

새로운 감미료 Aspartame에 대하여

金 中 晚
〈圓光大學校 農化學科 教授〉

1. 머릿말

단맛은 인간의 맛 감각 중에서 제일 행복한 느낌을 주기 때문에 다양한 감미료가 식품의 조리·가공에 쓰이고 있다. 우리가 쓰고 있는 감미료에는 설탕, 포도당, 과당, 물엿, 이성화당, Sorbitol 등의 천연감미료와 Saccharine, Cyclamate와 같은 합성감미료 등이 있다. 그 중에서 설탕은 가장 보편적인 감미료로서 그 소비량은 어느 사회의 문화수준의 척도가 된다고 하리 만큼 설탕이 식생활과 식품공업에서 차지하는 비중은 매우 크다고 할 수 있다. 물론, 설탕은 아름다운 맛과 여러가지 기능성(점도, bulk, 색, 저장성)을 식품중에서 발휘하기 때문에 식품의 질에 영향을 주는 것은 물론 사용되는 양에 따라서는 식품의 가격에도 영향을 미치게 된다.

그러나 생활수준의 향상과 더불어 두드러지게 나타나고 있는 당뇨병이나 비만증의 경우는 탄수화물성 감미료의 섭취를 의식적으로 피해야 하는 필요가 늘게 되므로써 저칼로리 혹은 무칼로리성 감미료의 필요는 절실하게 되었다.

Saccharine(1879년 합성)은 감미가 강하고 가격이 싸고 무칼로리성 감미료라는 장점 때

문에 한동안 널리 쓰였으나 금속성 뒷맛과 위생적으로 잠재적인 유해성이 지적된 후 나라에 따라서는 Saccharine의 사용이 전면 금지되는가 하면 어느 경우에는 매우 제한된 식품에만 허용된 상태이다. 또한 Cyclamate(1940년대 합성)가 새로운 무칼로리 감미료로 등장했으나 유해성 관점으로 1970년에 사용이 금지되므로써 합성감미료의 보편적인 활용은 주춤하게 되었다.

그러던 중 1964년에 미국의 한 제약회사인 G.D. Searle & Co.가 개발한 Aspartame(상품명: Nutra Sweet)이 FDA로부터 무해 판정을 받은 다음 1983년에는 각종 탄산음료에의 첨가가 승인되었다.

그후 영국(상품명: Canclere), 캐나다, 스웨덴, 독일, 일본 등의 경우도 탄산음료는 물론 각종 식품에서 설탕을 비롯한 탄수화물성 감미료를 대체하여 나가고 있으며, 국내에서도 J회사(상품명: White Sweet)에서 자체 개발하고, 양산체비를 하고 있어서 앞으로 국내의 적으로 기존감미료 시장에서 Aspartame은 강력한 도전자로 등장될 것 같다.

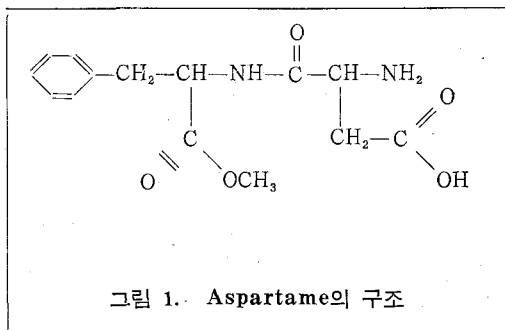
따라서 Aspartame은 앞으로 식품의 조리가 공은 물론 우리의 식탁에도 흔히 놓일 것 같이 전망되어 그것에 대한 성질을 알아 보는 것은 의미있는 일로 생각한다.

2. 합성의 동기

Aspartame은 1964년 Imperial Chemical Industries(ICI)와 G.D. Searle Co.에 의해서 합성되었다. Saccharine이나 Cyclamate 등의 감미료가 실험중 우연히 발명된 것처럼 Aspartame 역시 직접적인 연구 목적물은 아니었다.

Searle Co.의 연구진은 위궤양치료를 위해 Dipeptide을 합성하여 재결정 실험중 J. Schlatter라는 실험자는 실수로 손에 Aspartame을 엮질었고, 그후 곧 시약을 달기 위해 약지를 쉽게 집으려고 손에 침을 바르는 순간 강한 감미를 느낀 것이 Aspartame이 감미료로 인정되게 된 동기이다.

물론 ICI社의 경우도 같은 목적으로 Aspartame을 합성하였으나, 감미성에 대해서는 Searle사에 비해서 늦게 알게 되었다. Searle社는 적극적인 상품화 노력을 계속하였고, 최초로 FDA로부터 공인을 받아 냈다. 그의 건조 상태 구조는 그림 1과 같다.



