应用化学 5(6), 1—10 (1988)
Chinese Journal of Applied Chemistry

综 述

鲜味剂和咸味剂的结构化学兼论与其它味道间的相互作用和转化

曾 广 植

（中国科学院上海有机化学研究所）

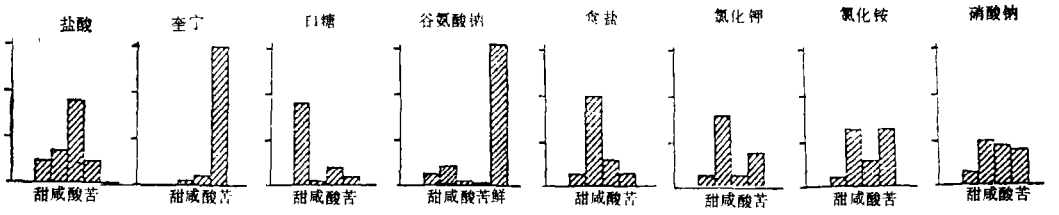
摘 要 味觉是动物为适应其内在新陈代谢的需求而形成的对外界食物信息感的天性之一．鲜咸甜感为食诱信息；苦涩辣感为拒食信息；酸感因时、地、主、客情况不同而属前者或后者．基本呈味分子的结构特征是：首先它们应有极性始能为与其极性相对应的味受体所吸引，这一化学现象，可用Lewis酸A、碱B表示．酸者为可离解之酸性物HA；苦者多属可极化性及共价键性均强之碱性物B；咸者乃强离子性中性盐A^+-B^-．估计酸受体正负极间距离最短；咸受体B'^--A'^+间约相距 4.84—6.56Å．甜者多属带共价键性之两性物 A-B或AH-B，相距约2.8—5.4Å．估计苦受体系高焓脂质洞穴，故苦者无正负极距要求，仅需有较强可极化性．这些生味基结构可与一疏水部分C结合，C多为增强味感的助味组份．鲜者则可认为系咸甜两种结构要素相结合所产生的另一种味结构$A^+B^-(C_{1-9})$AH-B．本文介绍咸味及鲜味分子的结构化学．

关键词 酸 苦 咸 甜 鲜 结构化学

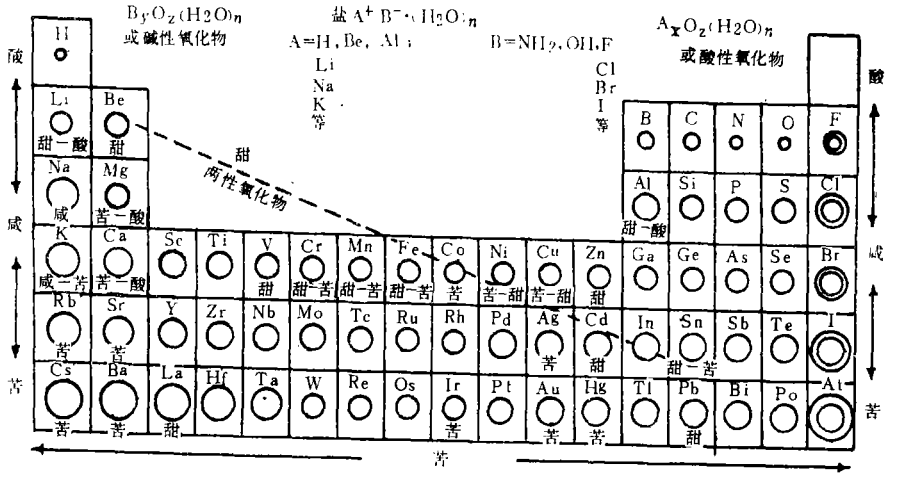
导 论

鲜咸甜酸涩苦辣是人们通常都可分辨的食物味道．目前科学界仅接受酸咸甜苦为基本味感，其他通称为一般化学感．但这一分界线似无必要，因有迹象表明嗅、味亦如视、听均属波动信息[1]，其相互转化有连续性，系渐变而非突变，仅其感受器官和渠道传导有所不同．故不同味道物质既可以化学法合成，也能用物理法混合．味相同而结构不同的分子可产生彼此增强的协合作用；味相异者则可相互干扰而变淡或无味；尚有特定的增味剂、抑制剂、变味剂．鲜咸甜对食物均有增味作用．对动物而言，是其择食本能：鲜表明营养食物；甜意味供热养料；咸象征必需矿物质．这些成份均称食诱信息素．涩暗示不能消化吸收；苦为有毒警告；辣系伤害警报．这些成份称拒食信息素．酸的作用随主、客、时、地而异：在人体内酸碱平衡失调时，嗜酸是需要酸调节，属食诱素；未成熟的植物果实既酸且涩是为了保存其繁殖功能，故属拒食素．为了适应环境，人和其他动物均有可能改变食癖．但其因素极为复杂，不拟议论．

