比較的的安全하기 때문에開發餘地가 더욱 큰 것으로 알려지고 있다.代表的例가 오랜 역사동안 이용되어 온 설탕이 있으나 설탕을代替해야 할理由가 심각하게要求되고 있다. 그러나 이러한天然甘味料는 그呈味時間과 뒷맛 및化學的安定성이 문제되는缺點이 있어 보다 나은甘味料를 찾고 있다.天然甘味料로서脚光을 받는 것은果糖(Fructose), 자이리톨(Xylitol), 말티톨(Maltitol) 등의低分子糖化合物을 비롯하여,甘草主成分인 글리시라이진(Glycyrrhizin)배당체, 스테비아 잎속의 스테비오사이드(Stevioside)배당체, Miracle fruit나 Serendipity berry 등에서 추출되는蛋白質甘味料가 있다.

本欄에서는天然甘味料中 앞으로開發可能性이 크다고設定되는 Serendipity berry甘味成分인 모넨린(Monellin)蛋白質甘味料의化學的特性을 간단히紹介하고자 한다.

## 2. 高分子甘味成分

1852년 Miracle fruit(Synsepalum dulcificum)에甘味가 높은成分이報告된 이래天然甘味料의必要性이認識되자 1964년 이 과일의甘味成分의分子量이約 42,000인糖蛋白質이라는 것이 밝혀졌다. 이發見은低分子化合物만이甘味를 낸다는從來의概念을 완전히 바꾸어버린 커다란 사건으로서 이후低칼로리甘味成分의要求가 절실했지자天然甘味料의 개발이 급격히 증가되었다. 이結果가장可能性이 큰 것으로 Stevioside와 Glycyrrhizine이開發되었다. 파라과이에서野生하는

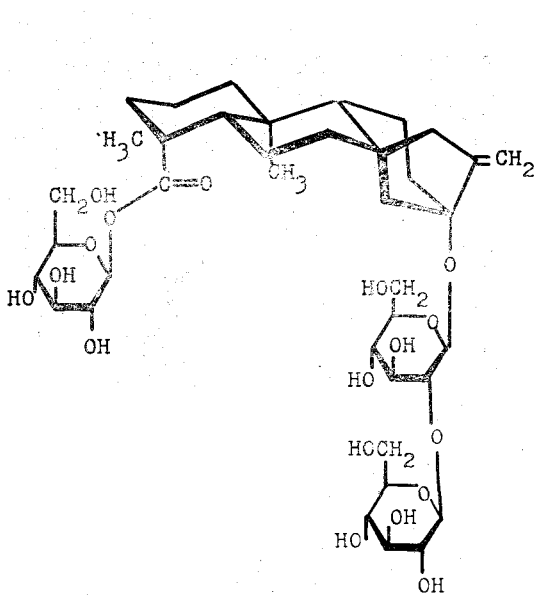


그림 1 : 스테비오사이드 화학구조

*Stevia rebaudiana* Bertoni 의 잎에서 얻은 스테비오사이드(그림 1)는 설탕보다 약 300배정도 감味が 높으며 收率도 乾葉의 6%나 되어 組織的 栽培가 可能하며 低칼로리 甘味料로서 有望하며 日本에서는 小規模로 市販品이 나오 고 있다. 이 스테비오사이드는 구조중에 (1' → 2)결합을 가진 二糖類를 가지고 있어서 이 部分이 甘味와 關聯이 있는 것으로 생각되는 化合物이고 甘草(*Glycyrrhiza glabra* L.)의 主成分인 글리시리라인(그림 2)은 칼륨이나 칼슘鹽으로 存在하며 설탕보다 甘味도가 500배나 높아 과자류나 담배 코코아 등에 암모늄鹽으로서 使用하며 이 化合物도 구조중에 (1' → 2) 결합을 가진 二糖類가 사포닌에 붙어 있어 甘味와 關聯이 있으리라 본다.

