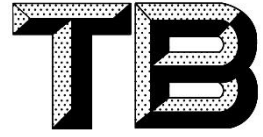


ICS 01.040.67

CCS X 83



# 中国营养保健食品协会团体标准

T/CNHFA 112.4-2024

---

## 保健食品用原料 番茄红素（化学合成）

**Raw Materials for Health Food  
lycopene (Chemical synthesis)**

2024-05-23 发布

2024-06-01 实施

中国营养保健食品协会 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准由中国营养保健食品协会提出并归口。

本标准根据《中国营养保健食品协会团体标准管理办法》制定。

本标准起草单位：北京联合大学应用文理学院保健食品功能检测中心、中粮屯河番茄有限公司、晨光生物科技集团股份有限公司、新疆红帆生物科技有限公司、中粮营养健康研究院和无限极（中国）有限公司。

本标准主要起草人：惠伯棣、闫文杰、李瑶、焦丽卫、刘蕊、高应权、刘沐霖、赵淑娜、卢庆国、黎婉、谭奇敏、崔海滨、申玥琦、程远欣、李文治、焦丽娟。

# 保健食品用原料 番茄红素（化学合成）

## 1 范围

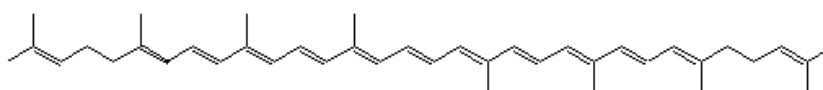
本标准适用于以类胡萝卜素合成中常用的中间体为原料经维蒂（Wittig）烯化反应合成的番茄红素产物，以及根据保健食品剂的需要，在添加或不添加保健食品辅料后，以不同比例稀释和分布的油悬物。

## 2 分子式、结构式和相对分子质量

### 2.1 分子式



### 2.2 结构式



全反式番茄红素分子的结构式

### 2.3 相对分子质量

536.89（按 2016 年国际相对原子质量）

## 3 技术要求

### 3.1 感官要求

番茄红素和油悬物的感官要求应符合表 1 的规定。

表 1 感官要求

项目	要求		检测方法
	番茄红素	油悬液	
色泽	深红色至紫黑色	深红色至紫红色	取适量样品置于清洁、干燥的白瓷盘中，在自然光下，观察其色泽、外观，嗅其气味，检查有无异物。
气味	具有制备物应有的气味，无异味	具有制备物和食用油应有的气味	
状态	晶体，无肉眼可见外来异物	膏状物或油状悬浮物，无肉眼可见外来异物	

### 3.2 理化指标

番茄红素和油悬物的理化指标应符合表 2 的规定。

表 2 理化指标

项目	指标		检测方法
	番茄红素	油悬液	
番茄红素含量，% (W/W)	总番茄红素 $\geq$	96.0	符合声称 附录 A
	其中全-反式-番茄红素 $\geq$	70.0	

铅 (Pb), mg/kg	≤	1.0	GB 5009.12-2017
阿朴-12'-番茄红素醛, ω/%	≤	0.15	GB1886.78-2016 附录 A 中 A.4
三苯基氧磷 (TPPO), ω/%	≤	0.01	GB 1886.78-2016 附录 A 中 A.5