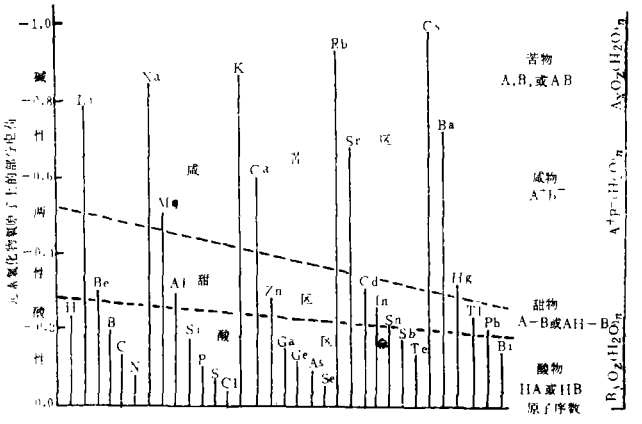
鲜、咸分子结构与其他呈味分子结构的关系 鲜咸分子均为强离子性盐，咸的是低分子量简单盐，鲜的属多官能多元盐．鲜味盐需与其味受体多点接触，其立体专一性要求随其结构的复杂性而提高，酸咸甜苦分子仅要求其电荷分布能与其受体相吻合，故简单的盐能竞争性



a：标准呈味物的百分味成份（直轴：估计平均值%，横轴：味质量）[2]



b：按空间效应概念排列味道变化趋向[6]



c：按极性效应概念排列的味道变化趋向[7]

图 1　有代表性的呈味物的味成份和一般无机物随其组成元素的原子直径及其水合氧化物氧原子上部分电荷分数而表现出来的味道变化趋向

地分布至各种基础味受体〔见图1（a）〕[2]。水合高的轻盐味较淡；水合低的重盐味较苦。作者曾按Eisenman的离子选择吸附公式推定。盐的正负离子半径宽度及其静电引力大小应对味受体的选择性吸附有决定性影响[3]。受体板块中极性基半径R_A很小时，盐的吸附取决于静电引力，即$H^+>Li^+>Na^+>K^+>Rb^+>Cs^+$。因正离子$A(H_2O)_n^+ \rightleftharpoons HOA(H_2O)_{n-1}+H^+$，此即酸受体选择吸附次序。当$R_A$很大时，盐的吸附取决于离子的水合高低，此处是$Cs^+>Rb^+>K^+>Na^+>Li^+>H^+$，即苦受体选择吸附的情况。当$R_A$大小居中则可有各种居中

表 1　有代表性的无机酸、无机盐和氨基酸盐的味道成份[3-5]

(a) 直径 Å (Pμ) B-	3.62 (2.98) Cl^-	3.90 (4.24) Br^-	4.34 (9.54) I^-	2.44 (3.70) NO_3^-
直径 Å (Pμ) A^+	宽度 Å μ A^+B^- (味)			
H^+	2.56 1.03 HCl (酸)	2.86 0.79 HBr (酸)	3.24 0.38 HI (酸)	2.16 HNO_3 (酸)
1.22 (0.03) Li^+	4.84 4.67 LiCl (咸0.44)	5.12 5.11 LiBr (咸0.79)	5.56 5.51 LiI (咸0.57)	3.66 $LiNO_3$ (咸0.23)
1.92 (0.25) Na^+	5.54 8.71 NaCl(咸1.00)	5.82 8.84 NaBr(咸0.91)	6.26 9.33 NaI (咸0.77)	4.36 $NaNO_3$(咸0.17)
2.66 (1.00) K^+	6.28 0.09 KCl (咸1.36)	6.56 10.46 KBr (咸1.16)	7.00 11.26 KI (咸0.54)	5.10 KNO_3 (咸0.14)
2.88 (1.65) NH_4^+	6.28 NH_4Cl (咸2.83)	6.78 NH_4Br(咸1.83)	7.22 NH_4I (咸2.44)	5.32 NH_4NO_3(咸1.03)
2.96 (1.80) Rb^+	6.58 10.07 RbCl (苦)	6.86 10.59) RBbr (苦)	7.30 10.75 RbI (苦)	5.40 $RbNO_3$ (苦)
3.38 (2.40) Cs^+	7.00 0.39 CsCl (苦)	7.28 10.49 CsBr (苦)	7.72 11.29 CSI (苦)	5.82 $CsNO_3$ (苦)

(b) 无机盐	浓度 (*M*)	分子宽Å	咸%	甜%	酸%	苦%	其他%
氯化锂	0.012 0.108	4.84 μ = 4.67D	40 55	25 18	25 15	0 2	10 0
氯化钠	0.012 0.108	5.54 μ = 8.71D	35 95	13 15	20 15	30 5	2 0
溴化钾	0.012 0.108	6.58 μ = 10.46D	20 48	15 15	15 5	45 32	5 0
碘化铷	0.012 0.108	7.30 μ = 10.75D	30 25	2 2	18 15	48 58	2 0
碘化铯	0.012 0.108	7.72 μ = 11.29D	12 10	12 10	16 10	48 78	12 2

(c) 有机盐	浓度 (*M*)	鲜%	咸%	甜%	酸%	苦%	其他%
(1) 谷氨酸	0.002 0.014	6.6 25.1	0.2 2.2	5.0 0.5	72.2 64.2	15.0 5.0	1.0 2.7
(2) 丙氨酸	0.056 0.561	6.2 17.1	2.0 0.6	83.4 68.3	1.0 6.8	7.4 5.2	0.0 2.0
(3) 赖氨酸·HCl	0.022 0.164	7.2 7.4	3.4 2.6	31.0 32.3	8.4 5.3	48.2 47.4	1.8 5.0
(4) 脯氨酸	0.217 1.216	6.0 0.6	2.2 0.4	44.0 52.4	2.0 0.8	43.8 45.4	1.4 0.4
(5) 色氨酸	0.015 0.034	1.2 0.4	0.6 0.2	1.4 1.4	4.28 6.82	87.6 97.8	3.6 0.2

* (a) 中咸味以NaCl为标准1.00；各表极化率Pμ以$10^{24}cm^2$为单位；偶极矩μ以D (Debye) 为单位.