이외에 디하이드로 칼콘(Dihydrochalcone) 化合物이 有望視되고 있다. 이러한 高分子 甘味成分의 發見으로 말미암아 종래의 低分子 化合物만이 甘味料로 開發될 수 있다는 可能性에서 벗어나 天然甘味料 開發 研究는 高分子 化合物에 集中된 結果 糖化合物의 構造와는 전혀 다른 蛋白質高分子化合物이 甘味料로 發

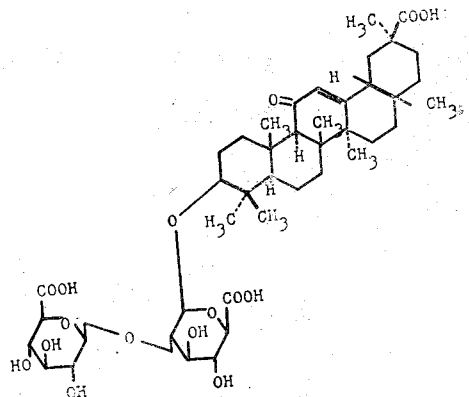


그림 2 : 글리시리라인의 화학구조

見되어 이중 모넨린(Monellin)과 타우마틴(Thaumatococcus)이 有望視되고 있다.

### 3. 蛋白質 甘味料

#### 가. 모넨린

前述한 바와같이 合成甘味料가 甘味도에 있어서 설탕보다 현저히 높고 化學的 安定性이 良好하며 經濟的으로 값이 저렴하게 製造할수 있는 特性이 있으나 食品添加物로서 人體에 對한 有害性 때문에 利用할 수 없어 天然甘味料가 要求되고 있다. 蛋白質甘味料는 이러한 毒性 문제가 제기되지 않고 人體內에서 消化되어 營養素로 吸收되나 설탕과 같은 肥滿性에 대한 문제가 없기 때문에 良好하다. 또한 甘味도에 있어서도 설탕보다 현저하게 높다. 그러나 가끔씩 天然甘味料는 呈味時間과 뒷맛이 설탕처럼 상쾌하지 못해 문제되는 경우가 있다.

또한 經濟的인 面에서 組織的인 栽培가 必要하게 된다.

이러한 見地에서 모넨린은 天然蛋白質甘味料로서 利用될 可能性이 크다.

모넨린은 Serendipity berry (*Dioscoreophyllum cumminsii* Diels)의 열매에서 얻는 蛋白質 甘味料이다. 이 植物은 열대 아프리카 토

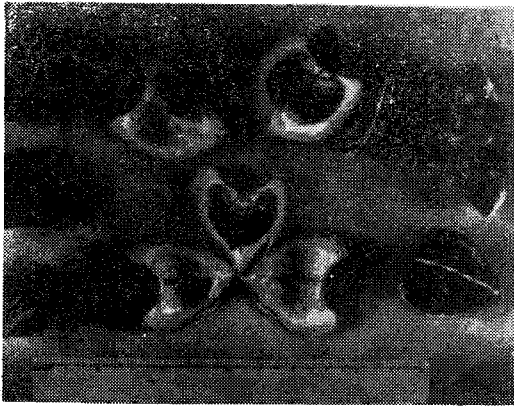


그림 3 : Serendipity berry 열매

質임을 알 수 있다.<sup>9)</sup>

산중으로 기니아에서 카메룬, 가봉, 수단, 콩고 등지에서 자라는 식물로 그 열매는 포도와 비슷하여(그림 3) 한 송이에 50~100개쯤 달리고 열매 하나는 약 1.3cm 정도로 단맛이 강

왔으며 실온에서 수주일 이상 보관할 수 있는 저장성이 良好한 열매이다.