附录 A  
(规范性附录)  
番茄红素几何异构体组成及含量测定

### A.1 一般规定

本方法所用的试剂和水，在没有其它注明时，均指分析纯试剂和 GB/T 6682 中规定的一级水。

### A.2 番茄红素全反式参比样品纯度校准 (UV-VIS 法)

#### A.2.1 试剂和材料

A.2.1.1 二氯甲烷<sup>[1]</sup>。

A.2.1.2 石油醚：沸程：60-90℃。

A.2.1.3 番茄红素全反式异构体参比样品，纯度≥90% (W/W, UV-VIS)，其中全反式异构体含量≥96% (W/W, C30-HPLC)。

注：<sup>[1]</sup>推荐含 0.05% (W/V) 2,6-二叔丁基对甲酚 (BHT) 的二氯甲烷。

#### A.2.2 仪器设备

A.2.2.1 天平：精确至 0.1mg 或 0.01mg。

A.2.2.2 超声波水槽：功率≥90W。

A.2.2.3 冰箱：温度-20℃及以下。

A.2.2.4 紫外-可见分光光度计：扫描范围：190-700nm。

#### A.2.3 试验步骤

##### A.2.3.1 参比样品溶液的制备

##### A.2.3.1.1 参比样品储备液的配制

准确称取参比样品约 5mg (精确至 1.0mg 或 1.00mg)，置于 50mL 棕色容量瓶中。加入少量 (通常 1-5mL) 的二氯甲烷完全溶解 (推荐超声 15-30 秒) 参比样品，加入石油醚定容，混匀，制成储备液。储备液可在-20℃下避光保存 24 小时。

##### A.2.3.1.2 参比样品比色液的配制

准确量取 0.5mL 储备液 (A.2.3.1.1) 于 25mL 棕色容量瓶中，加入石油醚定容，混匀，制成比色液。

##### A.2.3.2 参比样品番茄红素全反式异构体含量的测定

使用光程为 1cm 的比色杯，以石油醚为对照，在最大吸收波长 ( $\lambda_{\max}=472\text{nm}$ ) 下测定比色液 (A.2.3.1.2) 的吸光值。

比色液的吸光值应控制在 0.3-0.7 之间，否则应调整比色液的浓度，重新测定其吸光值。

#### A.2.4 结果计算

按式 (A.1) 计算参比样品中番茄红素全反式异构体的含量：

$$C_{RS-AIIE} = \frac{A \times V \times Y}{A_{1cm}^{1\%} \times M_{RS}} \dots \dots \dots (A.1)$$

式中：

$C_{RS-AIIE}$ ——参比样品中番茄红素全反式异构体的含量 (%)，(W/W)；

A——在溶液最大吸收波长 ( $\lambda_{\max}$ ) 下的吸光值；

V——比色液的初始定容体积 (mL)，在此为 50mL；

Y——稀释倍数；

$A_{1cm}^{1\%}$ ——吸光系数。定义为：在 1cm 光程的比色杯中 1% (W/V) 浓度溶质的理论吸收值。在石油醚中，番茄红素在  $\lambda_{\max}$  处的  $A_{1cm}^{1\%}=3450$ ；