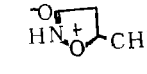
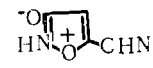
的前后排列次序，将随物种而异，此即甜咸味受体选择结合的次序。对人而言，以咸味为主的盐分子宽度介于 4.84Å(LiCl)—6.56Å(KBr) 之间，其偶极矩$\mu \leqslant 10D$；以苦为主者介于 6.58Å(RbCl)—7.72Å(CsI) 之间；$\mu > 10D$；甜盐宽度居 2.8—5.4Å 间，以两性化合物为主，诸如 $BeCl_2$，$AlCl_3$，$Pb(OAc)_2$ 等。这一理论还可从表 1 (a)[3]、(b)[4,5]和图 1 (b)[6]和 (c)[7]所示的味道变化趋向加以检验。表 1 仅列出有代表性的无机物；图 1

(b) 和 (c) 将元素的水合盐$A^+B^-\cdot(H_2O)_n$和水合氧化物$A_xO_z(H_2O)_n$或$B_yO_z(H_2O)_n$分别按其原子半径和氧原子上部分电荷数顺其原子序排列。从中不难看出这些简单化合物的味道确实随其分子宽度和电荷大小作周期性变化。

氨基酸味道成分与无机盐很相似，唯多出一种鲜味（见表1(c)和图2），其味强度次序是 Asp>Val>Arg>Glu>Phe>Gly>Ile>Leu[11]，但都五味俱全。按其主要味道特征可分为五类：（1）酸性者鲜酸；（2）两性亲水者甜；（3）碱性者苦微甜；（4）两性稍疏水者甜苦；（5）疏水亲脂者很苦。（1）类酸自相结合或与（2）类酸结合形成二肽仍酸，其单钠盐鲜；（2）类自相结合味淡（如 Gly-Gly），羧端与（3）类结合成二肽可淡（如Gly-Arg）或甜酸（如 Gly-Lys·HCl），换在氨端有鲜味（Lys-Gly·HCl），而其鲜味强度似与原（2）类酸的甜味强度成正比，即 Gly>β-Ala>γ-Abu[9]。（1）或（2）类与（4）类结合的二肽均稍苦，但Pro-Gly 甜。（1）类与（3）类结合成二肽均淡，这由于酸碱恰相中和，但其盐酸盐可有酸鲜味。（1）类与（4）或（5）类结合为二肽均酸苦。（3）（4）（5）类形成的二肽均苦（见图2）。非蛋白氨基酸β-丙氨酸（β-Ala）和γ-丁氨酸（γ-Abu）属（2）类；2，3-二氨基丙酸（$A_2Pr^3\cdot HCl$）、2，4-二氨基丁酸（$A_2bu\cdot HCl$）、鸟氨酸（Orn·HCl）属（3）类。还值得注意的是图2最后一栏示出（3）类酸与甜味葡糖苷结合也能产生鲜味[10]。众所周知，5′-核苷酸鲜味剂也正是磷酸盐与核糖形成的糖苷，因此不妨研讨其他咸甜结构相结合的情况。

葡萄糖酸钠可作无盐酱油；*L*-型苹果酸盐的咸味达食盐1/3，能供肾病、糖尿病患者食用，但 *D*-型的不咸；琥珀酸有鲜味，用琥珀酸盐腌肉可与味精相比较。事实上二元酸盐，特别是铵盐从丙二酸至癸二酸均可充食盐代用品。多磷酸盐用之于火腿、鸡肉、干酪的增味加工。唯多元酸的长度不宜超过一相当于C_9脂链。门冬氨酸和谷氨酸钠盐为典型鲜味剂，它的羧端可接（2）类甜氨基酸形成一系列鲜味肽；另一端则可由其它咸味基代替，诸如磺酸

表 2　谷氨酸钠盐型鲜味剂结构与味道的相互关系[13]