이 열매의 단맛 성분은 1967년 경에 發見되었으나 이것이 蛋白質이라는 것은 1972년경에 완전히 밝혀져 Morris등은(8) 자기 研究所의 이름에서 따낸 모넨린이라고 하였고 처음 發見者인 Inglett(9) 등은 "Serendip"이라고 하였다. 모넨린은 열매속에 一般的으로 糖蛋白質로 存在하며 이때는 蔗糖의 약 1,500배인 甘味도가 있으나 모넨린으로 存在할때는 甘味が 3,000배로 증가한다. 열매 抽出液을 Sephadex G-50으로 分離하면(그림 4-A) 分子量이 약 10,000인 蛋白質분이 甘味를 나타내고 이를 蛋白質 分解酵素인 트립신이나 파파인으로 分解하면 甘味物質이 分子量이 큰 物質에서 그대로 나타나나 Bromelain으로 처리하면(그림 4-B) 甘味が 分子量이 적은 펩타이드에서 나타난다. 이로 보아 모넨린 단백질은 Bromelain에 의하여 特異하게 分解되는 蛋白質

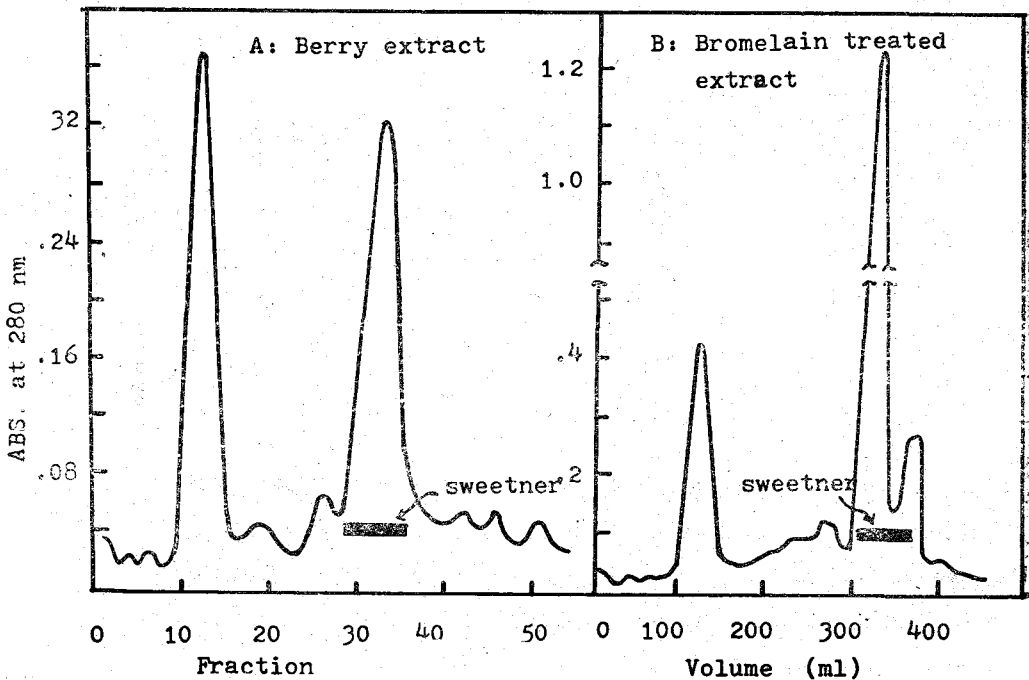


그림 4 : Serendipity berry 추출물 및 Bromelain 처리물의 Sephadex G-50 젤 여과<sup>9)</sup>

表 1: 모넨린의 物理的 性質

	Serendip(10)	Monellin(8)
等電點	9.03	9.26
分子量	11,500	10,500
A <sub>1cm</sub> <sup>1%</sup> (pH 5.6, 278 nm)	16.2	—
甘味度(설탕기준)	2,500	—
甘味를 상실하는 溫度		
pH 3.2	50	—
pH 5.0	65	—
pH 7.2	55	—

