

番茄红素的研究进展

龚 平, 阚建全

(西南大学食品学院, 重庆, 400715)

摘 要 综述了番茄红素的生理功能及其机理、提取工艺、稳定性等方面的研究, 为番茄红素的深入研究积累了基础性资料。

关键词 番茄红素, 生理功能, 提取工艺, 稳定性

番茄红素(lycopene), 它不仅是一种天然食用色素, 而且在有效预防各种疾病、防癌抗癌、预防心血管疾病等方面, 显示其多方面的生物学功能作用, 素有“藏在西红柿里的黄金”之美称。已被联合国粮农组织 (FAO)、食品添加剂委员会 (JECFA) 和世界卫生组织 (WHO) 认定为 A 类营养素, 并被 50 多个国家和地区作为具有营养与着色双重作用的食物添加剂, 广泛用于食品、医药和化妆品领域。

1 来 源

番茄红素在自然界中分布很广泛。在植物中主要是那些成熟的红色水果和蔬菜, 如番茄、西瓜、番石榴、番微果、木瓜、葡萄、草莓、苦瓜籽、萝卜、胡萝卜、红肉脐橙、红色葡萄柚等。番茄制品是西方膳食中类胡萝卜素最主要的来源, 它在人体血清中的含量较高, 人们从番茄中获得的番茄红素约占其总摄入量的 80% 以上。但 Perkins 等人^[1]研究发现, 西瓜果实中含有大量的番茄红素, 平均含量达 4.87×10^{-2} mg/g 接近甚至超过鲜食番茄果实中番茄红素的含量, 且无需加热或加工可直接被人体吸收, 而番茄中的番茄红素只有经过热加工处理才能被人体吸收, 因此, 西瓜也是膳食番茄红素的良好来源。

番茄红素在番茄中的含量随品种和成熟度的不同而不同。通常, 加工用番茄红素的含量是鲜食用番茄的 3.0~3.5 倍, 其成熟度越高, 番茄红素的含量越高。我国新疆产加工用番茄的番茄红素含量很高, 番茄红素含量为 4.0×10^{-1} mg/g 以上, 其中番茄皮中含量为 2.0×10^{-1} mg/g。Sharma 等人^[2]测定了番茄中各部分番茄红素的含量, 结果表明: 存在于表皮及番茄水溶部分中的番茄红素含量大约在 72%~79%, 纤维素含量高的番茄渣中含 4.23×10^{-1} mg/

g, 番茄渣中水溶性部分含 4.0×10^{-2} mg/g^[1]。

2 理化性质

番茄红素(lycopene)是一种脂溶性不饱和碳氢物, 是类胡萝卜素的一种, 分子式为 $C_{40}H_{56}$, 分子量 536.85, 熔点 174℃ (反式), 与 β -胡萝卜素是同分异构体。

番茄红素难溶于甲醇, 可溶于乙醚、石油醚、己烷、丙酮, 易溶于三氯甲烷硫化碳、苯等有机溶剂。

番茄红素是许多类胡萝卜素生物合成的中间体经过环化可形成其他类胡萝卜素, 但在动物体内无合成, 只能从食物中摄取。

番茄红素分子中有 11 个共轭双键和 2 个非共轭双键, 因此其稳定性很差, 容易发生顺反异构和氧化降解。到目前为止已发现 72 种异构体。天然存在的番茄红素全部为全反式构型, 在人体组织中则大部分为顺式构型。长时间加热或紫外线照射可使其异构化, 产生部分顺式构型。

番茄红素顺式与反式异构体的物理和化学性质有很大差异, 主要表现在熔点、摩尔消光系数、呈色能力、极性、溶解性、最大吸收波长和生物活性的不同。

3 体内分布与代谢

番茄红素是脂溶性物质, 经消化后通过被动扩散方式被小肠黏膜吸收。随后结合入乳糜微粒进入淋巴系统, 转运入肝脏。在载脂蛋白的帮助下, 从肝脏转运到血浆再分布到不同的器官。吸收过程受食物组成、颗粒大小和是否热处理、消化酶、脑酸等影响。

正常饮食情况下, 番茄红素在人体血浆中的浓度为 0.2~1.0 $\mu\text{mol/L}$, 平均约 0.5 $\mu\text{mol/L}$ 。人体血浆中番茄红素的水平没有明显的性别差异。但对于女性, 血浆中的番茄红素水平受月经周期的影响。在黄体中期, 血浆中番茄红素含量有一个高峰。人体内, 番茄红素含量较高的器官组织是肾上腺、睾丸、肝