功能团上的化学修饰	味道	骨架上的类似化合物	味道
$HO_2C(CH_2)_2CHNH_2CO_2H$	酸鲜	(1) L-$Na^+O^-{}_2CCH_2CH_2CHNH_3{}^+CO^-{}_2$	鲜1.00
$HO_2C(CH_2)_2CHNH_2CO_2Me$	淡	(2) D-Na^+O_2C-$CH_2CH_2CHNH_3{}^+CO^-{}_2$	淡0.00
$MeO_2C(CH_2)_2CHNH_2CO_2H$	甜	(3) L-$Na^+O^-{}_3SCH_2CH_2CHNH_3{}^+CO_2^-$	鲜0.10
$MeO_2C(CH_2)_2CHNHCO_2Me$	苦	(4) L-$Na^+O_2^-CCH_2CH_2CMeNH^+{}_3CO_2^-$	淡0.00
$HO_2C(CH_2)_2CHNH_2CONH_2$	淡	(5) L-3-R-$Na^+O^-{}_2CCH_2CHOH$	鲜0.86
$H_2NCO(CH_2)_2CHNH_2CO_2H$	甜鲜苦	(6) L-3-S-$Na^+O^-{}_2CCH_2CHOHCHNH_3{}^+CO_2^-$	淡0.00
$H_2NCO(CH_2)_2CHNH_2CONH_2$	苦	(7) L-4-R-$Na^+O_2^-CCHMeCH_2CHNH_3{}^+CO_2^-$	淡0.00
$HO_2C(CH_2)_2CHNHACCO_2H$	酸	(8) L-4-S-$Na^+{}^-O_2CCHMeCH_2CHNH_3{}^+CO_2^-$	淡0.00
$HO_2C(CH_2)_2CHNHAcCO_2Me$	酸	(9) L-Na^+O-$CCH_2CHNH_3{}^+CO_2^-$	鲜0.08
$MeO_2C(CH_2)_2CHNHAcCO_2H$	酸	(10) DL-$Na^+O^-{}_3S(CH_2)_2CHNH_3{}^+CO_2^-$	鲜0.77
$MeO_2C(CH_2)_2CHNHAcCO_2Me$	淡	(11) L-$Na^+O^-{}_2C(CH_2)_3CHNH_3{}^+CO_2^-$	鲜0.10
$HO_2C(CH_2)_2CHNH_2CONH$—⟨⟩—CN	甜30倍	(12) L— 	鲜5-30
$HO_2C(CH_2)_2CHNHCOCF_3CONH$ —⟨⟩—CN	甜3千倍	(13) L— 	鲜5-30

趋向	C—端 / N—端	类别（1）	亲水←（2）———						←——（3）———			（4）———		（5）———→疏水					糖 亲水
		Ctμ M/ml	30	40	30	15	1200				85	25	21	29	12	11	6	5	5	10—100
		——酸——	——酸—甜——						——甜—碱—苦——				—甜—苦—→		——苦——			很苦→		甜
		Asp	Glu	Ser	Thr	Gly	Ala	β-Ala	γ-Abu	A_2Pr^3	A_2bu	Orn	Lys	Arg	Val	Pro	Leu	Ile	Phe	Tyr	TrP	2,3-O_2-AA_2-glc-OMe
酸	Asp	鲜酸	鲜酸			酸	酸	酸				酸3		酸2	酸	酸	酸1		苦	酸苦	苦	苦	0.1甜酸
	Glu	鲜酸	鲜酸	鲜	鲜	酸	酸	酸				鲜3		鲜3	酸	酸	酸2			酸			
	Ser																			鲜9			
	Thr																			涩2			0.7甜苦
甜	Gly	酸	酸			微甜咸						酸甜5.5	5.5	100	75	45	21		20	16	17	13	2.1甜
	Ala												咸	苦	70		20			13	13	苦	0.3甜
	β-Ala											甜酸4.8	4.7										
鲜	γ-Abu											甜酸2.9	1.6										
	A_2Pr^3					鲜2.4	鲜6	酸甜5.5															
	A_2bu					鲜2.4	鲜2	酸咸1.6															
	Orn	无味	无味			鲜1.6	鲜1	鲜1.4								1.2							0.2鲜
咸	Lys	无味	无味			鲜1.2	鲜6.3	鲜								3.0				9.0			0.5鲜
	Arg					苦8.0								8.0		0.8				2.3			
	Val			65		苦	70								20		10			3.0	3.0		0.4甜
	Pro					微甜								3.0		4.5	6.0	6.0	20				1.5甜
苦	Leu	酸3	酸2	20		20	20								6.0	4.0	4.5	4.0	3.5	1.2	0.4		0.08苦
	Ile	43	43	33	33	21	21					23			9.0	4.0	5.5	5.5	1.5	苦	0.9		0.02甜苦
	Phe					17	6.0								6.0	2.0	1.4	1.5	1.2	0.8			0.05苦
很苦	Tyr					3.0	3.0								苦	苦	4.0		0.8	2.3			0.04苦
	Trp	苦	28			苦															0.3	苦	疏水

图 2 氨基酸、二肽和氨基酸的糖苷二酯的主要味道变化的趋向[8-10]

注：1. 标准阈值 Ct（μM/ml）；葡糖甜90；谷氨酸钠鲜1.6；食盐咸3.1；奎宁苦0.008，阈值愈小味道愈强，阈值愈大，味道愈弱。

2. 符号：A_2 = diamino, AA_2 = diamino acyl, glc = glucosyl, Pr = propionic acid, bu = butyric acid，氨基酸用惯用代符。

盐、L-S-半胱磺酸盐或胺基的盐酸（见表2 图3）。故谷胱甘三肽能增进各种肉类的味道。森林匙羹藤酸（gymnemic acid）为甜味抑制剂也能抑制谷氨酸钠的鲜味，使之转变为食盐一般的咸味[12]。故作者认为鲜结构的通式应为：盐基 A^+B^-（C_{1-8}）AH-B甜基。

