

功能食品苦味功能因子生理活性及其掩苦技术的研究进展

任建敏, 吴四维

(重庆工商大学环境与生物工程学院, 重庆 400067)

摘要:随着经济发展和生活水平的提高,人们对生活质量和健康的关注度提高,功能食品已成为食品工业 21 世纪发展的重要方向。本文介绍了功能食品常用的苦味功能因子的化学结构及生理活性,重点从苦味产生的机理概述了功能食品苦味的掩盖技术。

关键词:功能食品,苦味因子,生理活性,掩苦

Research progress in bioactivities of the bitter compounds in functional foods and their bitter taste masking technology

REN Jian-min, WU Si-wei

(Environment and Biological School, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: With the economic development and improvement of living standards, life quality and health level has highly attracted attentions. The functional foods are the important trend of food industry in the 21 Century. According to a large number of research results, some bitter compounds that are commonly used in functional foods, chemical structure and their bioactivities were expounded. The mechanism of bitter formation were also discussed, the bitter taste masking technology in the functional foods were mainly reviewed.

Key words: functional foods; bitter compounds; bioactivities; taste masking

中图分类号: TS201

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)03-0396-05

功能食品是添加或含有一定量的药食同源植物和粮食作物的功能因子,以能够刺激和活化处于诱病态人体潜在的生理调节机能,促进人体向健康态转变的食品。它们不仅具有一般食品的色、香、味、口感等感觉特性和营养特性,而且可调节人体机能,特别是降低疾病风险和促进康复,如平衡和调节生理节律、保健祛病、增强体质等功能特性,以适于特定人群食用^[1-3]。随着社会经济发展和生活水平提高,不合理膳食结构等原因造成的心脑血管疾病、糖尿病、骨质疏松等慢性病困扰人类健康。同时,生活节奏加快,工作压力加大,亚健康人群增多,以及近年来少年儿童成人病增加、人口老龄化与环境污染等日益严重的社会问题,也对人类健康构成了严重威胁^[4-5]。因此,具有调节人体健康、预防疾病和促进康复的功能食品,已受到人们的普遍关注。在功能食品中,口味影响消费者的顺应性,是食品功能设计时需考虑的重要因素。功能食品所使用的功能因子相当一部分如生物碱类、萜类与短肽等,生理活性高,但多有强烈的苦味,这些成分在食用时常使消费者引起呕吐等反应,如何在掩盖苦味的同时不破坏

功能成分,是棘手的难题^[6]。虽然目前的脱苦技术比较齐全,但是真正实用的方法很少。如何高效脱苦,进而让特定人群,特别是味觉更敏感的少儿所接受,越来越受到食品、医药界人士的关注。

1 功能食品中常用的苦味功能因子及化学结构

存在于功能食品中的苦味功能因子,主要包括生物碱、萜类、糖苷类、多酚和苦味肽类,另外还有某些氨基酸、一些含氮有机物及某些无机盐类等^[7-10]。功能食品中常用苦味功能因子化学结构式如图 1^[8-9]。

2 功能食品中常用苦味功能因子生理活性

2.1 生物碱类

生物碱是来源于生物界(主要以植物为主)中的一类含氮的碱性有机化合物,具有较复杂的环状结构,N 元素多包含在环内,如吡啶、四氢吡咯、喹啉、异喹啉或嘌呤等衍生物,多具有显著的生理活性^[9],如可可碱和咖啡因是嘌呤衍生物,存在于咖啡、茶叶、巧克力中,有提神醒脑、兴奋中枢神经系统、增强肌肉收缩、促进代谢和加快疲劳消除等机能。同时,在结构上有多个含孤对电子的 N 元素,能与重金属离子产生强的螯合作用,以防止人体对 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 As^{3+} 等的吸收或累积而产生不良后果。奎宁是喹啉