第一作者: 硕士研究生(阚建全教授为通讯作者)。

收稿日期: 2008-01-02, 改回日期: 2008-03-13

脏和前列腺,在肾和肺中也占一定优势。Porrini^[3]研究发现,一次性食入 16.5 mg 的番茄红素,6h 后血液有一个弱增长,12 h 有一个大增长,10⁴ h 才消失。番茄红素是脂溶性物质,在热加工后和脂类存在情况下,可提高其生物利用率,血清浓度在 24~48 h 达高峰,半衰期 2~3 d,随摄入量增加,血清番茄红素浓度升高,但不呈线性关系,且顺式比反式结构的番茄红素更易吸收。

4 生理功能及机理

4.1 抗癌作用

自 1950 年代,美国科学家^[4]首次报道番茄红素具有抗癌效应以来,近年来经过多项动物实验、人体细胞培养和流行病学研究表明,番茄红素具有抗癌生物学作用。血液中的番茄红素水平与前列腺癌、消化道癌(食管胃、结肠、直肠)、宫颈癌、乳腺癌、胰腺癌、膀胱癌、皮肤癌的发生率呈负相关,尤其对前列腺癌的作用更为明显。

Lu 等人^[5]对 65 位前列腺癌患者和 132 名正常对照人群自 1993~1997 年进行了长达 4 年的研究,发现血浆番茄红素水平与前列腺癌发病的危险性呈负相关。Mills 等人^[6]自 1976 年起对 14 000 名男性对象进行 6 年随访研究,发现每周食用 5 次以上番茄者前列腺癌的危险性明显下降。

在 1985~1991 年间,意大利研究者^[7]采用一系列病例-对照研究方法。观察了以食用番茄的方式摄入大量番茄红素预防消化道癌的作用病例组包括经组织学确诊的口腔癌、咽癌、食管癌、胃癌、结肠癌和直肠癌病人,对照组是无上述癌症的病人。排除了年龄性别等混杂因素后,发现高番茄红素摄入与上述各部位癌症危险下降相关,胃癌、结肠癌和直肠癌下降有极显著性($P<0.001$)。

番茄红素抗癌的机制可以从以下几方面解释。

4.1.1 番茄红素的抗氧化和清除自由基作用

番茄红素作为强氧化剂,淬灭单线态氧和清除自由基,防止脂蛋白和 DNA 受到氧化破坏,从而预防癌症的发生。番茄红素能够接受不同电子激发态的能量,使单线态氧的能量转移到番茄红素,生成基态氧分子和三重态的番茄红素,三重态的番茄红素通过与溶剂的一系列旋光和振动反应得到再生。由此,一个番茄红素分子可以淬灭数千个单线态氧清除自由基。梅晓岩等人^[8]用化学发光法研究了纯度>99%的番茄红素对超氧阴离子、羟基自由基、DPPH⁺和由

AAPH 引发月苋草油产生的脂质过氧化自由基的清除作用,结果表明,Lyp 对 4 种自由基均有较强的清除作用,并且具有显著的剂量-效应关系。

4.1.2 诱导细胞间隙连接通讯

细胞间隙连接是由距离 1.5~2.0 nm 的 2 个相邻细胞膜上的 2 个连接子组装而成的膜通道,细胞间隙连接通讯可传输细胞群体内生长调控信号,调节细胞的正常增殖与分化。大多数肿瘤细胞的细胞间隙连接通讯功能微弱或缺失,细胞发生转化后,其细胞间隙连接通讯功能降低或被抑制,细胞间隙连接通讯功能的抑制或被破坏被认为是促癌变阶段的重要机制。番茄红素可以增强正常细胞之间的细胞间隙连接通讯,日本学者^[9]在大鼠肝组织上用荧光染料示踪技术研究番茄红素对细胞间隙连接通讯的作用,发现饲喂番茄红素可以明显增强细胞间的连接通讯功能。

4.1.3 调控肿瘤细胞的增殖

番茄红素可通过影响乳腺癌、肺癌和子宫癌细胞周期中 G1 到 S 的转化阶段,来影响肿瘤细胞的生长,Karas 等人^[10]研究番茄红素对乳腺癌的作用机理发现,番茄红素能够明显抑制胰岛素样生长因子引起癌细胞的增殖。