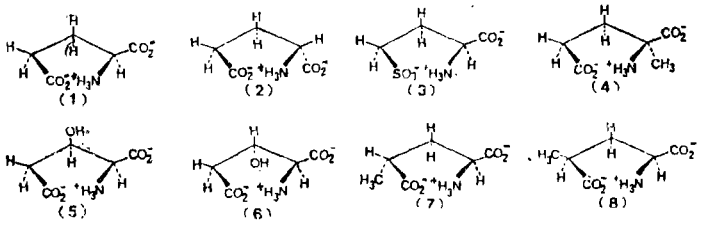


图 3　谷氨酸及其类似物呈现鲜味的空间取向的要求

图中编号见表 2

谷氨酸钠盐味道的结构化学　谷氨酸钠盐的味道分布百分比不同于谷氨酸：鲜上升至71.4%，酸下降至3.4%，咸上升至13.5%，甜上升至9.8%，苦下降至1.7%。其主要结构应为：$Na^{+-}O_2C(CH_2)_2CHNH_3^+CO_2^-$，符合于上述通式。水溶液中pH＝7.0，$[\alpha]_D^{20°}+25°$，在约100℃仍颇稳定；在碱性液中易消旋变淡味 *D*-型；在过酸水液中则脱水环化成酸味的吡咯烷酮羧酸；在发酵食物中也易被消旋酶、氨交换酶、脱氢酶、脱羧酶、谷氨酰胺酶等破坏。酯化或酰胺化其侧链羧基相当于一（2）类α-氨基酸，有甜味；酯化或酰胺化其α-羧基相当于一（2）类γ-氨基酸，味淡。两个羧基都保护相当于一疏水胺，故苦。若氨基也全保护则因溶解度太小而尝不出味道。若将α-羧基用对-氰基或硝基苯胺酰胺化，其甜度可15—30倍于蔗糖；若再将其α-氨基以三氟乙酸酰化，则其甜度可增至三千倍[15]。相应门冬氨酸二肽每每更甜。由于谷氨酸钠盐类型鲜味分子的空间取向专一性强，图 3 和表 2 特意示出其立体化学要求，但其头尾间长度可增至相当于— C_8 链。它的亲水性二肽三肽都具鲜味（参见图 2）。门冬酰肽甜味剂亦以二和三肽为最甜，例如 $HO_2C(CH_2)_{0-2}CHNHXCONHCHRCOY$（Y＝OR′或NHR′）型合成甜剂甜度可高达$10^5$倍[6]。苦味多肽则无此长度限制*[3]。

核苷酸二钠盐味道的结构化学　新鲜生肉含三磷酸腺苷（ATP），很快分解成一磷酸腺苷（AMP）（1），继之逐渐降解为很鲜的肌苷酸（IMP）（2），最终析出磷酸转为苦味的肌苷和次黄质。肌苷酸二钠和谷氨酸钠虽有相同的鲜味和几相等的阈值（分别为 0.025% 和 0.03%），但各自作用在人舌受体器的不同部位。同型鲜味剂同时品尝，它们在其受体上的结合有竞争性；不同型的同时品尝将产生协同作用，即其鲜味并非简单加和，而是成倍增长，由于谷氨酸的受体位置多，肌苷酸的少，故增加谷氨酸浓度则鲜味遽增；而增加肌苷酸则变化不大。若以重量浓度（g/100ml）的谷氨酸钠为1.0作比较基准，二者混合后增加的鲜味倍数Y可由下列公式表达[16]：

$$Y=[MSG]+1.218[MSG][IMP] \text{ 或 } Y=[MSG]+2.80[MSG][GMP]^{**}$$

碱基上官能团的化学修饰[17,18]　从表 3（a）所列鲜味强度可知嘌呤核苷酸的鲜味次序是鸟苷酸（3）＞肌苷酸（2）＞黄苷酸（4）＞腺苷酸（1）。嘧啶核苷酸鲜味可忽略不计，但嘌呤环并非不可简化，例如用 4-甲氨酰-5-氨基咪唑（5）或嘧啶环（6）（7）取代还能有些鲜味，嘌呤环 2 位上被X取代后的鲜次序是$SCH_2Ar>SCH_2R>OR>Ar>NR_2\geqslant R>H$；其 6 位上被Y取代后的鲜味次序是 $SH>OH>H>NH_2$；其 1 位N上为Me取代亦无好

* 分子量超过六千的多肽一般不苦。但现已发现有几种甜蛋白和一鲜味八肽Lys Gly-Asp-Glu-Glu-Ser-Leu-Ala.

