

# 番茄红素提取方法的研究

邓 宇 张卫强

(天津轻工业学院化工系, 天津 300222)

**摘要:**研究了从番茄中提取番茄红素的方法,考察了提取温度、时间、料液比、浸取液等影响因素,确定了最佳的浸取工艺条件。使用 6# 溶剂油二级浸提番茄糊,在番茄糊质量与溶剂体积比为 0.33 g/ml、浸提时间 2~3 h、pH 值 6、浸提温度 35℃ 及加入助剂条件下,能充分提取色素;若使用微波辐射法,在微波功率 200 W、萃取时间 80 s,番茄糊质量与溶剂体积比为 0.5 g/ml 条件下,能得到最好效果。

**关键词:**番茄红素;提取;微波

中图分类号:TQ464

文献标识码:A

## Study on methods of lycopene extraction

DENG Yu, ZHANG Wei-qiang

(Department of Chemical Engineering, Tianjin College of Light Industry, Tianjin 300222, China)

**Abstract:** Methods of lycopene extraction from tomato were studied. Effects from extraction temperature, time, feedstock ratio and solvent on extraction result were studied and optimal conditions were determined. Lycopene can be completely extracted by using No.6 solvent for the second-level extraction from tomato pulp for a duration of 2-3 hours at a ratio of tomato mass to solvent volume of 0.33 g/ml, a pH value of 6 and 35℃ and with the addition of assistants. When using microwave radiation, best results can be achieved at a microwave power of 200 W, an extraction time of 80 s and a ratio of tomato mass to solvent volume of 0.5 g/ml.

**Key words:** lycopene; extraction; microwave

番茄红素是由 11 个共轭及 2 个非共轭碳-碳双键组成的直链碳氢化合物,由于它没有  $\beta$ -胡萝卜素那样的  $\beta$ -萘香环结构,不具有维生素 A 源活性,所以人们对它的研究不多。最新研究结果表明番茄红素的抗氧化性很强,是维生素 E 的 100 倍,是  $\beta$ -胡萝卜素的 2 倍以上,它能高效猝灭人体中的单线态氧和清除自由基,从而起到抗癌、抑癌的作用。目前已证明,番茄红素可以预防前列腺癌、乳腺癌及消化器官包括结肠、直肠、胃的癌变,并可降低皮肤癌与膀胱癌的发病率,同时可以预防和治疗心脑血管疾病、动脉硬化等疾病,增强机体免疫功能和抗衰老等重要作用。因此番茄红素是很有开发前途的功能性天然色素,是目前国际上功能性食品成分研究中的一个热点。

番茄红素广泛地存在于番茄、灯笼大红辣椒、蕃

薇果、西瓜、柿子、南瓜、葡萄柚以及红色细菌等中。其中以番茄中的含量最高,每 100 g 中含量达到 20 mg,而我国新疆番茄酱每 100 g 中番茄红素可达 40 mg 以上。

笔者主要是从番茄中提取番茄红素,并通过正交实验寻求最佳的溶剂法提取工艺条件<sup>[1~3]</sup>,比较了溶剂法和微波辐射法对浸提的影响因素。微波法从番茄中提取番茄红素的研究尚未见文献报道。

## 1 实验

### 1.1 药品及仪器

番茄,2001 年采摘,产地天津;6# 溶剂油(主要成分为环己烷等);氯仿,丙酮,石油醚,苯,乙醚,甲醇,乙醇,环己烷,乙酸己酯,均为国产分析纯。

722 型分光光度计,上海第三分析仪器厂;TDA

系列温度显示调节仪,天津日新仪表有限公司;SHZ-C型循环水多用真空泵,山东淄博新华仪表厂;TG3288型电光分析天平,上海天平仪器厂;XYJ-802离心沉淀机,江苏医疗仪器厂;家用微波炉,800 W,格兰仕;高速组织捣碎机等。

### 1.2 番茄红素提取工艺流程

番茄→捣碎→番茄糊→浸取→离心→滤液→减压浓缩  
成品←精制纯化←粗红色素←

### 1.3 分析方法

首先用 722 分光光度计在不同波长下测定浸提液的吸光度,确定其最大的吸收波长。然后根据浸提液的吸光度值大小及所得体积,计算每次提取过程的提取率,确定最佳的提取工艺条件。

## 2 结果与讨论

### 2.1 番茄红素光谱特性的测定

取 1 ml 浸取液稀释至 10 ml,选用 1 cm 的比色皿在波长为 400 ~ 530 nm 的范围内测定其吸光度,

表 1 不同溶剂与吸光度的关系

溶剂	乙醚	氯仿	苯	乙酸乙酯	6# 溶剂	丙酮	石油醚	乙醇	醋酸	环己烷	水
吸光度	0.473	0.435	0.35	0.335	0.302	0.218	0.132	0.125	0.125	0.112	0.023