4.1.4 能抑制癌细胞转移增殖因子 α -TGF 的遗传表达

Narisawa 等人^[11]认为,番茄红素可以通过减小 α -TGF 在遗传过程中的表达来阻止雌鼠乳房肿瘤的形成。

4.2 预防心血管疾病

番茄红素与心血管疾病关系的研究较少,已有的文献报道也不多。Kohlmeir 等人^[12]在 10 个欧洲国家进行的大规模流行病学调查后发现,脂肪组织中的番茄红素水平与发生心肌梗死的危险性有关。Rissanen 等人^[13]在芬兰对 725 名中年男性的流行病学调查表明,血浆中番茄红素的水平越危险性越大。流行病学研究还发现,血浆中番茄红素的水平越低,相应的颈动脉血管壁内膜对中膜的比例越大。

一般的观点认为,LDL 的氧化是动脉粥样硬化发展过程中非常关键的一步。番茄红素预防心血管疾病的作用可能与番茄红素能防止 DNA 和脂蛋白氧化,减缓动脉粥样硬化的发生和阻止 LDL——低密度胆固醇氧化产物的形成有关。Agarwals^[14]报道,经常摄食番茄的人群与对照组相比,明显降低血清脂质过氧化和 LDL 的氧化,从而减少动脉硬化和冠心病的发病率。在细胞水平上,对番茄红素调节胆

固醇代谢的研究发现,巨噬细胞培养基中加入番茄红素,会抑制胆固醇的合成。但对番茄红素抑制 LDL 的氧化作用也有相反的报道,Dugas 等人^[16]认为,是 β -胡萝卜素而不是番茄红素抑制了大动脉内皮细胞介导的 LDL 的氧化。因此,对番茄红素预防心血管疾病的研究还有待进一步深入。

4.3 免疫功能

许多研究表明,番茄红素像其他类胡萝卜素一样,能提高免疫功能。在研究番茄红素预防瘤机制的实验中发现,番茄红素的预防肿瘤作用与其提高免疫机能有关。Watzl^[16]认为,番茄红素的抗氧化作用在一定程度上维持了免疫细胞的功能和结构的完整性,因此提高了免疫力。Hughes^[17]研究也证实,番茄红素可增加血浆中单核细胞功能相关性表面分子的表达。

Kim^[18]观察到,番茄红素会减弱 DC 细胞表型和功能的成熟,下调 CD80 分子、CD86 分子和 MHC II 类分子的表达,降低 T 淋巴细胞 IL-2 水平,抑制有丝分裂原激活的蛋白激酶 P38、ERK1/2 和核转录因子 NF- κ B。而 DC 细胞是体内重要的抗原递呈细胞。能够刺激初始 T 细胞增殖。因此,番茄红素增强免疫功能是不确切的。过强的免疫反应并不总是对人体有益处。

5 提取方法

5.1 直接粉碎法

该法将番茄皮粉碎,作为着色剂直接添加于食品中。孔令明等人^[19]以番茄干渣为原料,研究干渣的粒度及提取方法对番茄红素提取效果的影响。结果表明:以 3 号(目数 40~60)、4 号(目数 60~100)粒度干渣为原料,液料比为 4:1 (mL:g),50℃ 温度条件下浸提 40 min,能达到较好的提取效果,得率约为 1.5mg/g。

5.2 有机溶剂提取法

番茄红素不溶于水,一般选用亲油性有机溶剂提取番茄红素。但是产品质量差、纯度低、有异味和溶剂残留。

5.3 超临界流体萃取

超临界流体萃取技术使食品工业新兴的一项萃取,分离和纯化技术,与传统的有机溶剂提取法相比,其工艺简单,能耗低,萃取剂便宜,无毒,易回收,它是低温处理,适于提取番茄红素等热敏极性成分。安本光政等人^[20]研究了超临界 CO₂ 从番茄皮中提取番茄

红素,原料微粉碎或经果胶酶、纤维素酶处理后,在提取压力 270 kg/cm²,提取温度 40℃ 条件下,番茄红素提取率达 95%。张劲等人^[21]发现,预处理也是影响番茄红素提取率和纯度的关键步骤,采用皂化和乙醇对番茄皮进行预处理,再用超临界 CO₂ 作为流体,体积分数 90% 的乙醇作为夹带剂,在萃取压力 35 MPa,萃取温度为 60℃,解析温度为 45℃,动萃取 1.5~2 h 条件下,番茄红素提取率可达到 93.81%。