收稿日期:2012-07-23

作者简介:任建敏(1964-),男,博士,教授,研究方向:功能材料及天然药物化学。

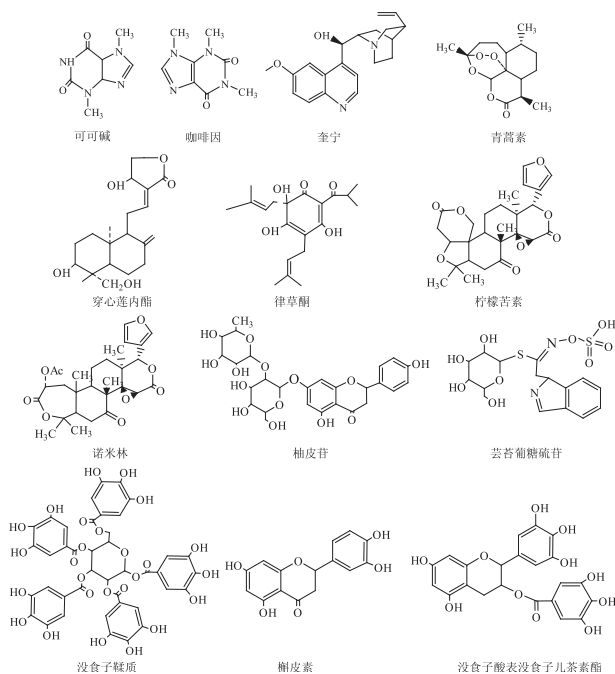


图1 功能食品常用苦味活性因子化学结构式

Fig.1 Chemical structure of some bitter compounds that are commonly used in functional foods

的衍生物,存在于金鸡纳树的茎与根皮和苦瓜中,具有退烧、抗疟疾、止痛、抗炎、抗毒素等功效,它能抑制过度兴奋的体温中枢,排毒养颜,使皮肤变得细嫩健美。存在于食物中的生物碱,可作为人体生命活动的氮源,本身的碱性与代谢产物能有效抵消酸性物,调节人体酸碱平衡,消除致病隐患。同时生物碱还具有抗氧化、清除自由基、抗癌等作用。已知的生物碱大约2000种,根据生物碱分子中基本母核将其分为59类,结构不同,生理活性与作用机理迥异。生物碱几乎全部具有苦味,碱性越强越苦,成盐后仍苦^[7]。

2.2 萜类

萜类化合物是指存在自然界、分子式为异戊二烯单位倍数的烃类及其含氧衍生物。它们种类繁多,一般因含有内酯、内缩醛、内氢键、糖苷基等环状结构而具有苦味。它们许多有强的生理活性,如青蒿素是从黄花蒿中提取的有过氧基团的倍半萜内酯,是治疗疟疾的特效药物,有抗白血病和免疫调节功能;穿心莲内酯是植物穿心莲分离出的二萜内酯,味极苦,具有祛热解毒,消炎止痛之功效,对细菌性与病毒性上呼吸道感染及痢疾有特殊疗效;律草酮是存在于啤酒花中的三萜醇酮,有抗菌、抗肿瘤、抗氧化、镇痛等作用^[9];柠檬苦素类化合物是存在于柑橘类中具有呋喃环的三萜类化合物,常见的有柠檬苦素、诺米林,它们能够改善脑和末梢神经血液供给,强心利尿,调节代谢,降低胆固醇,亦可防止体内脂质过氧化,抑制由化学物质引起的肝癌、小肠癌和胃癌等^[11]。萜类化合物不同的生理活性,取决于复杂的结构与活性基团,其显著的抗癌活性,主要作用机制是抑制细胞增殖、诱导细胞凋亡等。