$M_{RS}$ ——参比样品质量 (g)。

### A.3 样品中番茄红素几何异构体的测定 (C30-HPLC 法)

#### A.3.1 试剂和材料

A.3.1.1 二氯甲烷<sup>[1]</sup>。

A.3.1.2 乙腈：色谱纯。

A.3.1.3 甲醇：色谱纯。

A.3.1.4 甲基叔丁基醚 (MTBE)：色谱纯。

注：<sup>[1]</sup>推荐含 0.05% (W/V) 2,6-二叔丁基对甲酚 (BHT) 的二氯甲烷。

### A.3.2 仪器设备

A.3.2.1 天平：精确至 0.1mg 或 0.01mg。

A.3.2.2 超声波水槽：功率 90W 及以上。

A.3.2.3 冰箱：温度-20℃及以下。

A.3.2.4 高效液相色谱仪：配备二元梯度洗脱系统，配备二极管阵列检测器（PDA）。

### A.3.3 试验步骤

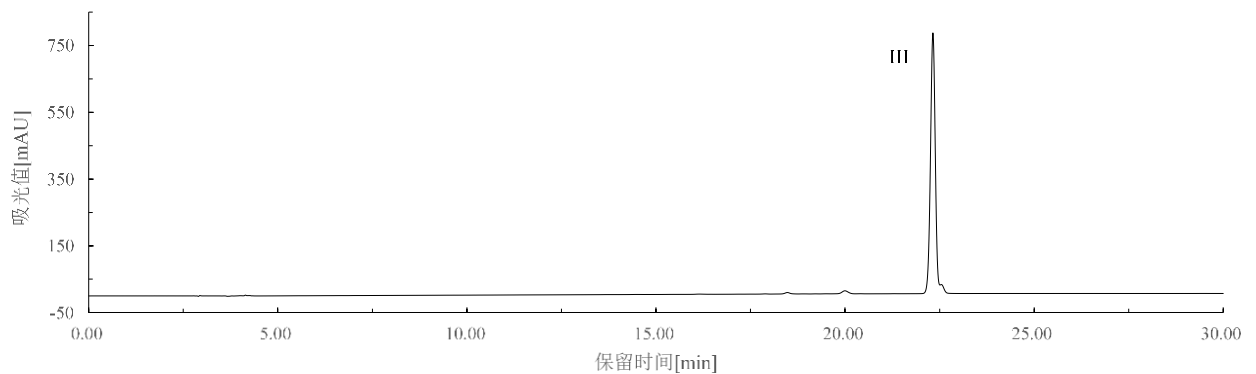
#### A.3.3.1 参考色谱条件

色谱柱：YMC Carotenoid S-5 柱（4.6×250mm, 5 $\mu$ ）或其它等效色谱柱。流动相 A：乙腈-甲醇（3:1, V/V）；流动相 B：MTBE。线性梯度洗脱条件：B 在 18min 内由 0 增加至 80%（V/V）。在 18-30min 内，B 维持 80%。流速：1.0ml/min。PDA 光谱收集范围：260-600nm。色谱图检测波长：471nm。进样量：10 $\mu$ L。柱温：25℃。

#### A.3.3.2 番茄红素全反式异构体标准曲线的制备

准确量取一定量（通常为 2-3mL）的储备液（A.2.3.1.1）至 10mL 棕色容量瓶中，加入二氯甲烷定容，混匀。使其中经纯度校准后（A.2）的番茄红素全反式异构体含量为 20.00 $\mu$ g/mL。然后逐级对半稀释，制成浓度分别为 0.156 $\mu$ g/mL、0.312 $\mu$ g/mL、0.625 $\mu$ g/mL、1.25 $\mu$ g/mL、2.50 $\mu$ g/mL、5.00 $\mu$ g/mL、10.00 $\mu$ g/mL 的系列标准工作液。供高效液相色谱分析，现用现配。以峰面积为纵坐标、浓度为横坐标，制作番茄红素全反式异构体浓度—峰面积标准曲线。

图 A.1 为番茄红素全反式异构体参比样品的 C30-HPLC 色谱图。



图A.1 番茄红素全反式异构体参比样品的C30-HPLC色谱图。色谱条件：按A.4.3.1。组分鉴定：组分III=番茄红素全反式异构体。

#### A.3.3.3 样品溶液的制备

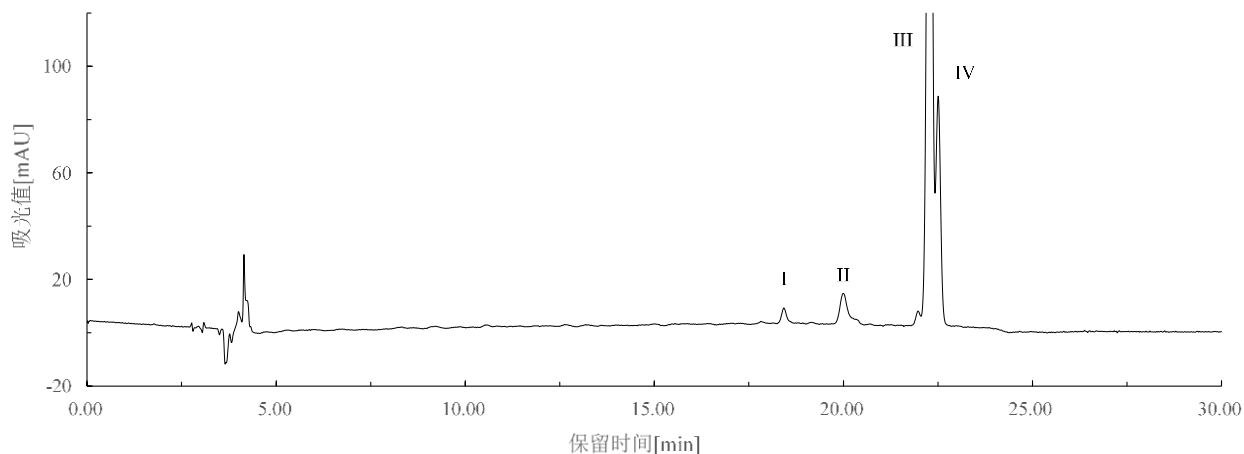
准确称取样品 0.2-0.5g（精确至 1.0mg 或 1.00mg）于 25mL 棕色容量瓶中<sup>[1]</sup>。加入 1-5mL 二氯甲烷，超声溶解 3 次，每次 15 秒。待样品完全溶解后，加入二氯甲烷定容，混匀。准确量取 0.2mL 定容液于 25mL 棕色容量瓶中，加入二氯甲烷定容，混匀，制成样品溶液。供高效液相色谱分析。

