

# 论蔗糖衍生物结构与甜度的相互关系

郑建仙, 饶志娟, 贾呈祥

(华南理工大学食品与生物工程学院, 广州 510640)

**摘 要:** 蔗糖含有三个第一类羟基和五个第二类羟基, 其甜度与分子上的八个羟基密切相关。使用高度亲油性氯原子, 取代蔗糖分子的葡萄糖基和果糖基上特殊位置的羟基, 可以使蔗糖甜味明显增强, 这些特殊位置包括 C-4、C-1'、C-4' 和 C-6', 而 C-6 上的取代则可能导致甜味降低甚至产生苦味。高甜度蔗糖衍生物的结构-甜度之间关系, 具有十分重要的意义。目前, AH-B-Y 理论和多点结合(MPA)理论都被用来解释蔗糖衍生物等甜味分子的甜味机理。

**关键词:** 蔗糖衍生物; 结构; 甜度; 卤素; 取代基; AH-B-Y 理论; 多点结合理论

**Abstract:** Sucrose possessed eight hydroxyl positions suitable for derivation of three primary and five secondary hydroxyl groups. These eight hydroxyl groups were responsible for the sweetness of sucrose. Strong enhancement of sweetness of sucrose has been achieved by replacing specific hydroxyl groups, namely those at C-4, C-1', C-4' and C-6', in the glucosyl and the fructoside units of sucrose, but not at the 6-OH group, with highly lipophilic chlorine atoms. The high sweetness intensity of sucrose derivatives was very stereospecific. Thus it was important to research on the relationship between structure and sweetness of sucrose derivatives. Today, the sweetness mechanism of sucrose derivatives was essentially explained by the AH-B-Y theory and the multipoint attachment theory.

**Key words:** sucrose derivatives; structure; sweetness; halogens; substituent; AH-B-Y theory; the multipoint attachment theory

中图分类号: O629.11

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2003)05-0029-05

蔗糖具有极佳的甜味特性, 可以通过有选择性的卤代而大幅度提高其甜度。蔗糖拥有八个适于衍生化的功能位置, 包括三个第一类羟基和五个第二类羟基。目前已发现的蔗糖衍生物, 多达四个羟基被卤素所取代, 这种转化使其甜味最高增加上百倍。高甜度蔗糖衍生物的结构具有很强立体专一性, 由于很多这类化合物通常是无味的, 因此对蔗糖衍生物的结构和甜度之间关系进行研究, 具有重要意义<sup>[1]</sup>。

目前, 普遍接受的甜味理论是 Shallenberger 和 Kier 的 AH-B-Y 理论<sup>[2,3]</sup>。1967 年, Shallenberger & Acree 指出, 甜味分子中 AH/B 系统与甜味受体蛋白上合适的 AH/B 系统进行氢键结合, 生成双氢复合结构, 从而导致甜味刺激, 质子受体 B 和质子供体 A 的距离约为 3.0 Å。1972 年, Kier 对 AH/B 理论进行了扩展, 在甜味分子的结构里引入疏水基团 Y, 如果疏水基团 Y 与 AH/B 维持一个合适距离 (Y 与 A、B 距离分别约为 3.5 Å 和 5.5 Å, A 与 B 距离约为 2.6 Å), 将大大增强甜味, 从而提出了著名的 AH, B, X 甜味三角理论。因此, AH, B, X 甜味三角理论可以用来解释蔗糖衍生物结构与甜度的关系。

## 1 蔗糖衍生物结构与甜度关系的研究

蔗糖的甜味与其分子上的羟基密切相关, 被氯原子取代后的蔗糖衍生物甜度大大增强。Wiet & Miller 报道<sup>[4]</sup>, 蔗糖的氯代衍生物仅仅是增强了蔗糖的固有感官甜味品质, 蔗糖氯代衍生物甜度-时间特性与蔗糖十分相似。对蔗糖进行其它化学修饰, 如甲基化、乙基化、丙基化、丁基化或苯甲基化, 通常生成苦味衍生物<sup>[5]</sup>。根据氯取代位置的不同以及甜味分子亲水/亲油的平衡关系, 蔗糖衍生物具有强力甜味、甜味、甜苦味甚至苦味等不同风味品质。