2.3 糖苷类

糖苷是单糖或寡糖的半缩醛羟基与另一配基分子的羟基、氨基、脂基或硫羟基等失水而产生的化合物。糖苷类苦味物质主要有配基为黄酮类的系列化合物,包括黄烷酮、黄酮、异黄酮、黄烷醇等,存在于柑橘、茶、大豆、红酒等物质中,它们各自发挥其特定的作用。如柚皮苷、新橙皮苷等,具有抗炎、抗病毒、抗癌、镇痛、降血压活性,能降血胆固醇,改善局部微循环和营养供给,可用于防治心脑血管疾病等^[12-13]。其它苦味糖苷有配基为硫羟基的糖硫苷如芸苔糖硫苷(存在于十字花科蔬菜中)与配基为羟基与脂基的没食子鞣质等,它们都有不同的生理活性。除此,糖苷在生命活动中所起的作用,如免疫、分子识别和信息传递等方面的作用,也逐步被人们所认识。

2.4 多酚类

多酚类化合物是指分子结构中有若干个酚羟基化合物的总称,包括黄酮类、鞣质类、酚酸类以及花色苷类等,存在于一些常见的植物性食物中,如可可豆,茶,大豆,红酒,蔬菜和水果中。分子量低的酚大多呈苦味,分子量较高的酚多呈涩味^[14],具有抗菌、抗氧化、清除体内自由基、健脑明目、提高免疫与延缓衰老等功效^[3,15-16]。多酚类苦味物质中最常见的为茶多酚与槲皮素。茶多酚是以黄烷醇为主,能与金属离子螯合降低溶解度,并通过与蛋白质的结合,抑制细胞和病毒生长,可对多种致癌物起抑制作用。此外,还能提高肌体的抗氧化能力,缓解和延缓动脉粥样硬化和高血压,有保护心脑血管正常功能的作用。

槲皮素是黄烷酮多酚化合物,又称槲皮黄素,具有祛痰、止咳、平喘作用。此外还有降低血压、增强毛细血管抵抗力、减少毛细血管脆性、降血脂、扩张冠状动脉、增加冠脉血流量等效用。另外,多酚对食品也有良好的天然抗菌、抗氧化保鲜功能,添加进食品中,能够延长食品储存期,防止色素褪色,提高纤维素的稳定性,有效保护食品中各种营养成分。

2.5 苦味肽类

苦味肽是由蛋白质的水解产生的低聚肽,这类物质结构介于氨基酸和蛋白质之间,由20种天然氨基酸以不同组成和排列方式构成,低聚肽的苦味与组成氨基酸的总疏水性有关^[17]。某些低聚肽不仅能提供人体生长、发育所需的营养物质,同时还具有多种生理功能,如激素作用、免疫调节、抗血栓、抗高血压、降胆固醇、抑菌、抗病毒、抗癌等作用^[18]。

2.6 无机盐类

无机盐类如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 是食品的组分之一,也是与人体生理功能密切相关的元素,离子半径较大的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 盐都具有苦味。 Ca^{2+} 对构筑人体骨骼极其重要,能对抗骨质疏松症,强身健体。人体的神经官能、应激反应和肌肉收缩都离不开 Ca^{2+} ,食物中 Ca^{2+} 能减少肥胖发生和冠心病的发病危险。

Mg^{2+} 是人体细胞内第二重要的阳离子,是很多酶的辅因子,与肌肉收缩、神经传导等有重要关系。目前常用的镁盐有硫酸镁、氯化镁等,用于治疗低镁血症。硫酸镁还用于导泻、利胆、治疗惊厥、妊娠高

血压综合征等。

3 味道的产生及掩苦技术

在功能食品设计时,通常在预设食品功能的条件下,选择2~3种功能因子,评估功能活性因子的安全性、添加量与提取方法,确定食品配料与产品剂型。

味道是人体味觉细胞对进入口腔中食物的综合反应^[19],食物中各种易消化组分与添加的功能因子相互作用,并与舌不同味觉受体结合,产生酸、甜、苦、咸、鲜五种不同味道,五味协同作用形成不同食品风味^[20]。各组分的化学结构、分子量、溶解度和浓度等,是影响不同味觉受体对五味感受强度的重要因素。苦味是苦味物质作用于舌根部的苦味受体T₂Rs基因产生,苦味分子通常呈疏水性,苦味受体T₂Rs呈结合囊状,对苦味分子亲和力强,敏感度高^[21]。根据苦味减弱与消除目的不同,采用不同的掩苦技术:

3.1 加入调味剂

添加甜味剂,增加对甜味的感应,混淆大脑味觉,能在一定程度上掩盖苦味。但传统糖类甜味剂的摄入,会引起人体血糖浓度高,加重糖尿病患者的负担,且糖类较高的热量,让人们的食用有所顾及。因此,非糖类、低热量甜味剂的开发已引起人们的重视。近年来,从热带雨林植物中提取出的甜味蛋白,如奇甜蛋白^[22]、莫内甜蛋白^[23]等,它们不仅具备传统甜味剂的特点,并且有无毒、安全、甜度高、热量低、不引起龋齿以及可供糖尿病人食用等优点。

盐多有提高甜味、抑制苦味的作用^[24]。小分子钠盐可抑制许多苦味化合物的苦味,传统的咸味剂NaCl,低浓度可以抑制苦味,不同阴离子的钠盐抑制苦味程度差异大^[25]。锌盐也能抑制苦味,如使用25mmol/L ZnSO₄能抑制0.04~0.4mmol/L 盐酸奎宁50%~70%的苦味,但锌盐味涩且降低甜味^[26]。镁盐能抑制盐酸奎宁的苦味,对食品中的酸、甜、咸、鲜味影响较小。

酸也能抑制苦味,低浓度的酒石酸能抑制硫酸奎宁的苦味^[27],柠檬酸与咖啡因的苦味可相互抑制。酚酸类如天然提取的对羟基肉桂酸衍生物,如阿魏酸、绿原酸与其它肉桂酸奎尼酸酯、2,4-二羟基苯甲酸、芥子酸与二羟基苯丙氨酸多巴等,能抑制咖啡因、奎宁、苯甲酸钠等的苦味^[28,29-31]。某些氨基酸,如γ-氨基丁酸在低于100ppm的浓度下,对咖啡咽、奎宁、儿茶酚和含K⁺等苦味有好的抑制作用^[32-34],天冬酰胺酸还可降低高效增甜剂的后苦味现象^[35]。二氧化碳遇水溶液呈酸性,能麻痹味蕾而起矫味作用。

某些调味剂如冷冻薄荷脑,可麻木味蕾或让苦味分子快速通过味蕾的识别,提高苦味感受阈值,达到掩盖苦味的作用。

单纯的苦味会让人感到不适应,但当它和甜、酸、咸味调配得当时,在掩盖苦味的同时,还能起着丰富和改进食品风味等特殊作用^[7]。

3.2 使用苦味抑制剂

苦味抑制剂主要是通过苦味物质竞争性地争

夺苦味受体,从而阻止苦味受体对苦味物质的感受,实现掩盖或减弱苦味的目的。

在自然界中,能与苦味受体结合的物质很多,如脂蛋白、环糊精与果聚糖、磷酸盐、酚类等,可掩盖苦味受体膜表面或与之反应,调控苦味受体通道,阻止苦味分子与受体作用,减弱或掩盖苦味,而不影响其它味觉受体对酸、甜、咸与氨基酸鲜味的响应^[36-37]。环糊精也可与苦味分子形成包合物,避免苦味分子与味蕾接触^[38-39]。磷脂类如磷脂酸、磷脂酰肌醇、大豆卵磷脂等也可选择性抑制苦味^[40],大豆卵磷脂能明显抑制多粘菌素B硫酸盐和磺胺甲恶唑等苦味^[41]。脱脂蛋黄能降低绿茶提取物的苦涩味^[42],部分磷酸盐、硫代磷酸盐和磷酸氢盐对苦味也有好的抑制效果^[43]。植物中提取的黄烷酮衍生物如圣草酚与高圣草素在浓度100ppm,能减弱咖啡因、奎宁和地那铵苯甲酸盐苦味而无其它异味^[44],一些无味的黄酮类化合物(如新地奥明)也是良好的掩苦剂^[45]。3β-羟基洋橄榄内酯与3β-羟基二氢广木香内酯可重组苦味受体,三甲基环戊基丁酸能抑制苦味受体,有效降低对糖精和磺胺的苦味感受^[46]。