表 1 表明,乙醚、氯仿、苯、乙酸乙酯及 6# 溶剂油的浸取效果较好。乙醚的浸取效果最好,氯仿次之,苯也较好。但考虑到乙醚是沸点较低极易挥发、易燃易爆、有一定的麻醉作用,且不易回收、溶剂的消耗量较大;而氯仿、苯等毒性大、浸提物中会有一定的溶剂残留,因此不宜作为食品及药物的溶剂。因此实验选择 6# 溶剂油为浸取剂,6# 溶剂油无毒,挥发性较乙醚要小,另外自身性质较稳定,与水不混溶,不易与其他物质发生化学变化,易于回收,加热后无残留,溶解色素能力强。综合考虑宜选择 6# 溶剂油为溶剂。

### 2.3 番茄红素提取率的单因素实验

#### 2.3.1 浸取温度对提取率的影响

取番茄糊 20 g,加入 60 ml 6# 溶剂油,分别在不同温度条件下,搅拌浸取 3 h,然后测定计算各种条件下的提取率,实验结果如表 2 所示。

表 2 不同温度下的番茄红素提取率

温度/℃	20	30	35	40	45	50
提取率/%	68	69	75	72	69	41.5

实验结果表明番茄在 20 ~ 40℃ 浸提时,随着温

度提高,提取率稍有提高。番茄在 45℃ 以上浸提时提取率很低,原因是番茄红素在较高温度条件下长时间提取很不稳定,造成提取率降低。由此可见,番茄红素浸提温度不宜超过 40℃。适宜的浸提温度为室温至 40℃ 之间。

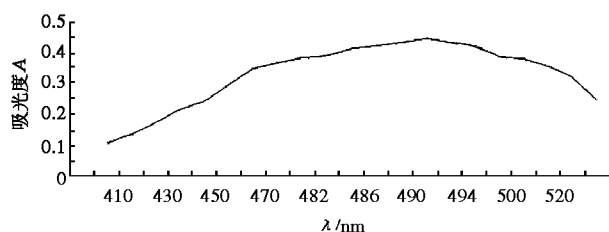


图 1 番茄红素光谱特性

### 2.2 浸取液的选择

称取相同质量的番茄糊分别置于具有相同体积的水、甲醇、乙醇、乙醚、石油醚、环己烷、6# 溶剂油、丙酮、苯、醋酸、氯仿及乙酸乙酯中,在室温下密闭,避光静置一定时间,抽滤,取 1ml 浸取液测定最大吸收波长处的吸光度,实验结果见表 1。

度的提高,提取率稍有提高。番茄在 45℃ 以上浸提时提取率很低,原因是番茄红素在较高温度条件下长时间提取很不稳定,造成提取率降低。由此可见,番茄红素浸提温度不宜超过 40℃。适宜的浸提温度为室温至 40℃ 之间。

#### 2.3.2 浸提时间对提取率的影响

##### (1) 溶剂法

控制温度在 40℃,取番茄糊 20 g 在 60 ml 6# 溶剂油中分别搅拌浸提不同的时间,然后测定浸提液的吸光度及所得体积,计算各自提取率,实验结果如表 3 所示。

表 3 浸提时间对提取率的影响

浸提时间/h	1	2	3	4	5
提取率/%	42.81	67.27	71.08	70.17	65.42

由表 3 可看出,在上述条件下浸提时间对番茄红素的提取率有较大的影响,当浸提时间在 1 ~ 3 h 时番茄红素的提取率随时间增加而增加,浸提时间为 2 h 时提取已基本完成,而浸提时间超过 3 h 后番茄红素的提取率明显下降,也就是说长时间浸提并不能增加番茄红素的提取率。在长时间较高温度下

的提取过程中,有可能使番茄红素出现损失,导致提取率下降。

### (2)微波法

番茄红素是脂溶性色素,而脂溶性色素的提取特点是其提取时间较长,原因是有机溶剂不易渗透穿过物质的细胞壁和细胞膜,所以不能很好地将提取物从细胞器中溶出。采用微波辐射萃取可以提高其萃取效率,从宏观角度看,微波萃取的本质实际上是微波对萃取物料的内加热作用,它能够穿透萃取溶剂和物料使萃取体系均匀加热;从微观角度讲,在固液浸取过程中,固体表面的液膜通常是由强极性分子溶剂所组成,在微波辐射作用下,强极性分子溶剂将产生瞬时极化,并以  $2.45 \times 10^9$  Hz 的频率做极性变换运动,这就可能对液膜产生一定的微观“扰动”影响,使固液浸取扩散过程所受到阻力减小,促进扩散过程进行。同时分子进行如此频繁的摆动,促使细胞破裂,使溶剂易于穿透细胞壁。