半乳糖基蔗糖衍生物都具有很强甜味, 半乳糖基-蔗糖这一概念由 Hough et al 首次提出, 通常卤素取代后, 蔗糖衍生物 C-4 的构象发生翻转, 从而使蔗糖分子上的吡喃葡萄糖苷环转化为吡喃半乳糖苷环, 因此称为半乳糖基蔗糖。使用高度亲油性卤素原子, 取代蔗糖葡萄糖基和果糖基上特殊位置的羟基, 这些特殊位置包括 C-4、C-1'、C-4' 和 C-6', 可以使蔗糖甜味明显增强, 这些位置与甜味分子亲水基团位置对立。蔗糖可能具有两个不同生甜团, 分别为 2-

收稿日期: 2002-11-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(29906003)

作者简介: 郑建仙(1966-)男, 教授, 主要从事功能性食品及食品添加剂的研究。

OH(AH)/3-O(B)和3'-OH(AH)/2-O(B), 蔗糖衍生物分子特殊位置上的卤素取代基即为疏水基团 $\gamma$ , 见图1。

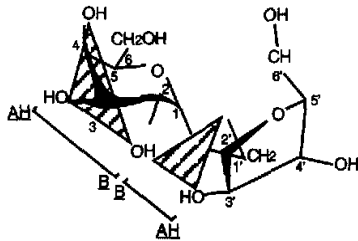


图1 蔗糖的AH-B体系<sup>[6]</sup>

4, 6, 1', 6'-四氯半乳糖基蔗糖是第一个被观察到的甜味明显超过母体分子的碳水化合物衍生物, 其甜度为蔗糖的200倍, 通过三步处理法用磺酰氯对蔗糖进行选择的氯化所得, 见图2。在-30℃的低温下, 在噻啉中用磺酰氯对蔗糖处理, 得到4, 6, 6'-三氯-衍生物。然后在-5℃下使用1, 3, 5-三甲基苯磺酰氯处理6d, 选择性在C-1'上发生取代, 最后于140℃下, 在二甲基甲酰胺中用氯化锂处理18h后转化为氯, 即生成4, 6, 1', 6'-四氯半乳糖基蔗糖。

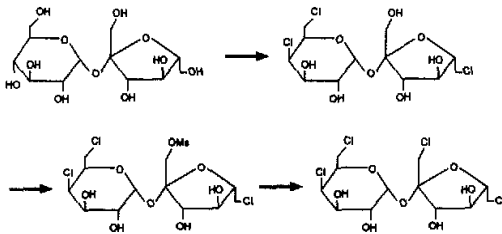


图2 4, 6, 1', 6'-四氯半乳糖基蔗糖

随后, 许多卤化蔗糖衍生物被合成成功<sup>[7]</sup>。1'-氯蔗糖的甜度是蔗糖的20倍, 在二甲基甲酰胺中, 用二甲氧基二苯硅烷处理, 蔗糖C-1'和C-2位首先被阻碍, 得到1', 2-二苯基甲硅基蔗糖衍生物, 产量约为20%左右。将剩余的6个羟基乙酰化后, 用沸水乙酸把甲硅基断裂除去。在噻啉中用三苯甲基氯化物可对剩下的第一类羟基进行三苯甲基化作用, 并且使剩余的第二类羟基乙酰化, 得到1'-三苯甲基-蔗糖-7-醋酸盐。在冰醋酸中用溴化氢进行脱三苯甲基作用, 然后在噻啉中用磺酰氯氯化, 再在二甲基甲酰胺中用氯化锂处理, 最后, 在甲醇中用甲醇钠脱脂化得到1'-氯蔗糖。

4-氯半乳糖基蔗糖的甜度是蔗糖的5倍。在室温条件下, 在噻啉中用三苯甲基氯化物对蔗糖进行部分三苯甲基化, 得到一种包含6-三苯甲基蔗糖的混合

物, 可以通过硅胶柱色谱分离, 但产量很低。将6-三苯甲基蔗糖乙酰化后, 用沸水乙酸分离三苯甲基, 使乙酰基从C-4位迁移至C-6。在噻啉中用磺酰氯氯化, 然后脱脂, 得到目标产物4-氯半乳糖基蔗糖。