表 2: 모넨린蛋白質의 아미노산 組成

아미노산	Serendip <sup>(10)</sup>	Monellin <sup>(8)</sup>
Asp	11	10
Glu	13	12
Ser	2	2
Thr	4	4
Pro	6	6
Gly	9	8
Ala	3	3
Val	4	4
Leu	6	6
Ile	7	6
Met	1	1
Phe	6	5
Tyr	5	7
Half Cystine	2	1
His	0	0
Lys	10	8
Arg	8	7
Trp	1	1
NH <sub>2</sub>	12	6
Total	98	91

하나 原住民은 이를 이용하지 않았었다. 뿌리는 食用으로 사용하거나 醫藥用으로 이용되어蛋白質甘味料인 모넨린은 等電點이 9.03~9.26이며 分子量은 11,500이라는 것이 Sephadex 젤 여과 方法과 Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide 젤 電氣泳動 方法에 의하여

증명되었다. 이러한 事實로 보아 모넨린은  $\alpha$ -helix가 없이 한개의 폴리펩티드로 되어 있는蛋白質이다. 모넨린의 物理的 性質은 表 1에 要約한 바와 같다.

모넨린 蛋白質의 아미노산 配列은 아직 確定되지 못하였으나 그 組成은 알려져 있어 特徵的으로 Histidine이 전혀 함유되어 있지 않고 Lysine이나 Arginine은 誘導體가 전혀 없이 전부 本體대로 存在한다. 또한 유리-SH가 없고 Half-cystine으로서 1개 또는 2개가 들어 있는 것이 특징이다. 等電點과 아미노산의 組成을 비교해 볼때 모넨린은 酸性아미노산 보다 鹽基性 아미노 酸量이 比較的 많아 이 蛋白質이 鹽基性을 띠게 된다. 모넨린의 아미노산 組成은 表 2에 表示한 바와 같다.

모넨린은 甘味가 높고 良好하나 폴리펩티드의 四次構造가 유지될 때 甘味가 強化되며 알카리나 熱에 依하여 變性, 甘味를 잃는 缺點이 있어 實際利用上 문제點이 있으므로 常溫에서 中性내지 pH 6程度로 유지하여 사용하여야 한다.

### 나. 타우마틴

타우마틴은 카렘피 果實에서 얻은 蛋白質甘味料로 타우마틴 I 및 II의 두가지 蛋白質이 存在한다. Katemfe (Thaumatococcus danielli)는 아프리카 果實樹로서 수단지방에서 자란다. 이 果實樹는 약 4cm 직경의 과일을 맺는다. 과일 内部는 큰 種子가 3개 들어있고 透明한 젤리 狀態의 肉質로 차있다. 이 젤리 肉部位가 아프리카에서 빵이나 果實酒, 茶 등의 甘味로서 使用되어 왔다. 카렘피 果實肉內에는 타우마틴 I 및 II의 甘味成分 蛋白質이 들어 있다.