注：<sup>[1]</sup>样品包括番茄红素和油悬物。当样品状态为晶体或粉末时，混合均匀后取样。当样品状态为膏状或油悬浮物时，需在水浴中加热至 50℃，经过充分搅动，使其流动性增加，并混合均匀后取样。

#### A.3.3.4 样品中番茄红素几何异构体的测定

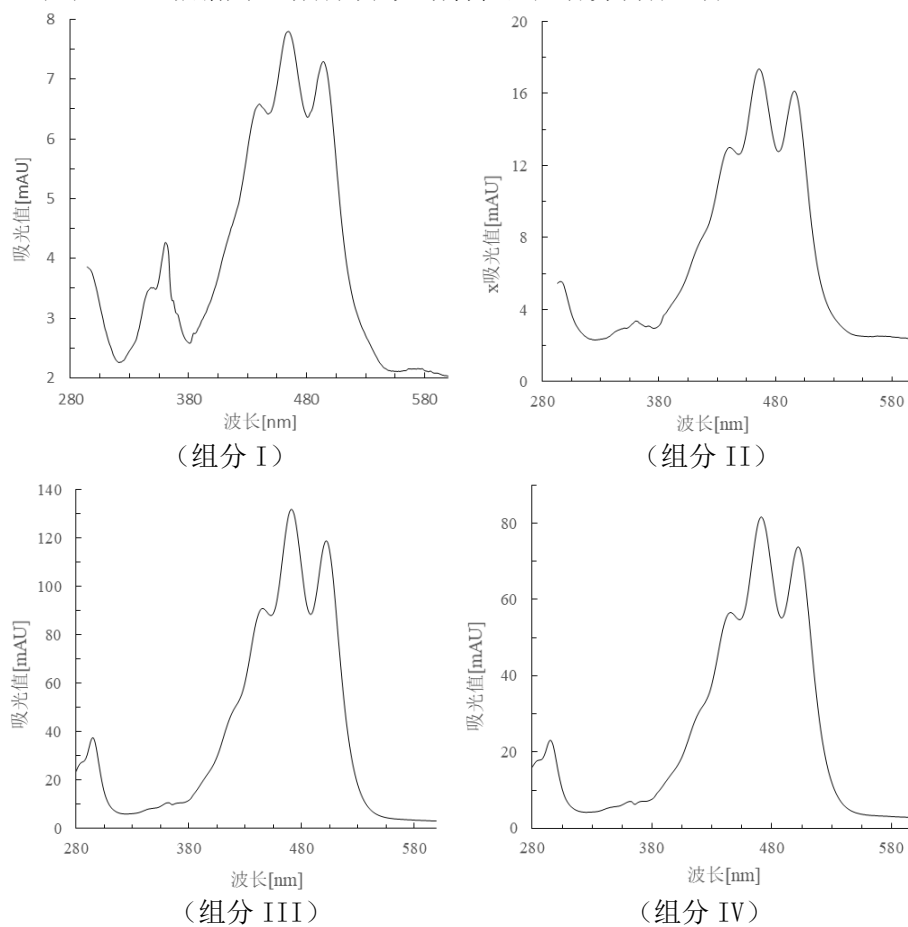
##### A.3.3.4.1 样品中番茄红素几何异构体的定性

按 A.3.3.1 节所述色谱条件，对样品进行色谱分析。图 A.2 为样品的 C30-HPLC 色谱图。



图A.2 样品的C30-HPLC色谱图。色谱条件：按A.4.3.1。

根据其保留时间和光谱特征（例如： $\lambda_{\max}$  等）与参比样品数据的比较，二者在保留时间和光谱特征一致时，可鉴定样品色谱图上组分 III 为番茄红素全反式异构体组分。样品中番茄红素顺式（Z）异构体的色谱行为（如选择性）和光谱特征（如 $\lambda_{\max}$ 、顺式吸收峰波长和顺式吸收峰相对强度等）的比较见图 A.3 和表 A.4。根据其色谱行为和光谱特征鉴定各异构体组分。



图A.3 组分I、II、III和IV的紫外-可见光光谱图（采集自PDA）。溶剂：C30-HPLC流动相。

表A.4 各组分的光谱特征、色谱行为和鉴定

组分	保留时间 (min)	选择性 ( $\alpha_{Z-AllE}$ ) <sup>[1]</sup>	$\lambda_{max}$ (nm)	顺式吸收峰 波长 (nm)	顺式吸收峰 相对强度 <sup>[2]</sup>	化合物名称
I	18.43	0.7932	465	360	0.3871	13 顺式-番茄红素
II	19.99	0.8967	466	360	0.0677	9 顺式-番茄红素
III	22.28	1.0000	471	—	—	全反式番茄红素
IV	22.51	1.0122	471	362	0.0541	5 顺式-番茄红素

注:

<sup>[1]</sup> 选择性 ( $\alpha_{Z-AllE}$ ):

按式 (A.2) 计算各组分的选择性:

$$\alpha_{Z-AllE} = \frac{t_Z - t_0}{t_{AllE} - t_0} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