6'-氯蔗糖的甜度是蔗糖的20倍。室温下在噻啉中用三苯甲基氯有选择地在蔗糖的6'-位三苯甲基化, 然后用乙酸酐对其乙酰化, 在冰醋酸中用溴化氢进行脱三苯甲基作用。在噻啉中用磺酰氯氯化得到蔗糖7-醋酸盐, 在甲醇中用甲醇钠除去醋酸盐基团, 得到6'-氯-蔗糖。

1', 6'-二氯蔗糖的甜度是蔗糖的80倍。在-5℃下, 用1, 3, 5-三甲基苯磺酰氯对蔗糖有选择的磺酰化, 保持6d, 主要产物是6, 1', 6'-三磺酰盐, 通过硅胶柱色谱分离得到期望的1', 6'-二磺酰盐, 将1', 6'-二磺酰盐乙酰化, 然后在二甲基甲酰胺中140℃条件下, 用氯化锂处理18h得到1', 6'-二氯化物, 脱乙酰基后, 得到1', 6'-二氯蔗糖。

4, 1'-二氯半乳糖基蔗糖的甜度是蔗糖的120倍。首先用三苯甲基保护蔗糖的三个第一类羟基和用醋酸盐保护第二类羟基, 然后用沸水乙酸对蔗糖三苯甲基衍生物进行脱三苯甲基作用, 除去第一类保护基团并使C-4上的醋酸盐基团迁移至C-6, 制得4, 1'和6'-位未被保护的蔗糖5-醋酸盐。在噻啉中用苯甲酰氯对蔗糖5-醋酸盐有选择的苯甲酰化, 得到6'-安息香酸盐, 用磺酰氯和氯化锂氯化, 并脱去保护基团, 得到4, 1'-二氯半乳糖基蔗糖, 见图3。

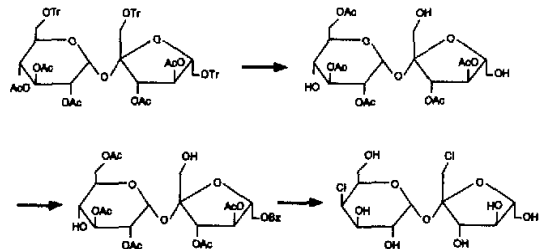


图3 4, 1'-二氯半乳糖基蔗糖

4, 1', 4', 6'-四氯半乳糖基蔗糖衍生物的甜度是蔗糖的2200倍。在噻啉中用叔丁基-二苯基-甲硅烷氯处理, 4, 1', 6'-三-氯-化合物在C-6被阻碍, 然后用二乙基偶氮羧酸酯和三苯膦处理后形成3', 4'-环氧化物。90℃下在二甲基甲酰胺中, 用氯化锂处理5h使环氧化物断裂开环, 得到产量为60%的4'-氯代蔗糖衍生物。经过脱脂作用后, 得到4, 1', 4', 6'-四氯半乳糖基蔗糖。

这些蔗糖衍生物的化学制备涉及许多步骤,通常为15~20多个反应,这不可避免导致产物得率比较低,因此以上提到的蔗糖衍生物的制备多数只存在理论上的可能。但是通过进一步研究蔗糖衍生物的味觉品质,可以得出甜味分子结构与甜度之间的关系。通过大量研究表明<sup>[6]</sup>,蔗糖C-4、C-1'、C-4'、C-6'上任何位置被卤素取代,所得蔗糖卤代衍生物甜度都比蔗糖强,而C-6上的取代则可能导致甜味降低甚至产生苦味。