**例如1gIMP＋10gMSG＝55gMSG，1gGMP＋10gMSG＝209gMSG.

处。取代基的极化率增强则有明显增味作用。即S>O>N；芳基>烯基>烷基。脂链尾端具偶极醚或酯基增强鲜味十余倍。即离嘌呤环四、五个原子处受体上有一亲氧的亲电中心，但其总链长不能超过 2-S-CH_2CH=$CHph$，仍以 C_8为度。Mizuta等经过回归分析获得下列二个结构与增鲜的相互关系式：

$$\lg C_s/C_x = 0.716\sigma_m + 0.427S_{2a} + 0.435b,\ n=48,\ \gamma=0.943,\ s=0.079 \quad (1)$$

$$\lg C_s/C_x = 0.049\pi + 0.565\sigma_m + 0.425S_{2a} + 0.3748,\ \gamma=0.951,\ s=0.074 \quad (2)$$

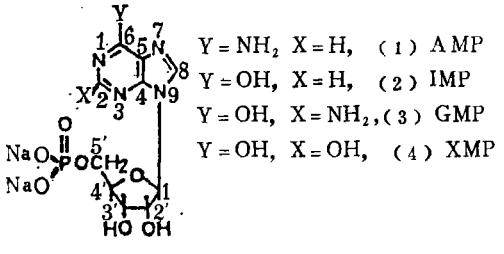
其中C_s/C_x是2a位取代的C_s与IMP本身的C_x与MSG（谷氨酸钠）混合的增鲜之浓度比。σ_m是Hammett间位取代基常数，S_{2a}是嘌呤2a位的超离域率，π为其疏水参数。因此静电引力和色散力是主要增鲜因素，而疏水力则是次要的。前二者可归纳为亲脂力。亲脂疏水也是其他味道助味基的结合驱动力。之所以用σ_m比σ_p好是因为助味基与定味基之间无共轭关系。作者发现甜味剂的结构-味道相互关系中也是如此[6]。

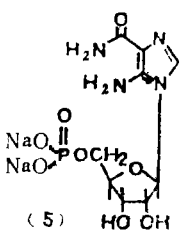
核糖上官能团的化学修饰　从表3（b）可知 2′-脱氧-5′-GMP（8）和 2′-脱氧-5′-IMP（9）的鲜味大减；2′,3′-O-异亚丙-IMP（10）和-GMP（11）仅微鲜；肌苷酸和乌苷酸的2′(3′)，5′-二磷酸盐（12）和（13）也仅微鲜而已；全脱氧的9-(4′-羟丁基)-6-羟嘌呤-4′单磷酸盐（14）则完全丧失鲜味。

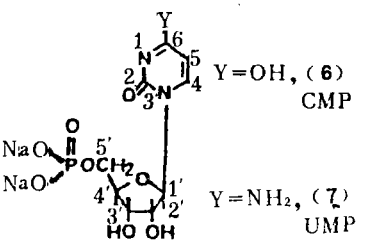
表 3　核苷酸二钠盐型鲜味剂结构与味道的相互关系[16,17]　（以5′IMP强度=1.0的相对鲜味）

5′-IMP 1.0	5′-GMP 2.3	5′-XMP 0.61	5′-AMP 0.18	6-deoxy-5′-GMP 0.62
6-Cl-5′-IMP 2.0	2-Me-5′-IMP 2.3	2-Et-5′-IMP 2.3	2-OMe-5′-IMP 4.2	2-OEt-5′-IMP 4.9
2-OPr-5′-IMP 2.0	2-OPr-5′-IMP 4.5	2-OA11-5′-IMP 6.5	2-NHMe-5′-GMP 2.3	2-NMe_2-5′-GMP 2.4
2-Cl-5′-IMP 3.1	2-Ph-5′-IMP 3.6	N′-Me-5′-IMP 0.74	N′-Me-5′-GMP 1.3	N′-Me-2-SMe-5′-IMP 8.4
6-SH-5′-IMP 3.4	2-Me-6-SH-5′-IMP 8.0	2-SMe-6-SH-5′-IMP 7.9	2-SMe-5′-IMP 8.0	2-SEt-5′-IMP 7.5
2-SPr-5′-IMP 8.5	2-SBu^i-5′-IMP 7.0	2-SAm^i-5′-IMP 5.4	2-S-CH_2-3-Hep-5-IMP 1.3	2-SCH_2CH=CH_2-5′-IMP 9.2
2-SCH_2CH=$CHMe$-5′-IMP 9.4	2-SCH_2CH=CMe-5′-IMP 10.9	2-$SCH_2C(Me)$=CH-5′-IMP 8.9	2-SCH_2Ph-5′-IMP 7.2	2-S-AllPh-5′-IMP 6.1
2-$S(CH_2)_2OEt$-5′-IMP 13	2-$S(CH_2)_2CO_2$-Et-5′-IMP 12	2-SCH_2-(呋喃)-5′-IMP 8.0	2-SCC_2-(呋喃)-5′-IMP 17	等等

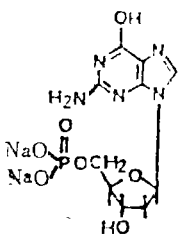
（a）碱基上官能团的化学修饰



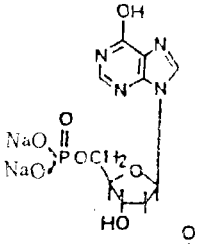

(5)