5.4 微波辐射法

番茄红素是脂溶性色素,而脂溶性色素的提取特点是提取时间较长,原因是有机溶剂不易渗透穿过物质的细胞壁和细胞膜,所以不能很好的将提取物从细胞器中溶出。采用微波辐射萃取(microwave-assisted extraction,简称 MAE)可以提高其萃取效率。与传统的有机溶剂提取法相比微波提取最大的优点是提取时间大大缩短,且提取率较高。而与超临界 CO₂ 提取工艺相比,它具有成本低,投资少,提取率高等优点。可以说,微波提取在天然色素的提取工艺中具有广阔的应用前景。

5.5 酶反应法

日本公报专利介绍了利用番茄皮自身酶反应来提取番茄红素的生产方法。在微碱性条件下(pH 7.5~9.0),使番茄皮中的果胶酶和纤维酶反应,分解果胶和纤维素,使用番茄红素的蛋白质复合物从细胞中溶出。所得色素为水分散性色素。

5.6 微生物发酵法

除了从含有番茄红素的物质中提取或用化学合成番茄红素外,还可以采用藻类和真菌及酵母发酵生产番茄红素。目前能生产番茄红素的微生物有包括能自身合成番茄红素的革兰氏阴性菌(*Erwinia lifedevora* 和 *Erwinia herbicola*)三孢布拉氏霉菌(*Blakeslea trispora*)及基因工程菌。随着转基因技术发展,利用基因工程菌生产番茄红素成为研究热点。Miura 等人^[21]报道将外援基因 crtE、crtB、crtI 通过转基因技术插入产蛋白假丝酵母(*Candida Utilis*)中培养生产番茄红素(产蛋白假丝酵母是一种不能天然合成类胡萝卜素食品酵母),可得到 758 μ g/g 干重八氢番茄红素。Gavrilov^[22]等人在三孢布拉氏霉生长介质中加入工业番茄废水,发现抑制 β -胡萝卜素生产,但却刺激番茄红素合成。现今从品质、技术生产、资源成本等分析,利用微生物技术生产番茄红素等天然类胡萝卜素将是未来发展的方向。

5.7 化学合成法

从 1831 年在胡萝卜中首次分离胡萝卜素到 1950 年首次完成 β -胡萝卜素的合成经历了 100 多年的时间。到现在能用化学合成的类胡萝卜素已很多。目前,番茄红素在瑞士罗氏公司和德国的巴迪斯化工公司也都在开发当中,他们番茄红素制品的生产工艺与 V_A 的生产工艺类似,一般以 β -紫罗酮作为原料来合成^[23]。

6 稳定性

6.1 不同条件下天然番茄红素的稳定性

关于番茄红素在不同条件下的稳定性,国内作了不少研究,邱伟芬等人^[24]研究了番茄红素在不同条件下的稳定性实验。结果表明:天然番茄红素对光敏感,酸性条件下($pH < 6$)不稳定, Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 引起番茄红素的损失较大,氧化剂、还原剂、防腐剂、糖对番茄红素的稳定性影响不显著。王学武等人^[25]为有效开发番茄红素也做了类似研究,结果表明: Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 对番茄红素的稳定性影响较大,NaOH 对番茄红素的稳定性有较大的破坏作用,但在酸性条件下比较稳定;氧化剂、还原剂和防腐剂对番茄红素的稳定性影响非常小,抗氧化剂能延缓番茄红素的损失;番茄红素对光十分敏感。尤其是日光下直射 1d 即可完全损失,对紫外光和白炽灯光也较敏感;低于 6.0 kGy 的辐射剂量对番茄红素影响不大。

6.2 番茄红素油树脂稳定性

目前市场上番茄红素多是通过溶剂浸提、超临界 CO_2 萃取等方法从番茄或番茄加工制品中分离得到含 1%~6% 番茄红素油树脂,其中色素主要是全反式番茄红素。番茄红素在番茄油树脂中的稳定性直接影响到其运输、贮藏和应用,有必要进行深入研究。孙庆杰等人^[26]经对番茄油树脂中番茄红素稳定性研究,结果表明:番茄油树脂中含有较多的脂肪酸甘油酯(65%)和不皂化物(27%),主要含不饱和脂肪酸(74%~75%),其中亚油酸质量分数为 51%~52%,油酸质量分数为 22%~23% 番茄油树脂中类胡萝卜素主要是番茄红素,另外有少量的 β -胡萝卜素。番茄油树脂贮存过程中番茄红素较为稳定,贮存条件以避光充氮效果最好。