카렘피 果實의 수용액 抽出物을 Sephadex-

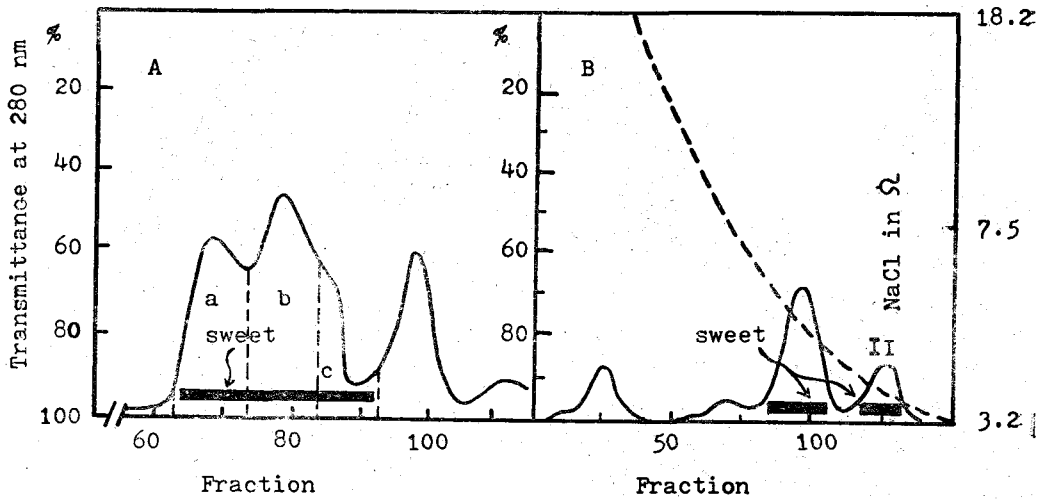


그림 5 : A. 카뎀피 果實 抽出物의 Sephadex 50의 질 여과.<sup>10)</sup>

B. SE-Sephadex C-25 이온교환크로마토 그래피법으로 분리한 타우마틴 I 및 II의 蛋白質甘味成分.<sup>10)</sup>(A의 a,b,c를 합쳐 다시 이온교환수지에 통과시킨 것임).

50으로 分離하면 세부분에서 단맛이 난다(그림 5-A). 이 단맛부분(그림 5-A의 a,b,c)을 합쳐 다시 SE-Sephadex C-25로 이온교환 크로마토 그래피에 의해 分離하면 타우마틴 I 과 II가 순수하게 분리되며 이 두가지 단백질이 모두 甘味를 가지고 있으며 純粹分離된 蛋白質이 된다.

分子量도 타우마틴 I 및 II가 똑같이 20,000 정도로 거의 크기가 같고 또한 강한 鹽基性을 띄우는 成分이며 甘味度も 두 蛋白質 다 같이 설탕의 1,600배이다. 이 蛋白質이 元來 한가지 種類의 蛋白質에서 變形되어 두 種類가 되었는지 처음부터 서로 다른 種類의 蛋白質인지는 밝혀져 있지 않으나 앞으로 研究해야 할 문제이며 모델린 경우에서처럼 熱安定性이 實際使用時 문제가 있으리라 본다. 性質은 表 3에 要約한 바와 같다. 타우마틴 蛋白質은 變性이 되는 경우 甘味도 같이 상실하게 되므로

表 3 : 카뎀피의 타우마틴 I 및 II 蛋白質의 物理的 性質<sup>10)</sup>

	타우마틴 I	타우마틴 II
等電點	12	12
分子量	21,000±600	20,400±600 <sup>0)</sup>
A <sub>1cm</sub> <sup>1%</sup> (pH 5.6, 278 nm)	7.69	7.53
甘味度(설탕기준)	1,600	1,600
甘味를 상실하는 溫度		
pH 3.2	55	55
pH 5.0	75	75
pH 7.2	65	65

역시 立體構造가 甘味와 關係가 깊으리라 고 짐작이 된다.