除此,一些无味、与苦味分子结构类似分子也是良好的苦味抑制剂,如新橘皮糖苷味苦,可用无味的同分异构体橘皮苷抑制其苦味。

3.3 使用不同食品剂型

食品剂型不同,苦味物质在口腔中的扩散并与味蕾刺激的速率不同,通过选用合适的食用剂型,可提高粘稠度与位阻等,延缓苦味分子向味蕾扩散与释放,干扰味蕾对苦味的感受。

乳液是口服液剂型常见的形式之一,Vazliri等^[47]将苦味物质氯喹磷酸盐制成O/W/O复乳液,溶于水相中的苦味分子,因克服O/W界面膜阻力,大部分延缓至胃肠道释放,苦味降低。将苦味物质与食用油如大豆油、玉米油与生姜油等,制成O/W微乳液,油相中的苦味分子与味蕾作用阻力增大,苦味减小^[48]。分子量较大的脂肪酸、脂肪酸盐或脂肪酸脂如亚油酸、二十碳五烯酸、硬脂酸钠、棕榈酸盐(或酯)等,也可阻止苦味分子与味蕾接触,以降低奎宁、硫酸奎宁及亮氨酸等物质的苦味^[49]。

苦味因子与树胶、碳水化合物等配料制成膏剂,增加食品的粘稠度,改变食品的流变性质,延缓苦味分子与味蕾接触,降低苦味。Kaning等^[50]将海藻酸钠与苦味物质盐酸氨普立糖混合,利用海藻酸根在唾液中与Ca²⁺反应生成海藻酸钙凝胶,阻止苦味分子在口腔释放。吕慧侠等^[51]利用海藻酸钠与阿齐霉素、罗红霉素等大环内酯苦味溶液混合,滴入CaCl₂溶液中制得海藻酸钙掩味凝胶,有良好的掩苦效果。

随着微包裹技术工艺的日益成熟,其应用范围不再局限于医药领域,现已逐渐应用在食品、化妆品等行业。应用脂质体包裹苦味因子等,包裹在脂质体中的苦味因子,与味蕾接触阻力增大,苦味降低,如卵磷脂在介质pH7.2时,能掩盖氯喹磷酸盐的苦味;脂蛋白与磷脂酸和β乳球蛋白混合,能掩盖奎宁、心得安等苦味^[52]。苦味因子与食品配料制成微

囊或微球剂型,一方面减小苦味分子在唾液中的溶解度,同时,也使活性因子和营养物靶向输送,并在体内随微囊或微球的生物降解而缓慢控制释放^[53]。

苦味因子与惰性配料制成固体分散体,也能有效阻止活性因子在口腔中与苦味受体的接触,抑制苦味^[54]。

3.4 其它方法与技术

应用离子交换与吸附方法,以醋酸纤维素、聚酰胺与聚苯乙烯等为离子交换与吸附材料,可部分或完全去除食品或饮料中柠檬苦素、对苯二酚等苦味物质,降低或去除苦味^[55]。

苦味分子也可选用膜分离与微、超滤技术,因分子粒径较大,不能透过半透膜或超滤孔穴而脱苦^[56-57]。通过压力和真空辅助的酶水解法与食品发酵技术,改变苦味分子的结构,改进食品风味与脱苦,如柑橘汁经酶水解,苦味降低^[58];茶叶发酵,可使茶多酚等发生氧化,从而改进茶叶风味与抑制苦味,橄榄发酵可使橄榄中酚类等苦涩物质转变成橄榄酸与二羟苯乙醇等降低苦味^[59]。