6.3 番茄红素微胶囊的稳定性

番茄红素的损失主要由于发生氧化、异构化和降解,不易保存,采用微胶囊技术进行包埋化处理可明显提高其保存率。赵晓燕等人^[27]研究番茄红素抽提微胶囊在低温、避光条件下,其色素保存率受温度影

响较小,保存期明显延长,增加了产品的贮存稳定性。

7 国内外研发现状

目前,国内番茄红素的生产和研究均处于起步阶段。研究基地主要是无锡轻工大学食品学院,广州优宝工业有限公司和新疆生命红果蔬制品有限公司,其研究工作大部分集中在提取工艺上。1998 年,孙庆杰等人^[28]报道,以新疆番茄厂的副产品(番茄皮和番茄籽)为原料,采用超临界 CO_2 萃取,提取率可达 90% 以上。在番茄红素的产品开发方面,与国外相比落后许多,主要是由于番茄原料中的含量低,通常每吨番茄中仅含 20 g 番茄红素,生产成本低,番茄红素含量仅为 5% 的番茄红素产品市售价格高达 380 美元/kg。最近国内高校科技集团生物工程中心采用玉米淀粉进行发酵,产率在 1 000 mg/L 以上,但未实现工业化生产。成都某公司建立了工厂化提取及加工番茄红素的技术。近来,新疆生命红果蔬制品有限公司和盐城市瑞智生物技术有限公司已相继开发出了番茄红素产品(番茄油树脂胶囊),并已投入市场,但产量较低。

国外对番茄红素的研究相对深入。处于世界领先地位的以色列 Lycored Natural Products Industries Ltd 公司率先通过育种选育获得高番茄红素含量的杂交番茄(Lycopene Rich Tomato),该品种番茄红素含量为普通番茄品种的 4~5 倍,从这种番茄中提取番茄红素并开发出多种含番茄红素的产品,其中一种产品的商标为 LYC-D-MATO

以色列、日本和俄罗斯等国以及罗氏、巴斯夫跨国公司在番茄红素研究领域具领先地位。目前,国际市场上的番茄红素类产品有 100 多种,主要为胶囊和片剂 2 种形式,价格约 10~20 美元(60 粒/10 mg 胶囊),生产国包括美国、以色列、加拿大、法国、英国、德国、日本、澳大利亚、荷兰等十几个国家。

此外,美国及日本几家公司都已开发出以番茄红素为主要活性成分的药品,其主要功能是降低血压,治疗高胆固醇、高血脂,降低癌细胞活性等。

8 番茄红素研究展望

(1) 利用转基因技术培育高番茄红素的番茄以及开发产番茄红素的微生物,是目前番茄红素研究的热点,中国在这一领域的研究还未见报道。

(2) 番茄红素作为药品在国外倍受关注,每年均有大量的研究报告,是番茄红素应用研究中最活跃

跃的领域。而中国尚未开展这方面的研究工作。

(3)番茄红素作为新型保健食品、食品添加剂、化妆品和药品具有广阔的市场前景。目前国内市场上此类产品的品种和数量都十分稀少,远远不能满足市场需要。因此,应大力开发。