#### 4. 甘味の 原理

前述한 바와 같이 低分子物質의 化學構造와 혀의 味雷에 感知되는 甘味와의 關係는 定立

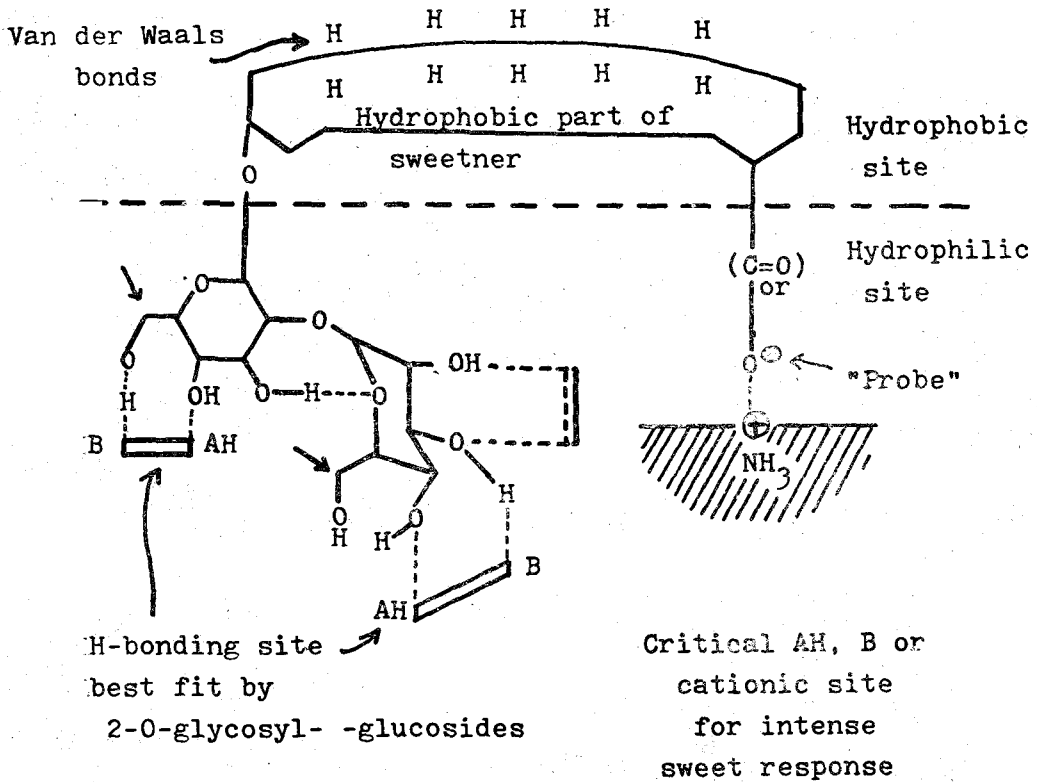


그림 6: 高分子 糖化合物 甘味料의 味雷에 대한 作用時 모형

된 理論이 없어 甘味料 開發에 難點이 되고 있다. 그러나 이에 對한 研究가 계속되고 있어 가장 타당성있게 느끼는것은 Shallenberger<sup>11)</sup>의 AB-H理論이다. 甘味物質의 두 原子 A와 B사이의 距離가 2.5~4.0Å 사이에 있고 Proton (H)이 A에 붙어있어 이것이 쉽게 Proton을 내출수 있고 이 Proton이 Proton-Acceptor인 B에 이동될수 있는 이러한 構造의 特性을 가지고 있을때 혀의 味雷와 잘 結合하고 甘味를 腦神經에 傳達해 줄수 있다는 說이나 糖化合物의 경우에까지도 例外가 많이 생기고 더욱이 構造가 다른 Peptide 化合物에는 적용이 어려운 점이 있다. 이러한 甘味物質內的 甘味誘發基 "Sweetness probe"가 甘味를 나타낸다는 것은 쉽게 理解는 되지만 모든 甘味料에 대한 공통된 Sweetness probe를 찾지 못하고 있으며 이를 적용하는데 여러 異論이 생기고

있는 실정이다. 더욱 高分子 甘味料의 경우는 이러한 理論을 適用하기 힘든 事例가 많이 생기게 된다.

그러나 理論의 發展은 앞으로의 甘味料의 開發에 큰 役割을 할 것이므로 重要한 研究課題가 되고 있다. 糖化合物의 高分子甘味料에 대한 Sweetness probe는 Inglet등<sup>9)</sup>에 의해 AB-H理論을 展開시켜 적용하고 있다(그림 6). 이때 共通의으로 갖고 있는(1'→2) 결합의 二糖類 部位는 味雷의 結合時 位置選定을 正確하게 하도록 돕기때문에 꼭 이 結合을 가지고 있다고 해서 甘味를 나타내지는 않는다<sup>12)</sup>.