加热与调节 pH,是水果、饮料与蔬菜等传统的脱苦方法,特别在碱性介质中加热,能大大减小或完全去除生物碱、低聚糖与酚类物质质量。温度与 pH 也可通过改变食物的物理特性,如黏稠度等,增大与味蕾接触的阻力,降低苦味。

以上方法存在改变功能因子的结构与食品风味等缺陷,限制了其在功能食品中的应用。

4 展望

苦味功能食品因其较高的营养价值和调节人体健康、预防疾病等多重功能,已受到人们的逐渐认可和追捧。如何将口感和功能较好地统一起来,在尽量减少对功能食品中苦味功能因子破坏的基础上,使苦味柔和适口,成为食品工业亟需解决的问题。随着食品加工新技术与分子生物学领域对苦味受体和苦味转化途径等的深入研究,将极大地推动这一问题的解决。

参考文献

[1] 张霞,李琳,李冰.功能食品的超微粉碎技术[J].食品工业科技,2010,31(11):375-378.
 [2] 夏道宗,蔡振波.功能性食品添加剂调节血糖和血压的作用及机制研究进展[J].中国医学科学,2011,18(1):12-13.
 [3] Datsis A, Tsoga A, Langouretos V. The Role of Functional Foods in the Prevention of Colorectal Cancer[J]. Hellenic Journal of Surgery, 2010, 82(2): 224-231.
 [4] Yang W, Lu J, Weng J, et al. Prevalence of diabetes among men and women in China[J]. New England Journal of Medicine, 2010, 362(12): 1090-1101.
 [5] 金宗镡. 2001年中国保健食品产业的现状及2002年展望[J].食品工业科技,2002,23(2):9-11.
 [6] 王伟江,郑建仙.天然苦味抑制剂的研究与应用[J].中国调味品,2006(2):13-16.
 [7] 李蕾蕾.苦味食品概述[J].中国食物与营养,2006(6):50-51.

[8] 夏延斌,甄增立,谢笔钧.食品化学[M].北京:中国轻工业出版社,2001.
 [9] 唐得时.中药化学[M].北京:人民卫生出版社,1986.
 [10] Dongxiao, Sun - Waterhouse, Sandhya S. Wadhwa. Industry - Relevant Approaches for Minimising the Bitterness of Bioactive Compounds in Functional Foods: A Review [J]. Food and Bioprocess Technology, Online FirstTM, 2012, 4.
 [11] Miller E G, Gonzales - Sanders AP, Courillon A M, et al. Inhibition of hamster buccal pouch carcinogenesis by limonin 17-beta-D-glucopyranoside [J]. Nutrition and Cancer, 1992, 17(1): 1-7.
 [12] Zbarsky V, Datla KP, Parkar S, et al. Neuroprotective properties of the natural phenolic antioxidants curcumin and naringenin but not quercetin and fisetin in a 6-OHDA model of Parkinson's disease [J]. Free Radical Res, 2005, 39(10): 1119-1125.
 [13] Cavia - Saiz M, Busto MD, Pilar - Izquierdo MC, et al. Antioxidant properties, radical scavenging activity and biomolecule protection capacity of flavonoid naringenin and its glycoside naringin: a comparative study [J]. J Sci Food Agric, 2010, 90(7): 1238-1244.
 [14] Delcour J A, Vandenberghe M M, Corten P F, et al. Flavor thresholds of polyphenolics in water [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1984, 35: 134-136.
 [15] ShuzeTang. Anti-oxidant activity of added teacatechins on lipid oxidation of raw minced red meat poultry and fish muscle [J]. International Journal of Science and Technology, 2001, 36: 685-692.
 [16] 曹明富,袁妙葆,杨贤强,等.茶多酚抗突变和消除自由基作用的研究[J].科技通报,1994(5):48-49.
 [17] 冯红霞,陆兆新,尤华.苦味肽的形成及脱苦方法的研究[J].食品科学,2002,23(5):151-154.
 [18] 王竹清,李八方.生物活性肽及其研究进展[J].中国海洋药物杂志,2010,29(2):60-68.
 [19] Ley J P. Masking bitter taste by molecules [J]. Chemical Perception, 2008(1): 58-77.
 [20] Breslin P A S. Interactions among salty, sour and bitter compounds [J]. Trends in Food Science & Technology, 1996, 7: 390-399.
 [21] Meyerhof W, Born S, Brockhoff A, et al. Molecular biology of mammalian bitter taste receptors. A review [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2011, 26: 260-268.
 [22] Suami T, Hough L, Machinami T, et al. Molecular mechanisms of sweet taste 7: The sweet protein, thaumatin [J]. Food Chemistry, 1997, 60(3): 277-285.
 [23] Dansby R. Sweet science: over expression of monellin in yeast [J]. Nature Biotechnology, 1997, 15: 419-420.
 [24] Yokomukai Y, Breslin P A S, Cowart B J, et al. Sensitivity to the bitterness of iso-alpha-acids: the effects of age and interactions with NaCl [J]. Chemical Senses, 1994, 19: 577.
 [25] Russell S J, Keast, Paul A S, et al. Modifying the Bitterness of Selected Oral Pharmaceuticals with Cation and Anion series of Salts [J]. Pharmaceutical Research, 2002, 19(7): 1019-1026.