3. 합성방법 및 물리적성질

Aspartame은 주된 구성성분이 L-Aspartic acid와 L-Phenylalanine으로 Amino산이 Peptide 결합한 Dipeptide(L-Aspartylphenylalanine)의 Methyl ester화합물로 건조시 백색 결정으로 그의 몇가지 물리적인 성질은 표 1과 같다.

Aspartame은 양성물질로 극성용매 즉 물에 잘 용해됨을 알 수 있다(표 2).

표 1. Aspartame의 몇가지 물리적성질

Molecular weight	294.3
Melting point	Double m.p., about 190 and 245°C
Solubility at 25°C: Water (distilled)	10.20mg/ml
Methanol	8.68
Ethanol(95%)	3.72
Chloroform	0.26
Heptane	0.04
Optical rotation(H ₂ O)	(α)+4°
Recognition threshold	0.001~0.007%

표 2. pH조건별 Aspartame의 용해도

pH	Solubility, mg/ml at 25°C
3.72	18.2
4.00	16.1
4.05	15.2
4.27	14.5
4.78	13.8
5.30	13.5
5.70	13.0
6.00	14.2
7.00*	10.2

*: 증류수

4. 감미도와 가격

Aspartame의 감미도는 표 3에서 볼 수 있는 바와 같이 삭카린을 제외하고는 가장 높은 감미를 나타내어 설탕보다 200배, Fructose보다는 154배나 강하다.

가격면에서 보면 같은 감미도를 얻는데 설탕보다 2배, 삭카린보다 20배 비싼 감미료이기 때문에 Saccharine을 대체할 수 없다고 볼 수 있으나, 캐나다 경우처럼 Saccharine의 사용이 전면 금지된 경우 저칼로리의 soft drink를 만들기 위해서는 값이 강점이 될 수 없다. 그래서 diet용 soft drink의 감미료로는 Aspartame이 절대적일 수 밖에 없다. 더구나 현

표 3. 몇가지 당류의 상대적인 감미도 및 가격

감미료	감미도	대략적인 가격 (\$) ^{b)}
Sugar	1.0	1.0
Glucose	0.7	1.1
Fructose	1.3	2.0
HFS ^{a)}	0.6	1.0
Saccharine	300	0.05
Cyclamate	30	0.13
Aspartame	200	2.0
Xylitol	1.0	1.2

a) High Fructose Corn Syrup

b) 같은 감미도 수준에서 비교한 가격

재의 가격수준은 Aspartame의 원료인 Amino 산이 유전공학기술 향상에 힘입어 보다 싸게 생산될 것이므로 더욱 유리하여 질 것이다.

5. 안정성

Aspartame은 그림 2에서 본 바와 같이 L-Aspartic acid와 L-Phenylalanine이 화학적으로 결합하여 구성된 Dipeptide의 Methyl ester에 대한 일반 명칭으로, 이들 두 구성분은 자연계에서 흔히 분리되는 화합물이다. 이 두가지 원료는 발효 방식에 의해 생산된 것으로, 아직까지는 무해한 성분으로 알려져 있다.

또한 저칼로리성임을 알 수 있는 것은 Aspartame은 단백질이기 때문에 1g에 4칼로리의 열량을 가지므로 설탕과 같은 양이 첨가될 경우에는 무시 못할 칼로리 증가를 발생케 하지만 Aspartame는 감미가 설탕의 200배이므로 일반적으로 요구되는 감미도에서는 표 4에서 볼 수 있는 바와 같이 극미량이 첨가되기 때문에 칼로리 증가에는 극히 적은 영향을 준다. 한 예로 Aspartame을 첨가한 280ml짜리 청량음료의 경우 Aspartame이 증가시키는 칼로리 수는 단지 1~1.5cal 뿐이다.

6. 맛

Aspartame의 단맛은 설탕과 같은 단맛을 나

타내는 것으로 알려졌다. 관능검사 결과 Aspartame과 설탕사이에 감미의 구별이 불가능한 것으로 평가되었으며, 더구나 인공 감미료가 일반적으로 나타내는 나쁜 뒷맛이 없다. 그리고 Aspartame의 단맛은 다른 감미료에 비해서 단맛이 오래 지속되는 특징이 있다.

또한 Aspartame은 탄수화물성 감미료(설탕, glucose, fructose)나 인공 감미료(삭카린)와 섞을 경우 단맛의 상승효과를 나타낸다. 예를 들면 40g의 설탕에 0.25g의 Aspartame을 첨가할 경우, 설탕 100g의 감미도와 맞먹는다. 이러한 높은 감미상승작용은 Aspartame과 glucose의 혼합에서도 볼 수 있어서 glucose에 0.135%의 Aspartame을 섞을 경우, 설탕과 같은 감미도를 나타낸다. 결국 이러한 상승효과는 다른 감미료의 사용량을 소량화할 수 있고 가격면에서 잇점을 준다고 본다.