## 2 取代基对蔗糖衍生物甜度的影响

Lindley et al 报道<sup>[9]</sup>,蔗糖C-6和C-6'甲基化对甜味分子的甜度影响很小甚至没有影响,而C-4甲基化蔗糖甜度明显减少,所以蔗糖分子C-4上的羟基对甜味非常重要。而且,对甲基 $\alpha$ -吡喃葡萄糖苷和 $\alpha$ 、 $\alpha$ -海藻糖的甲基化进行研究,结果发现甲基-吡喃葡萄糖苷的单个基团甲基化并不会明显的改变母体化合物的甜味,但分子上引入两个甲基后甜味消失甚至出现苦味,可能是由于甜味分子亲脂性提高所造成的。相同的情况在海藻糖衍生物中也有发现,在每个六吡喃糖苷环上引入单个甲基,甜味几乎不发生变化,而每个糖苷环上发生两个甲基化后,甜味转变为苦味。

### 2.1 不同卤素取代基对甜度的影响

卤素取代基大小及其电负性大小,对蔗糖衍生物甜度具有明显影响。4,1',6'-三溴蔗糖衍生物的甜度是蔗糖的800倍,而4,1',4',6'-四溴蔗糖衍生物的甜度为蔗糖的7500倍,显然溴取代基的尺寸能使甜味分子更好地结合到味蕾受体上。电负性较强的氟取代基和尺寸较大的碘取代基都不能如此大幅度的增强甜味,如4,1',6'-三氟蔗糖衍生物的甜度大约是蔗糖的40倍,而4,1',6'-三碘蔗糖衍生物大约比蔗糖甜120倍,而相应的氯代蔗糖衍生物和溴代蔗糖衍生物的甜度分别为蔗糖的600倍和800倍,说明溴代蔗糖衍生物和氯代蔗糖衍生物具有最合适的分子大小和电负性。

为进一步说明取代基大小及其电负性对甜味分子甜度的影响,对卤素混合取代的蔗糖衍生物甜度进行研究。4-氟-1',4',6'-三溴蔗糖衍生物的甜度是蔗糖的1000倍,而4,1',4',6'-四氯蔗糖衍生物比蔗糖甜2200倍。这表明C-4取代基的大小对甜度影响较大,C-4上取代基由氯原子变为氟原子,随着原子大小的减小,甜度减少50%。表1给出了各种蔗糖卤代衍生物的相对甜度。

表1 蔗糖卤代衍生物的相对甜度<sup>[10]</sup>

	取代原子及取代位置					甜度
	4	6	1'	4'	6'	
蔗糖	—	—	Cl	—	—	20
	—	Cl	—	—	—	苦味
	—	—	—	—	Cl	20
	—	—	Cl	Cl	—	30
	—	—	Cl	—	Cl	76
	—	Cl	—	—	Cl	无味
	—	—	Cl	Cl	Cl	100
	Cl	Cl	Cl	—	Cl	100
半乳糖蔗糖	Cl	—	—	—	—	5
	Cl	—	Cl	—	—	120
	Cl	—	—	Cl	Cl	160
	Cl	—	Cl	Cl	—	220
	Cl	—	Cl	—	Cl	650
	Cl	Cl	Cl	—	Cl	200
	Cl	—	Br	Br	Br	30
	F	—	Cl	Cl	Cl	200
	Cl	—	Cl	F	Cl	1000
	Cl	—	Cl	Cl	Cl	2000
	Cl	—	Cl	Br	Cl	3000
	Cl	—	Cl	I	Cl	7000
	Br	—	Br	Br	Br	7500

### 2.2 不同位置取代基对甜度的影响

增加C-4'取代基的大小对甜味的增强有积极作用,取代原子半径越大,甜度越强。4'-碘-4,1',6'-三氯蔗糖衍生物比蔗糖甜3500倍,而4,1',4',6'-四溴蔗糖衍生物的甜度是蔗糖的2200倍,C-4'取代基从氯原子到溴原子,随着原子半径增加,甜味大约增加50%。