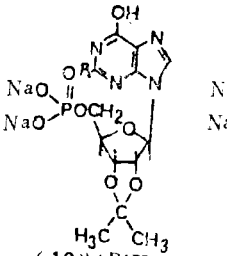
(b) 核糖上官能团的化学修饰



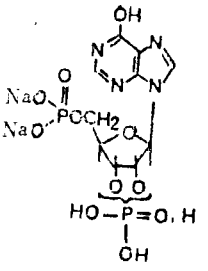
(8) 微鲜



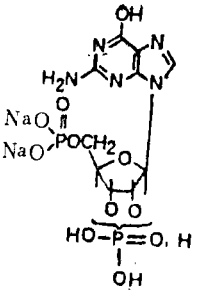
(9) 微鲜



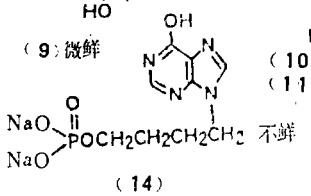
(10) (R:H)
(11) (R:NH_2) 微鲜



(12) 微鲜

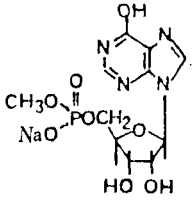


(13) 微鲜

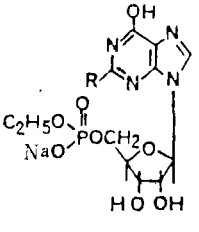


(14) 不鲜

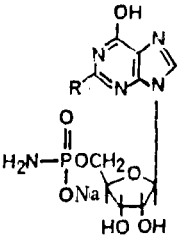
(c) 磷酸的化学修饰



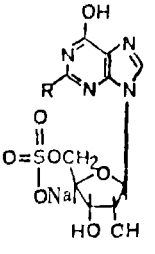
(15)



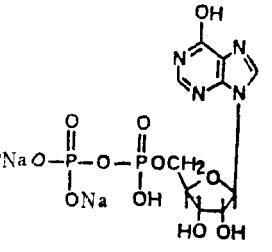
(16) (R:H)
(17) (R:NH_2)



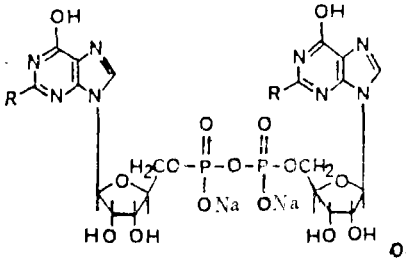
(18) (R:H)
(19) (R:NH_2)



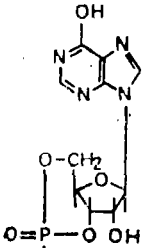
(20) (R:H)
(21) (R:NH_2)



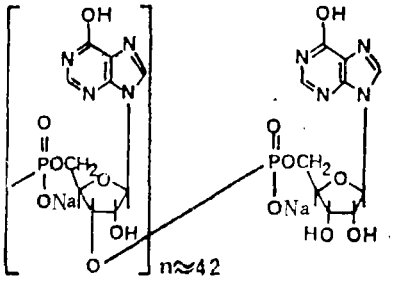
(22)



(23) (R:H)
(24) (R:NH_2)

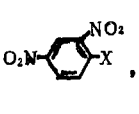
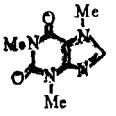
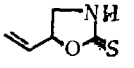


(25)



(26)

磷酸上官能团的化学修饰　从表 3 (c) 可知 IMP 和 GMP 的甲酯 (15)、乙酯(16)(17) 和酰胺 (18) (19)、肌苷硫酸 IMS 和乌苷硫酸GMS (20) 和 (21) 全无鲜味。IDP (22) 呈味盐基距助味的嘌呤结构还不超过九个原子的链长，故仍保留鲜味，但双肌苷和双乌苷-5′-焦磷酸盐 (23) 和 (24)，3′，5′-环IMP盐 (25) 和高聚肌苷磷酸盐 (26) 则没有鲜味。

值得注意的是GMS和IMS并非对所有的人都苦，医学上称这少数人为味盲症患者。其他类型结构有 PhNHCNHR′，，（咖啡因），（青菜萝

卜苦素）等，但尝不出GMS和IMS苦味的人却不一定尝不出后一些苦剂的苦味，反之亦然。可见人舌上的苦味受体不可能限于一种。而5′-核苷酸（1）至（7）均能竞争性地抑制GMS和IMS的苦味。

鲜味剂对其他调味剂的影响　鲜味剂常称为增味剂，因为人们相信它不单有鲜味，而且它能活化他种美味受体的感受。这种复杂的心理现象，很难加以科学分析。从表4（a）可知鲜味剂确有抑制酸味苦味的功效，特别是在超阈值浓度情况之下。鲜味的氨基酸Asp、Glu，二肽Glu-Glu均可用作苦味抑制剂；有人从鱼蛋白水解物分离出一酸性低聚肽组份A，其抑苦功效更高（见表4（b））。表中苦级为5分制；级别0.0为不苦[19]。将一般难以利用的蛋白质如羽毛、叶蛋白、细菌蛋白等加以改性是开辟新食品来源的途径，待改进的方面

表4　（a）在有/无鲜味剂存在下对四种基本呈味物的阈值比较

基准水溶液	蔗　糖	氯化钠	酒石酸	喹宁盐
谷氨酸钠盐 0.094g/100ml MSG	0.086	0.0037	0.0019	0.000049
肌苷酸钠盐 0.26g/100ml IMP	0.086	0.0037	0.03	0.0004
对照水溶液	0.086	0.0037	0.00094	0.000049