7. 풍미 증진

Aspartame은 단맛을 낸은 물론, 풍미증진과 풍미 연장효과를 나타내는데, 특히 오렌지, 그레이프 및 포도같은 산성 과일향에서 뚜렷하다. 이러한 효과는 합성향보다는 자연향에 효과가 더 있다. 그러나 cocoa와 공존할 때는 쓴맛이 진하게 느껴지나 이 경우는 문제가 되지 않는다.

일반적으로 향기를 증진시키기 위해서는 0.01%정도, 감미증진을 위해서는 0.06%정도 첨가되므로 첨가량의 범위는 상당히 넓은 편이다. 결국 Aspartame의 감미상승과 향기강화 및 효과는 첨가해야 할 다른 성분을 절약해주는 효과를 나타낼 것이다.

8. 안정성

어느 첨가물이든 목적하는 기능이 안정적으로 발휘될 때 유용성이 인정된다. Aspartame은 그 구조 중에 ester결합을 가지고 있어서 수분과 온도 및 pH 조건에 따라서 쉽게 분해

되는 성질이 있다.

Aspartame은 2가지 중간경로를 거쳐 분해되는데, 한가지 반응은 ester결합이 가수분해되어, 구성 아미노산인 Aspartic acid와 Phenylalanine로 유지되며, 다른 한 반응은 Cyclohydrolyzing 되어 Diketopiperazine(DKP)을 거쳐 Aspartylphenylalanine으로 된 후에 구성 아미노산으로 분해된다. 이러한 반응의 중간물과 최종산물은 유해성은 없으나, 감미가 상실되며 오직 Aspartame만 감미를 나타내게 된다.

이러한 분해반응은 온도가 높은 조건에서 빨리 진행되므로 제빵, 튀김, 기타의 높은 온도에서 조리 가공될 경우 분해정도는 심하다. 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 105°C에서는 100시간후 5%, 120°C에서는 80시간에 80%,

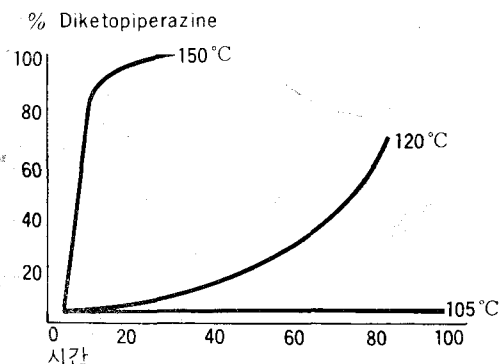


그림 2. 여러 온도 조건에서 건조 Aspartame (4.5~5%수분)의 분해 경향

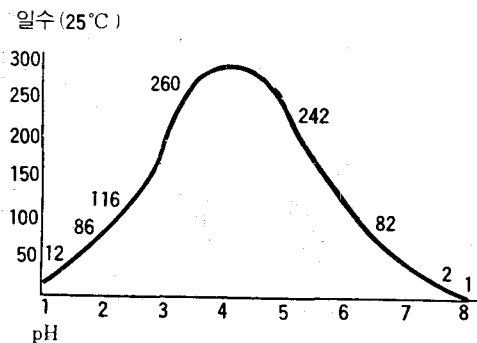


그림 3. 용액중에서 pH조건에 따라 Aspartame의 50%가 분해되는데 걸리는 일수(25°C에서)

150°C에서는 20여시간에 100% 분해됨을 알 수 있다. 그러나 candy제조시 Aspartame을 향료와 함께 냉각과정에서 첨가하면 비교적 안정적인 결과를 볼 수 있다.

Aspartame의 분해량은 시간에 비례해서 증가하며 온도가 높을 수록 증가한다. 한편 용액의 pH조건 역시 분해속도에 크게 영향을 미치는데 그림 3에서 볼 수 있다.

그림 3은 25°C에서 각 pH조건에서 Aspartame 50%가 분해되는데 걸리는 시간을 조사한 결과로 Aspartame의 안정성은 pH 4~5에서 가장 높았다. 그러나 온도가 보다 높아지면, 그림 4에서 보는 바와 같이 분해속도도 빨라진다. 그림 4에서 볼 때 80°C의 온도조건에서 안정적인 최저 pH는 4이고, pH 5의 경우는 7~8시간 후에 약 50%가 분해되어 고온에서는 안정 pH범위도 좁아지는 것을 알 수 있다.