이와같은 高分子糖化合物의 Sweetness probe의 理論을 高分子蛋白質 甘味料에 그대로 적용하는데는 異論이 생긴다. 蛋白質甘味料에는 (1'-2)-糖化合物結合을 가지고 있지 못할

뿐만 아니라 Sweetness probe로 推定되는 甘味誘發基도 高分子蛋白質 甘味料와 糖化合物 사이에 커다란 차이점을 보이고 있다.

高分子蛋白質甘味料的 Sweetness probe 는 오히려 아스파르틴산 펩티드 甘味料的 경우와 같이 아스파르틴산基 部位의 結合이 Sweetness probe로 作用할 可能性이 있는 것으로 생각된다. Mazur 등<sup>2)</sup>은 Aspartame(Aspartyl phenylalanine methyl ester)의 甘味 性質을 研究하는데 여러가지 아미노산 유도체를 사용한 Dipetide를 이용한 結果 아스파르틴산의 유리 -COOH基가 절대 필요하며 不齊炭素(L-form)가 있어야 혀의 味雷를 刺戟하여 甘味를 誘發시킬 수 있다고 했다. Phenylalanine 基 代身 다른 特定 아미노산 예를들면 tyrosine methyl ester를 사용할 경우 역시 甘味가 있는 것으로 보아 펩티드 甘味料로서는 아스파르틴산基의 結合이 Sweetness probe로 作用하며 다른 位置에는 疏水性基가 附着되어야 味雷와의 正確한 結合이 이루어져 甘味를 낼 수 있다고 主張하였다.

이와같이 高分子蛋白質甘味料的 경우에 있어서도 비슷한 것으로 推定하나 精確한 Sweetness probe를 證明하는 구체적인 研究가 必要하며 이것이 證明될때 低分子量的 Sweetness probe 誘導體를 化學的으로 合成하므로써 甘味와 甘味誘發基와의 關係를 精確히 알 수 있고 새로운 食品添加用 甘味料를 손쉽게 開發할 수 있으리라 믿는다.

## 5. 結 論

새로운 天然甘味料로서 開發可能性이 큰 高分子 蛋白質甘味料로서 모넨린과 타우마틴 I 및 II의 化學적 性質을 소개하였으며 더불어 高分子糖化合物 甘味料的 比較檢討 및 化學構

造와 甘味性質의 關係를 考察하므로써 앞으로 甘味料 開發에 대한 基礎資料를 얻고자 論及하였다.

## 引 用 文 獻

- 1) Searle Biochemics, Technical Bulletin No. 600(1969)
- 2) R.H. Mazur, J.M. Schlatter, and A.H. Goldkamp, J. Amer. Chem. Soc., **91**, 2684 (1969)
- 3) 藤本康夫, 日本特許公報, A 2311/26 34K3 (1973)
- 4) 有吉安男, 化學과 生物, **12**, 189 (1974)
- 5) E.M. Acton and H. Stone, Science, **193**, 584 (1976)
- 6) G.A. Benson and W.J. Spillane, J. Med. Chem., **19**, 869 (1976)
- 7) Chem. and Engineer. News, **41**, Sept. 20, p.30 (1976)
- 8) J.A. Morris and R.H. Cagan, Biochim. Biophys. Acta, **261**, 114 (1972)
- 9) G.E. Inglett and J.E. Hodge, Abstr. Pap. 35A, Div. Agr. Food Chem., 165th Amer. Chem. Soc. Meeting Dallas, Texas (1973)
- 10) H. Van der Wiel, Abstr. Pap. 33A, Div. Agr. Food Chem., 165th Amer. Chem. Soc. Meeting, Dallas, Texas (1973)
- 11) R.S. Shallenberger, and T.E. Acree, and W.E. Guild, J. Fd. Sci., **30**, 560 (1965)
- 12) W.E. Dick, Jr., J.E. Hodge, and G.E. Inglett, Abstr. Pap. 117A, Div. Agr. Food Chem., 166th Amer. Chem. Soc. Meeting, Chicago, Ill. (1973)

'78年은

有害食品 根絶의 해