在功率 200 W 的条件下,对番茄糊及其溶剂分别加热 20、40、60、80、100、120 s 后,按照上述步骤来测定番茄红素的提取率,实验结果如表 4 所示。

表 4 萃取时间对提取率的影响

萃取时间/s	20	40	60	80	100	120
提取率/%	51.37	56.44	68.49	74.76	49.21	38.63

以上实验数据表明:当微波辐射时间达到 60 ~ 80 s 时,溶剂对番茄红素的提取效果最好。而随着时间的增加,提取率逐渐减小,原因可能是在微波辐射过程中,电磁波把能量直接传播到番茄糊内部,使之瞬时加热,快速加热,而番茄红素对热稳定性不好,导致提取率下降。

微波辐射时间在 60 ~ 80 s 时,该方法对番茄红素的提取效果最好。而溶剂法浸提时间在 1 ~ 3 h 时番茄红素的提取率较高,最短浸提时间为 2 h 时,提取可基本完成。由此可见微波辐射法可以大大加快浸提速度,缩短浸提时间。

### 2.3.3 浸取物料比对提取率的影响

#### (1)溶剂法

在温度 40℃ 时,对 20 g 番茄糊分别以 20、40、60、80、100 ml 6# 溶剂浸取,搅拌 3 h,然后测定并计算提取率,实验结果如表 5 所示。

表 5 溶剂法物料比对提取率的影响

物料比/g·ml <sup>-1</sup>	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
提取率/%	51.43	63.63	72.44	71.07	74.68

以上实验数据表明,随着溶剂量的增加,提取率也随着提高。但 6# 溶剂油易于挥发,使用过多溶剂给回收带来困难。当物料比增加到 1:3 以后提取率增幅大大减小,故选择物料比为 1:3 时较好。

### (2)微波法

在微波功率 200 W 条件下,对 20 g 番茄糊分别以 20、40、60、80 ml 6# 溶剂进行萃取 80 s,然后测定并计算提取率,结果如表 6 所示。

表 6 微波法物料比对提取率的影响

物料比/g·ml <sup>-1</sup>	1:1	1:2	1:3	1:4
提取率/%	56.45	72.81	73.63	74.54

当物料比为 1:2 时,即可把大部分番茄红素浸取出来。随着溶剂量的增加,提取率提高不大。为节约溶剂,减少回收溶剂带来的困难,可选择物料比为 1:2。

表 5 和表 6 表明微波辐射法物料比 1:2 时,即可把大部分番茄红素浸取出来,而溶剂法浸提物料比 1:3 时番茄红素的提取率较高,提取才可基本完成。由此可见微波辐射法可以减少溶剂用量,由此可减少后处理的负荷量,减少溶剂的消耗量,同时也降低了能耗。

### 2.3.4 pH 值对提取率的影响

取番茄糊 20 g,调节番茄糊的 pH 值分别为 2、4、6、8,再加入 60 ml 6# 溶剂油,在 40℃ 搅拌加热 3 h,离心分离,计算各自提取率,结果见表 7。

表 7 pH 值对提取率的影响

pH 值	2	4	6	8
提取率/%	58	66	73	54

结果表明 pH 值对提取过程有较大的影响,番茄红素提取率在酸性环境中随 pH 值的增加而提高,当 pH 值为 6 时,提取效率最高,而番茄红素提取率在碱性环境中随 pH 值的增加而显著降低。这些规律在溶剂和微波浸取中均适用。

### 2.4 溶剂法正交实验

由以上实验可以看到,番茄浸提液 pH 值、番茄红素浸提物料比、浸提时间对提取率均有显著的影响,因此正交实验以番茄红素浸提物料比(A)、浸提时间(B)、浸提液 pH 值(C)三因素确定,正交分析如表 8。

由正交实验分析可知,从 R 值看,浸提液 pH 值(44.10) > 浸提物料比(19.92) > 浸提时间(5.64)。

由此可见番茄浸提液 pH 值和番茄红素浸提温度分别为最显著和显著影响因素。由以上正交实验分析还可知:最佳条件为  $C_2B_1A_2$ , 即浸提物料比为 1:3、浸提时间为 3 h、pH 值为 6, 另外浸提温度为 35℃ 下浸提提取率为 75%, 在该条件下多次重复试验提取率的偏差为  $\pm 1\%$  左右。