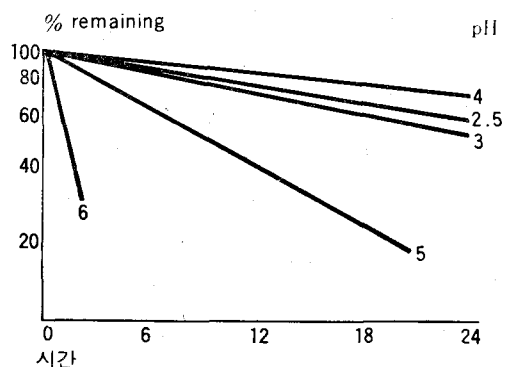


그림 4. 여러 가지 pH 조건에서 Aspartame의 안정성(80°C에서)

이런 경향은 UHT 살균조건이 저온살균조건보다 Aspartame의 감미가 식품중에 유지되는데 유리한 살균방법이라는 것을 알 수 있다.

9. 식품중에서의 안정성(Safety)

Aspartame의 분해에 의한 단맛의 감소는 특히 액상 식품중에서 쉽게 일어나기 때문에 식품의 상태는 Aspartame의 사용에 제한조건이 된다. 탄산음료는 액상음료이기 때문에 Aspa-

표 4. 탄산음료의 pH범위와 Aspartame의 첨가량범위

음 료 수	pH 범위	첨가량 범위
Cola	2.8	0.055~0.068
Lemon-lime	3.0~3.1	0.030~0.060
Orange	3.1~3.4	0.055~0.090
Root beer	4.0~4.4	0.055~0.070

표 5. 몇가지 감미료를 cola음료에 첨가하고 40 일동안 관능 검사한 결과

감 미 료	저장온도 (°C)	관능검사값*		
		2주	26주	40주
Aspartame	5	49.0	50.1	48.0
	20	48.3	46.0	36.1
Aspartame/ Seccharin	20	43.1	43.8	43.4
Saccarin		29.9	36.0	35.2
Sucrose		58.1	56.7	55.9

* : 100점 만점 (0=싫음, 100=좋음)

rtame의 전화가 쉽게 일어날 것 같으나 표 4에서 보는 바와 같이 pH조건이 Aspartame의 안정성에 유리한 pH범위에 있으며, 또한 이 음료들은 실제 저온조건에서 유통되기 때문에 6개월 이상의 저장 후에도 관능검사치에는 변화가 없다는 것을 표 5에서 볼 수 있다.

표 4에서 볼 때 몇가지 음료들의 pH범위는 최하 2.8, 최고 4.4로 이 pH값의 범위는 Aspartame의 안정 pH조건이다. 또한 표 5에서 보면 Aspartame이 단독으로 첨가된 Cola의 경우 5°C에서 40주동안 저장했을 때 관능검사값은 큰 변화가 없었으며 20°C에서도 역시 큰 변화가 없으며 이러한 경향은 Aspartame을 삭카린과 섞었을 때나 설탕과 삭카린을 각각 단독으로 첨가한 경우에도 관능검사값이 극히

적게 감소하였다. 이러한 결과는 낮은 pH값과 낮은 온도 조건에서 가공 저장되는 식품의 경우에는 Aspartame 분해에 의한 감미의 감소나 기호도에 문제가 없음을 나타낸다.

10. 맺음말

Aspartame은 설탕의 200배, Saccharine의 1/2의 감미도를 가지며, 감미 역시 설탕과 흡사하고 단백질성 감미료로 위생적으로 안전하며, 일반적인 감미도 수준에는 극히 낮은 에너지 증가만을 발생시키며 또한 보향성과 감미지속성이 길고 다른 감미료와 혼용시는 감미상승효과를 나타낸다.

액상식품에는 다소 불안정한 성질이 있으나 저온과 적당한 pH조건에서는 장기간 안정하다. 따라서 Aspartame은 저칼로리 soft drink를 비롯하여 분말커피, 분말홍차, 견, 각종 과자류, youhurt, ice cream 등에 널리 첨가될 전망이어서 Aspartame의 생산은 국가적인 차원에서 꼭 필요한 산업분야이며 그 결과 기존 감미료 시장에서 Aspartame은 강력한 경쟁자로 부상될 것은 뻔한 일로 생각된다. ■

<참 고 문 헌>

1. BARRY E. HOMLER; Food Technology, 50, July (1984).
2. CHARLES MORRIS; Food Engineering, 20, Aug. (1983).
3. Cloninger, M.R. and Baldwin, R.E. J. Food Sci. 39, 347 (1974).
4. Baldwin, R.E. and Korshgen, B.M.; J. Food Sci. 44, 938 (1979).

사람은 자연보호 자연은 사람보호