4,1',6'-三氯-4,1',6'-脱氧半乳糖即三氯蔗糖,其甜度是蔗糖的650倍,三氯蔗糖分子在果糖基单元上的4'-OH以质子供体的形式与蛋白受体侧链N-端第四个氨基酸残基形成分子间氢键,两者的结合面积将影响甜味分子对受体蛋白的吸引力<sup>[11,12]</sup>。但是4'-脱氧三氯蔗糖(150倍)和4'-O-甲基三氯蔗糖(300倍)的甜度比三氯蔗糖低,这是因为4'-OH的脱氧作用,将阻止该分子间氢键的形成,降低甜度,并且O-甲基也将消除氢键形成,但保持了O-CH<sub>3</sub>和受体侧链N-端第四个氨基酸残基形成的色散键,因此与三氯蔗糖相比,4'-O-甲基三氯蔗糖只是甜度发生适度降低。

4'-氯-4'-脱氧-1,4,6-三氯-1,4,6-三脱氧- $\alpha$ -D-吡喃半乳糖苷- $\beta$ -D-呋喃果聚糖是蔗糖(5%)甜度的

2200 倍, 4'-氯-4'-脱氧-1, 4, 6-三氯-1, 4, 6-三脱氧- $\alpha$ -D-吡喃半乳糖苷- $\beta$ -D-呋喃塔格糖的甜味是蔗糖(5%)的 205 倍。两者分子结构不同之处主要在于 C-4' 上卤素取代基构象(见图 4), 而甜度存在 10 倍差别, 表明 C-4' 上卤素取代基及其立体化学结构对甜味影响起重要作用。随着卤素取代基疏水能力的增加, 4'-氯-4'-脱氧- $\alpha$ -D-吡喃半乳糖苷-1, 6-二氯-4'-卤代-1, 4, 6-三脱氧- $\beta$ -D-呋喃果聚糖的 C-4' 卤代成分甜度递增顺序为:  $F > Cl > Br > I$ , 因此 C-4' 取代基对研究 4'-脱氧-4'-卤代蔗糖衍生物结构和甜味之间关系相当重要。

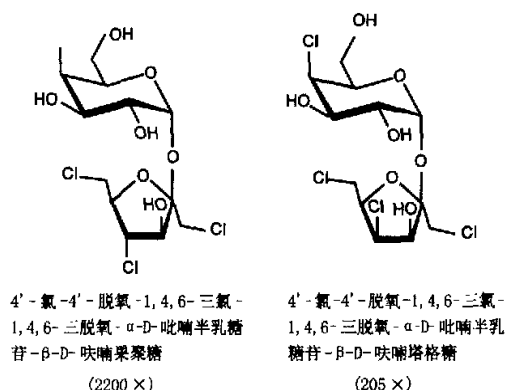


图 4 C-4' 上卤素取代基构象对蔗糖衍生物甜度的影响<sup>[13]</sup>

C-6 位取代基对甜度的影响, 主要依赖取代基的大小, 而不是依赖参与氢键形成的氧原子的存在或缺失。因此, 6'-脱氧-4, 1', 6'-三氯半乳糖基蔗糖的甜度是蔗糖的 400 倍, 6-O-甲基蔗糖衍生物的甜度是蔗糖的 500 倍, 而 6'-氯-6'-脱氧-4, 1', 6'-三氯半乳糖基蔗糖的甜度是蔗糖的 200 倍, 6-O-异丙基蔗糖衍生物没有甜味, 可能是由于异丙基阻碍了甜味分子与味蕾上甜味受体的结合。

C-2 上氯代对甜味具有很显著的影响, 例如 2, 6, 1', 6'-四氯甘露蔗糖非常苦, 苦味几乎与奎宁差不多。用甲烷磺酰氯和二甲基甲酰胺先在 -20℃ 下对蔗糖处理 2h, 再在 70℃ 下处理 10h, 可有选择性的在 C-6 和 C-6' 上氯化, 产率在 50% 左右。在二甲基甲酰胺中, 20℃ 下, 用 2, 2-二甲氧基丙烷和对甲基苯磺酸对其进行缩醛化作用, 处理 4h; 然后在噻啉中用醋酸酐使其乙酰化, 除去环乙缩醛, 生成 C-1' 和 C-2 位未被保护的蔗糖衍生物。用磺酰氯和氯化锂将其氯化, 脱脂后生成苦味的 2, 6, 1', 6'-四氯甘露蔗糖。