表 8 番茄红素提取率的正交实验

实验 编号	A	B	C	提取率/%
	物料比/g·ml <sup>-1</sup>	时间/h	pH 值	
1	1:2	2	4	62.56
2	1:2	3	6	69.45
3	1:2	4	8	52.09
4	1:3	2	6	75.02
5	1:3	3	8	62.42
6	1:3	4	4	65.71
7	1:4	2	8	54.93
8	1:4	3	4	59.23
9	1:4	4	6	69.07
$K_1$	184.10	192.51	187.50	
$K_2$	203.15	191.10	213.54	
$K_3$	183.23	186.87	169.44	
R	19.92	5.64	44.10	

## 2.5 浸提级数的确定

### 2.5.1 溶剂法浸提级数的确定

由于单次浸提对番茄红素的提取不够完全,有必要对番茄糊进行多级提取,以充分利用番茄资源。称取 20 g 番茄糊,以 60 ml 6# 溶剂油在 35℃ 条件下多级浸提。

由实验结果可知,二级提取已使提取率达到 93.48%,把大部分番茄红素提出,故以二级提取番茄红素比较合理。

### 2.5.2 微波法浸取级数的选择

称取 20 g 番茄糊,加 40 ml 溶剂,经微波炉在 200 W 时辐射加热 80 s 后拿出,用冷水冷却至室温,离心分离;再加入 40 ml 新制溶剂进行第二级提取,同样在微波炉中以相同的功率加热同样的时间。反复进行多次提取,直到浸出液的吸光度基本接近于零时,可认为已经把番茄红素全部提出。测量各次溶剂的吸光度及体积,根据  $A = \epsilon bc$ ,即吸光度和溶剂的浓度成正比,计算各次提取的得率,结果表明,经过二级提取,番茄红素的提取率达到 97.56%,故二级提取便能得到十分满意的结果。而溶剂法二级提取使提取率只达到 93.48%。

## 2.6 助剂对提取率的影响

在番茄提取过程中,加入某些助剂可以提高番

茄红素的提取率,在本实验中试验了几种助剂,结果如表 9。可知浸提过程中加入表面活性剂可以有效提高番茄红素的提取率,大大改善浸提效果,其原因是表面活性剂能加速油溶性溶剂穿透细胞壁,将番茄红素从细胞器中溶解出来,由此加快浸提速率和提取率。

表 9 助剂对提取率的影响

助剂	表面活性剂	乙醇	丙酮	食盐
提取率/%	84.98	74.27	76.18	溶液呈乳状

## 2.7 番茄皮和番茄糊中番茄红素含量的比较

分别称取 10 g 番茄糊和番茄皮,在 30 ml 溶剂油中,35℃ 条件下,搅拌浸取 3 h,测定两种浸取液的吸光度值,番茄皮为 0.512,番茄糊为 0.204,表明在番茄皮中番茄红素含量远远大于番茄糊中的含量。

## 2.8 粒度对提取率的影响

通常情况下,萃取平衡是受分子内扩散控制的,萃取速率往往受溶质颗粒内部的扩散控制。因此,试验对番茄的破碎情况对番茄红素的提取率进行比较。试验结果表明,番茄糊的粒度越小番茄红素的提取率越高,并且粒度对番茄红素的提取率影响较大。番茄粒度的大小对溶剂法番茄红素的提取率也有较大的影响,影响趋势基本相同。

## 3 结论

(1)番茄红素是油溶性色素,番茄皮中的番茄红素含量远高于番茄糊。用 6# 溶剂油浸取成本低,效果好,对人体无毒害,且溶剂易于回收。使用番茄糊,当物料比为 1:3、浸提时间为 2~3 h、pH 值为 6、浸提温度为 35℃ 时浸提效果最好,若同时在浸提过程中加入助剂,可进一步提高番茄红素的提取率,采用二级浸提能充分提取出色素。而使用 6# 溶剂油的微波辐射法最优浸提条件是:功率 200 W,萃取时间 80 s,物料比 1:2,二级提取。

(2)微波法比溶剂法提取的最大优点是提取时间大大缩短,且提取率较高,溶剂用量较少,而与超临界二氧化碳萃取法相比成本低。但目前微波法萃取只适用于实验室,进行工业化生产的难度较大。

## 参考文献

- [1] 凌关庭.天然食品添加剂手册[M].北京:化学工业出版社,2000
- [2] 张连富.新型功能性食品添加剂——番茄红素[J].中国食品添加剂,1999(4):28~31
- [3] 孙庆杰,丁霄霖.番茄红素的保健作用与开发[J].食品与发酵工业,1999,23(2):45~48