 $\alpha_{Z-AllE}$ ——顺式异构体组分相对于全反式异构体组分在柱色谱过程中的选择性; $t_0$ ——在柱色谱过程中, 样品溶剂峰的绝对保留时间 (min); $t_Z$ ——顺式异构体组分在色谱过程中的绝对保留时间 (min); $t_{AllE}$ ——全反式异构体组分在色谱过程中的绝对保留时间 (min)。<sup>[2]</sup> 顺式吸收峰相对强度:

按式 (A.3) 计算各组分的顺式吸收峰相对强度:

$$RI = \frac{I'}{I} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

 $RI$ ——顺式吸收峰相对强度; $I$ ——主吸收带  $\lambda_{max}$  处的吸光值 (峰高), 以 600nm 处的吸光值为 0 点; $I'$ ——顺式吸收带  $\lambda_{max}$  处的吸光值 (峰高), 以 600nm 处的吸光值为 0 点。

## A.3.3.4.2 样品中番茄红素几何异构体的定量

在色谱图 (图 A.2) 上积分计算番茄红素全反式异构体组分的峰面积。以试样中番茄红素全反式异构体组分峰面积与标准曲线比较定量。样品中番茄红素全反式异构体组分的峰面积应在标准曲线的线性范围内。否则应调整样品的稀释倍数后, 进行分析检测。

按式 (A.4) 计算样品中番茄红素全反式异构体组分的含量。

$$C_{AllE} = \frac{C_{AllE'} \times V \times \text{稀释倍数}}{M_S \times 10^4} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

 $C_{AllE}$ ——样品中番茄红素全反式异构体的含量 (% , W/W); $C_{AllE}'$ ——从标准曲线查得的试样中番茄红素全反式异构体浓度的数值 ( $\mu\text{g/mL}$ ); $V$ ——样品液的初始定容体积 (mL); $M_S$ ——样品质量 (g)。

在色谱图 (图 A.2) 上积分计算番茄红素顺式异构体组分 I、II 和 IV 的峰面积。根据番茄红素全反式异构体标准曲线, 以全反式番茄红素含量计, 定量 3 个顺式异构体组分。计算结果分别乘以不同的校正系数, 换算成各顺式异构体的含量。各异构体的吸光系数 ( $A_{1cm}^{1\%}$ ) 和校正系数见表 A.5。