### 3 蔗糖衍生物结构与甜度的理论

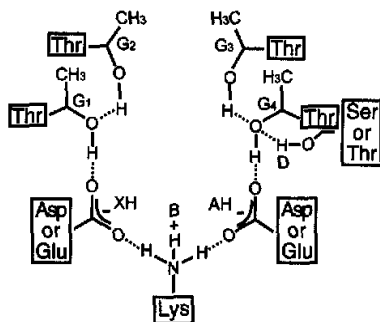


图 5 R 状态下甜味受体的结构

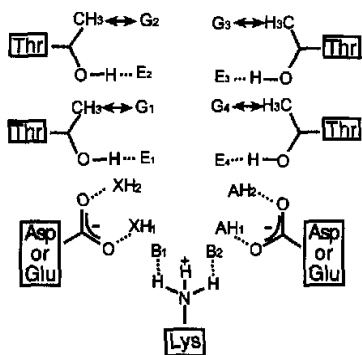


图 6 甜味受体与甜味分子作用后的活化状态(以蔗糖为例)

迄今为止<sup>[14]</sup>, AH-B-Y 甜味三角理论最适合用来解释蔗糖衍生物等甜味分子的甜味机理, 认为甜味分子与受体蛋白, 分别通过两个氢键和一个疏水键进行相互作用, 产生甜味刺激, 也称为三点结合理论(the three-point attachment theory)。现在, 又有人提出了甜味分子的多点结合理论(the multipoint attachment theory, MPA)<sup>[15]</sup>, 用来解释蔗糖衍生物的甜味机理。

MPA 认为, 人体甜味受体最少包含八个基本的识别部位, 即 B(Lys)-、AH(Asp 或 Glu)-、XH(Asp 或 Glu)-、G<sub>1</sub>(Thr)-、G<sub>2</sub>(Thr)-、G<sub>3</sub>(Thr)-、G<sub>4</sub>(Thr)-和 D(Ser 或 Thr)-, 受体的某些识别部位之间通过离子键和氢键作用而处于收缩构象(the contracted conformation), 该状态称为 R 状态(the resting state)。八个识别部位和甜味分子对应的八个部位结合作用, 即 B、AH-、XH、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、G<sub>4</sub> 和 D, 见图 5 和图 6<sup>[15]</sup>。但不同甜味分子的结合部位可以少于八个, 除了部位 D, 其他部位由两个亚作用部位组成, 这些部位(B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、AH<sub>1</sub>、AH<sub>2</sub>、XH<sub>1</sub>、XH<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、E<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、E<sub>3</sub>、G<sub>4</sub>、E<sub>4</sub>、D)通过离子键、氢键和空间立体作用等三种作用方式与受体蛋白结

合。B(B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>)是阴离子(CO<sub>2</sub>)或氢键受体原子(Cl、Br、O); AH<sub>1</sub>、AH<sub>2</sub>、XH<sub>1</sub>、XH<sub>2</sub>是氢键供体基团(NH'、NH、OH); E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>、E<sub>3</sub>、E<sub>4</sub>是氢键受体原子(N、O、Cl、Br); G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、G<sub>4</sub>是空间立体作用部位(CH<sub>3</sub>、CH<sub>2</sub>、CH、卤素); D是氢键受体基团(CN)。

根据这个理论, D-蔗糖属于B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、AH<sub>1</sub>、AH<sub>2</sub>、XH<sub>1</sub>、XH<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、E<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、E<sub>3</sub>、G<sub>4</sub>、E<sub>4</sub>类甜味剂。而蔗糖的三氯或四氯衍生物, 如4, 1', 6'-三氯蔗糖(650×)和4, 1', 4', 6'-四溴半乳糖基蔗糖(7500×), 则属于B、AH<sub>1</sub>、AH<sub>2</sub>、XH<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、E<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、E<sub>3</sub>、G<sub>4</sub>、E<sub>4</sub>类甜味剂, 正是由于甜味分子与受体在B(C-4)部位作用增强, 且G<sub>1</sub>、G<sub>4</sub>(C-6'、C-1')或G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>4</sub>(C-6'、C-4'、C-1')的空间构象更适合受体蛋白, 因此这两种蔗糖衍生物甜度比蔗糖强。