- [26] Keast R S J. The effect of zinc on human taste perception [J]. *Journal of Food Science*, 2003, 68(5):1871-1877.
- [27] Indow T. An application of the T scale of taste: Interaction among the four qualities of taste [J]. *Perception & Psychophysics*, 1969(5):347-351.
- [28] Riemer J A. Reducing bitterness of foods containing artificial sweeteners by addition of ferulic acid or salts [P]. US Patent, 1994 5,336,513.
- [29] Togawa M, Muranishi S, Masuda H, et al. Quinic acid for taste improvement of high - sweetness sweeteners [P]. Japan Patent, 2001 321,115.
- [30] Takagaki K. Dicafeoylquinic acid, tricaffeoylquinic acid, and their derivatives for modification of taste [P]. Japan Patent, 2006,318.
- [31] Chien M, Haeusler A, Van Leersum H. Taste modifiers comprising a chlorogenic acid [P]. W O Patent, 2002:100,192.
- [32] Ley J, Kindel G, Krammer G, et al. Use of gamma - aminobutanoic acid for masking or reducing an unpleasant flavor impression, and preparations containing gammaaminobutanoic acid [P]. W O Patent, 2005 096,841.
- [33] Fujita N, Kitamura K, Nakamura H, et al. Taste improvement of foods and beverages containing cocoa mass, cocoa cake, or cocoa powder by adding gammaaminobutyric acid (GABA), and taste improved foods and beverages [P]. Japan Patent, 2007 006,853.
- [34] Yamakoshi J, Matsumoto K, Saito M, et al. Low - salt soy sauce containing potassium chloride and g-aminobutyric acid. WO Patent, 2006 033,205.
- [35] Takahishi N, Kawai N. Amino acids for reduction or removal of bitterness of high-sweetness sweetener [P]. Japan Patent, 2000 270,804.
- [36] Binello A., Cravotto G, Nano G. Synthesis of chitosan - cyclodextrin adducts and evaluation of their bittermasking properties [J]. *Flavour Fragrance Journal*, 2004, 19:394-400.
- [37] Mori H, Nishioka M, Nanjo F. Cyclodextrin and cyclofructan for inhibition of bitterness and astringency of foods and beverages [P]. Japan Patent 2006 067,895.
- [38] 王贝妮, 王海鸥. β -环糊精对柚汁脱苦工艺的改进研究 [J]. *食品工业科技*, 2008, 29(7):192-196.
- [39] 马素英, 张疆莉, 尚校军, 等. 小檗碱 β -环糊精包合物研究 [J]. *中国新药与临床杂志*, 2010, 29(10):754-757.
- [40] Katsurugi Y, Yasumasu T. Lipoprotein that selectively inhibits taste nerve responses to bitter substances [J]. *Brain Research*, 1996, 713:240-245.
- [41] Saito M, Masahiro H. The marked inhibitions of the bitter taste of polymixin B sulphate and trimethoprim-sulfamethoxazole by flavored BMI 60 in pediatric patients [J]. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 1999, 22:997-998.
- [42] Sugiura K, Kitahata K, Yokawa T. Polyphenol compositions containing defatted egg yolk to reduce offensive tastes [P]. Japan Patent, 2001 31,669.