表 A.5 各番茄红素几何异构体的  $A_{1cm}^{1\%}$  和校正系数

组分编号	化合物名称	$A_{1cm}^{1\%}$	校正系数 <sup>[1]</sup>
I	13 顺式-番茄红素	1116	0.3246
II	9 顺式-番茄红素	2181	0.6344
III	全反式番茄红素	3438	1.0000
IV	5 顺式-番茄红素	3421	0.9951

注:

<sup>[1]</sup>校正系数:



按式 (A.5) 计算各校正系数:

$$CC_{AllE-nZ} = \frac{A_{1cmnZ}^{1\%}}{A_{1cmAllE}^{1\%}} \dots \dots \dots (A.5)$$

式中:

$CC_{AllE-nZ}$ ——番茄红素各顺式异构体含量的换算系数。 $n=5、9$  或  $13$ ;

$A_{1cmnZ}^{1\%}$ ——在  $1cm$  光程长的比色杯中,  $1\%$  (W/V) 浓度的番茄红素各顺式异构体的理论吸收值。 $n=5、9$  或  $13$ ;

$A_{1cmAllE}^{1\%}$ ——在  $1cm$  光程长的比色杯中,  $1\%$  (W/V) 浓度的番茄红素全反式异构体的理论吸收值。

按式 (A.6) 计算各顺式番茄红素异构体的含量:

$$C_{nZ} = \frac{C_{nZ-AllE}}{CC_{AllE-nZ}} \dots \dots \dots (A.6)$$

式中:

$C_{nZ}$ ——样品中番茄红素各顺式异构体含量 (% , W/W)。 $n=5、9$  或  $13$ ;

$C_{nZ-AllE}$ ——样品中番茄红素各顺式异构体含量 (% , W/W), 以全反式异构体含量计。 $n=5、9$  或  $13$ ;

$CC_{AllE-nZ}$ ——番茄红素各顺式异构体含量的换算系数,  $n=5、9$  或  $13$ 。

### A.3.3.6 样品中总番茄红素含量的计算

按式 (A.7) 或式 (A.8) 计算样品中总番茄红素的含量:

$$C_{Total} = \frac{C_{13Z-AllE}}{CC_{AllE-13Z}} + \frac{C_{9Z-AllE}}{CC_{AllE-9Z}} + C_{AllE} + \frac{C_{5Z-AllE}}{CC_{AllE-5Z}} \dots \dots \dots (A.7)$$

式中:

$C_{Total}$ ——总番茄红素含量 (% , W/W);

$C_{13Z-AllE}$ ——样品中 13-顺式番茄红素异构体含量 (% , W/W), 以全反式异构体含量计;

$C_{9Z-AllE}$ ——样品中 9-顺式番茄红素异构体含量 (% , W/W), 以全反式异构体含量计;

$C_{AllE}$ ——样品中番茄红素全反式异构体的含量 (% , W/W);

$C_{5Z-AllE}$ ——样品中 5-顺式番茄红素异构体含量 (% , W/W), 以全反式异构体含量计;

$CC_{AllE-13Z}$ ——13-顺式番茄红素异构体含量的换算系数;

$CC_{AllE-9Z}$ ——9-顺式番茄红素异构体含量的换算系数;

$CC_{AllE-5Z}$ ——5-顺式番茄红素异构体含量的换算系数。

$$C_{Total} = C_{13Z} + C_{9Z} + C_{AllE} + C_{5Z} \dots \dots \dots (A.8)$$

式中:

$C_{Total}$ ——总番茄红素含量 (% , W/W);

$C_{13Z}$ ——样品中 13-顺式番茄红素异构体含量 (% , W/W);

$C_{9Z}$ ——样品中 9-顺式番茄红素异构体含量 (% , W/W);

$C_{AllE}$ ——样品中番茄红素全反式异构体的含量 (% , W/W);

$C_{5Z}$ ——样品中 5-顺式番茄红素异构体含量 (% , W/W)。

实验结果以平行测定结果的算术平均值为准。在重复性条件下, 每个样品进样 6 次或以上, 要求  $RSD \leq 3.00\%$  ( $n \geq 6$ )。