（b）苦味抑制剂的实验数据

苦味剂	$MgCl_2$	Ile	Gly-Leu	绿原酸	咖啡因	苯基荒酰胺	番水鳖碱
浓　度	2%	1%	0.2%	0.06%	0.06%	0.006%	3×10^{-6}%
苦　级	3.7	3.7	3.7	3.7	3.5	3.0	2.8
加G后苦级	0.7	0.1	0.1	0.7	0.5	0.5	0.8
加A后苦级	0.2	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	0.3

注：G是等体积0.1%Glu-Glu鲜剂；A是加等体积0.5%酸性低肽组份水解物。

不外是将其部分水解，增补营养成分，以提高消化利用率；改进其气味和口味，使之适合于人的胃口；改进功能特性，增强溶解度，调节质地粗细或胶状粘度等，便利操作使用。赖氨酸是植物蛋白所缺少的，添加二肽赖氨酸鲜剂和咸剂将不单能提高其营养价值，还将增强适口性，尤其是水解蛋白常因其内部疏水残基的暴露而变苦，添加一些亲水性氨基酸（特别是酸性氨基酸），然后用酶促法使之重新聚合，这不单能增强其水溶性，还能脱去苦味怪味。这种半人工合成产品叫塑蛋白[20]。这些都是值得研究开发的课题。

参考文献

〔1〕曾广植，自然杂志 7，87（1984）

〔2〕Frank, M.E.in *Taste, Olfaction and the CNS*, Frank, M.E. & Paff, W.D., Eds., Rockeffeller Univ.Press, New York, p.107(1985)

〔3〕曾广植，化学教育，No.3，1（1682）

〔4〕Murphy, C., Cardello, A.V., Brand, J.G., *Physiology & Behavior*, 26, 1083(1981)

〔5〕Johnson, A.H., Peterson, M.P., *Encyclopedia of Food Technology*, AVI. Westport, p.26（1974）

〔6〕 Tseng, K.C., He.H.Z., *J.Chem.Educ.*, 64, 1003(1987)
〔7〕 Sanderson, R.T., *Polar Covalence*, Academic, New York, p.201(1983)
〔8〕 Belitz, H.-D.et al. in *Food Taste Chemistry*, Boudreau, J.G., Ed., ACS Symp.Ser. 115, Washington, D.C., p.103(1979)
〔9〕 Tada, M., Shinoda, I., Okai, H., *J.Agric.Food Chem*, 32 992(1984)
〔10〕 Tamura, M. et al. in *Peptide Chemistty*, Izumiya, N.Ed., Protein Res.Foundation, Osaka, p.329(1985)
〔11〕 Stone, H. in *Olfaction & Taste*, I, Hayashi, T., Ed., New York (1967)
〔12〕 Kurihara, K., *Life Sciences*, 8, pt.1, 537(1969); Adv. Biophys., 10, 27(1978)
〔13〕 Arai, s. et al. *Agric.Biol.Chem.*, 37, 151(1973)
〔14〕 Kaneko, T., *Symposium on Taste and Smell*, 4, 19, Kumamoto, Japan(1970)
〔15〕 Kawai, M. et al., *J.Med.Chem.*, 25, 397(1682)
〔16〕 Yamaguchi, Y. et al., *J.Food Sci.*, 32, 473(1967); 36, 846(1971)
〔17〕 Imai, K. et al., *Chem.Pharm.Bull.*, 19, 576(1971)
〔18〕 Kuninaka, A.in *Food Research*, Teranishi, R. et al., Dekker, New York, p305(1981)
〔16〕 Shiba, T., 化学総说(日), No. 14, 129(1976)
〔20〕 Yamashita, M. et al., *J.Agric Food Chem.*, 24, 1100(1976)

(收稿：1988年3月21日，修改稿：1988年5月20日)

STRUCTURAL CHEMISTRY OF UMAMI AND SALTY TASTANTS IN ADDITION TO A DISCUSSION ON THEIR INTERRELATION AND TRANSFORMATION TO OTHER TASTANTS

Zeng Guangzhi (Tseng Kuang-chih)
(*Shanghai Institute of Organic Chemistry, Academia Sinica*)

Gustation is an animal sense of feeling the urge of internal metabolism in response to its environmental food messages. It is one of the instincts formed through the selective process in nature for survival struggles. Umami, saltiness and sweetness are signal of food attractant while bitterness, astringency and pungency are those of food repellent.Sourness can be either one contingent upon the time and place of the subject and/or the object. Feature structures of basic tastants are as follows: First of all they must be polarized such that they can be attracted by the corresponding receptors of opposite polarity. As these interactions are a chemical phenomenon, Lewis' generalized idea of acid A and base B may be employed to epitomize the structure high lights of different tastant molecules.Sour molecules are acidic ionizable compounds represented as HA and bitter molecules are basic ones often of a covalent nature readily polarizable, assigned here as B. Salty molecules are neutral salts $A^+ B^-$ of high ionic character and the sweet tastants are amphoteric compounds with covalent character A－B or AH-B. These formulae stand for the essential sapophoric groups with whicha hydrophobic part C may be attached and may serves as an auxosapophoric moiety. Umami molecules may be regarded as a structural combination of the latter two essences A^+B^--(C_{1-9})AH-B to form an entirely new tastant. The structrual chemistry of salty and umami molecules are then especially introduced in this paper.

Key words: Sourness Bitterness Saltiness Sweetness Umami Structure-chemistry