#### 参考文献:

- [1] 郑建仙. 功能性食品甜味剂. 北京: 中国轻工业出版社, 1997.
- [2] Hutteau F, Mathlouthi M. Physicochemical properties of sweeteners in artificial saliva and determination of a hydrophobicity scale for some sweeteners[J]. Food Chemistry, 1998, 63(2): 199-206.
- [3] Lopez Chavez A, Birch G G. The hydrostatic and hydrodynamic volumes of polyols and their sweet taste[J]. Chemistry Senses, 1997, 22: 149-161.
- [4] Wiet S G, Miller G A. Does chemical modification of tastants merely enhance their intrinsic taste qualities?[J]. Food Chemistry, 1997, 58(4): 305-311.
- [5] Mathlouthi M, Maciejewski C, Serghat S et al. Structural studies on sweet taste inhibitors: methyl-4, 6-dichloro-4, 6-dideoxygalacto-pyranoside[J]. J Mol Struct, 1993(b), 291: 173-183.
- [6] M Mathlouthi, F Hutteau. R Sweet-bitter interactions and the solution properties of chlorinated sugars[J]. Food Chemistry, 1999, 64: 77-82.
- [7] L Hough, R Khan. The relationship between sweetness and the molecular structure of sucrose and its derivatives[J]. Reims lecture, 1991, 9: 2-6.
- [8] Shallenberger R S. Sweetness theory and its application in the food industry[J]. Food Technology, 1998, 52: 72-76.
- [9] Lindley M G, Birch G G. J Sci Food Agric, 1975, 26: 117.
- [10] Van der Heijden. Structure of sweeteners: an overview. Sweet taste chemoreception, eds M. Mathlouthi, J. A. Kanter and G. G. Birch, Elsevier Applied Science, London, 1993, 103-127.
- [11] Christophe Meyer, Serge Perez, Catherine Herve du Penhoat et al. Conformational analysis of 4, 1', 6'-trichloro-4, 1', 6'-trideoxy-galacto-sucrose (sucralose) by a combined molecular-modeling and NMR spectroscopy approach[J]. J Am Chem Soc, 1993, 115: 10300-10310.
- [12] Tetsuo Suami, Leslie Hough, Masamichi Tsuboi et al. Molecular mechanisms of sweet taste. V. sucralose and its derivatives[J]. J Carbohydrate Chemistry, 1994, 13(8): 1079-1092.
- [13] C Kuan Lee, H Chuan Kang, Anthony Linden. Synthesis, structure and sweetness of 4-chloro-4-deoxy- $\alpha$ -D-galactopyranosyl 1, 4, 6-trichloro-1, 4, 6-trideoxy- $\beta$ -D-tagatofuranoside[J]. J Carbohydrate Chemistry, 1999, 18(2): 241-253.
- [14] S C Eggers, T E Acree, R S Shallenberger. Sweetness chemoreception theory and sweetness transduction[J]. Food Chemistry, 2000, 68: 45-49.
- [15] Claude Nofre, Jean-Marie Tinti. Sweetness reception in man: the multipoint attachment theory[J]. Food Chemistry, 1996, 56(3): 263-274.

## 苹果多酚抑菌作用的研究

戚向阳<sup>1</sup>, 陈福生<sup>1</sup>, 陈维军<sup>2</sup>, 黄红霞<sup>1</sup>

(1. 华中农业大学食科系, 武汉 430070)

(2. 中化宁波进出口公司, 宁波 315000)

**摘 要:** 利用牛津杯法研究了苹果多酚提取物的抑菌作用及 pH 值、温度、无机盐等因素对苹果多酚提取物抑菌活性的影响。结果表明: 苹果多酚提取物对细菌的抑制作用较强, 其对芽孢杆菌、大肠杆菌、假单胞菌等供试菌

收稿日期: 2002-09-22

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目(2000J114)

作者简介: 戚向阳(1969), 女, 副教授, 硕士, 主要研究方向为植物化学及食品添加剂的研究。