- [43] Nelson S L. Inhibiting undesirable taste in oral compositions by adding a phosphorylated amino acid [P]. W O Patent, 1998 98 06,436.
- [44] Ley J P, Krammer G, Reinders G, et al. Evaluation of bitter masking flavanones from *Herba Santa* (*Eriodictyon californicum* (H. & A.) Torr., Hydrophyllaceae) [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2005, 53:6061-6066.
- [45] Guadagni D G, Horowitz R M, Gentili B, et al. Method of reducing bitter and off-after-taste [P]. US 1979 4,154,862.
- [46] Slack J P, Brockhoff A, Batram C, et al. Modulation of bitter taste perception by a small molecule hTAS2R antagonist [J]. *Current Biology*, 2010, 20(12), 1104-1109.
- [47] Vazliri A, Warburton B. Slow release of chloroquine phosphate from multiple taste masked w/o/w multiple emulsion [J]. *Journal of Microencapsulation*, 1994(11):641-648.
- [48] Tomotake M, Sugiura Y, Umeda T, et al. Agent for reducing bitter taste for medicines and foods, etc. contains optionally unsaturated fatty acid/or their metal salts [P]. Japan Patent, 1998, 10,025,253.
- [49] Pouri A, Kuusisto P, Lahtinen R, et al. Edible product with masked bitter, sour and/or astringent taste [P]. I. W O Patent, 2004093571A1.
- [50] Kaning K, Kanada K. Application of gel formation for taste masking [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1997, 45:1063-1068.
- [51] 吕慧侠, 周建平, 戴影秋, 等. 海藻酸钙掩味微囊的制备 [J]. *中国药科大学学报*, 2007, 38(2):125-128.
- [52] Wien T, Redelmeier T, Av-Gay Y. Development of liposome's formation of ethambutol [J]. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2004, 48(5):1887-1888.
- [53] 田应娟, 朱良, 李琳, 等. 微胶囊技术在功能食品应用中的研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2010, 31(12):358-365.
- [54] Er Y, Wang H G, Lin X, et al. Preparation of the compound tinidazole hollow type of effervescent suppository [J]. *Shenyang Pharm Univ J* (沈阳药科大学学报), 2001, 18(4):2471.
- [55] Jain M, Pareek A, Bagdi G, et al. Taste masking methods for bitter drug—A review [J]. *International Journal of Pharmacy & Life Sciences*, 2010(6):336-339.
- [56] Borneman Z V, Gökmen V, et al. Selective removal of polyphenols and brown colour in apple juices using PES/PVP membranes in a single ultrafiltration process [J]. *Separation and Purification Technology*, 2001(22-23):53-61.
- [57] Alper N, Acar J. Removal of phenolic compounds in pomegranate juice using ultrafiltration and laccase-ultrafiltration combinations [J]. *Nahrung*, 2004, 48:184-187.
- [58] 白卫东, 刘晓艳. 柑桔汁脱苦方法研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2006, 27(9):202-206.
- [59] Ciafardini G, Marsilio V, Lanza B, et al. Hydrolysis of oleuropein by *Lactobacillus plantarum* strains associated with olive fermentation [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 1994, 60(11):4142-4147.