参考文献

- Perkins-Weazie P, Collins J K, Pair S. Watermelon: Lycopene content changes with ripeness stage, germplasm, and storage[J]. *Cucurbitaceae*, 2002(3): 427~430
- Sharma S K. Lycopene: chemical and biological properties[J]. *Food Technology*, 1993, 53(2): 38~45
- Parrini M, Riso P. Absorption of lycopene from single or daily portions of raw and processed tomato[J]. *Br J Nutr*, 1998, 80(4): 353~361
- 王伟华, 于国萍. 番茄红素与人体健康[J]. *食品研究与开发*, 2003, 24(5): 89~92
- Lu Q Y, Hung J C, Heber D, et al. Inverse associations between plasma lycopene and other carotenoids and prostate cancer[J]. *Cancer Epidemiology Biomarkers Prev*, 2001, 10(7): 749~756
- Mills P K, Beeson W L, Phillips R L, et al. Cohort study of diet, lifestyle, and prostate cancer in Adventist men[J]. *Cancer*, 1989, 64: 598~604
- Franceschi S, Bidoli E M, La Vecchia C, et al. Tomatoes and risk of digestive tract cancer[J]. *Int J Cancer*, 1994, 59: 181~184
- 梅晓岩, 孟宪军, 梁婧婧. 番茄红素抗氧化活性的研究[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(11): 231~237
- Vladimir K, Makoto A, Nobuo T, et al. Differential dose-dependent effects of α β carotenes and lycopene on gap junctional intercellular communication in rat liver in vivo[J]. *J Cancer Res*, 1997, 88: 1121~1124
- Karas M, Amir H, Fishman D, et al. Lycopene interferes with cell cycle progression and insulin-like growth factor I signaling in mammary cancer cells[J]. *Nutr Cancer*, 2000, 36(1): 101~111
- Narisawa T, Fukaura Y, Hasebe M, et al. Inhibitory effects of natural carotenoids, α -carotene, β -carotene, lycopene and lutein, on colonic aberrant crypt foci formation in rats[J]. *Cancer Lett*, 1996, 107(1): 137~142
- Kohlmeier L, Kark J D, Gona-Grass E, et al. Lycopene and myocardial infarction risk in the EURAMIC study[J]. *Am J Epidemiol*, 1997, 146: 618~626
- Rissanen T H, Voutilainen S, Nyyssonen K, et al. Low serum lycopene concentration is associated with an excess incidence of acute coronary events and stroke: the Kuopio ischaemic heart disease risk factor study[J]. *Br J Nutr*, 2001, 85: 749~754
- Agarwals, Ran A V. Tomato Lycopene and low density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study[J]. *Lipids*, 1998, 33: 981~984
- Dugas T R, Moml D W, Harrison E H. Dietary supplementation with β -carotene, but not with lycopene inhibits endothelial cell-mediated oxidation of low-density lipoprotein[J]. *Free Radic Biol Med*, 1999, 26: 1238~1244
- Watzl B, Bub A, Brandstetter B R, et al. Modulation of human T-lymphocyte functions by the consumption of carotenoid-rich vegetables[J]. *Br J Nutr*, 1999, 82: 383~389
- Hughes D A, WriSht A J, Finglas P M, et al. Effects of lycopene and lutein supplementation on the expression of functionally associated surface molecules on monocytes from healthy male nonsmokers[J]. *J Infect Dis*, 2000, 182(Suppl 1): S11~S15
- Kim G Y, Kim J H, Ahn S, et al. Lycopene suppresses the lipopolysaccharide-induced phenotypic and functional maturation of murine dendritic cells through inhibition of mitogen-activated protein kinases and nuclear factor- κ B[J]. *Immunology*, 2004, 113: 203~210
- 孔令明, 李芳, 冯作山. 从番茄干渣中提取番茄红素的工艺研究[J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(8): 108~109
- 张劲. 超临界萃取番茄红素影响因素的研究[J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(8): 108~109
- Minura Y. Production of lycopene by the food yeast, *Candida utilis* that does not naturally synthesize carotenoid[J]. *Biotechnology and Bioengineering*, 1998, 58(2): 306~308
- Gavrilov A S. Industrial production of a microbiological method[J]. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 1996, 32(5): 492~494
- 王业勤. 天然类胡萝卜素-研究进展生产、应用[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1997
- 邱伟芬, 汪海峰. 天然番茄红素在不同环境条件下的稳定性研究[J]. *食品科学*, 2004, 13(5): 56~60
- 王学武, 夏延斌, 王克勤. 天然番茄红素的稳定性研究[J]. *湖南农业大学学报*, 2002, 28(1): 57~60
- 孙庆杰, 张运涛. 番茄油树脂成分分析及番茄红素的稳定性[J]. *无锡轻工大学学报*, 2001, 20(6): 615~618
- 赵晓燕, 冯作山, 陈复生. 番茄红素微胶囊的稳定性研究[J]. *食品与发酵工业*, 2005, 31(10): 45~47

Advance Research of Lycopene

Gong Ping, Kan Jianquan

(College of Food Science Southwest University, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT In this paper, the study on physiological function and mechanism, extracting technology, stability of lycopene were reviewed. The basic materials were accumulated for further research of lycopene.

Key words lycopene, physiological function, extracting technology, stability