

浑浊型番茄饮料稳定性研究

潘江球, 郭赛厚, 石旭东

(广东海洋大学食品科学与工程系, 广东 湛江 524025)

摘 要: 本研究主要对番茄饮料在加工贮藏过程中易出现分层、色泽变淡等稳定性降低的现象进行研究。结果表明: 单一稳定剂的稳定效果是: 琼脂>黄原胶>CMC-Na。单一稳定剂的口感效果是: 琼脂>CMC-Na>黄原胶。正交试验结果表明: 使用质量比为0.05%的黄原胶、0.1%的琼脂的复配增稠剂饮料的稳定性最好。番茄红素对热有较好的稳定性, 在100℃以下加热损失率不大; 对光不稳定, 在强烈的日光直射下, 1h后残存率就降到36.7%; 茶多酚对番茄红素保护效果浓度在0.06%时的效果最好, VC浓度为0.08%时保护效果最佳。由正交试验得到的最佳工艺参数为: 番茄原汁、白砂糖、复合增稠剂、柠檬酸、VC和茶多酚的含量分别30%、8%、0.15%、0.20%、0.013%和0.02%。

关键词: 番茄汁; 番茄红素; 稳定性

Study on Stability of Cloudy Tomato Beverages

PAN Jiang-qiu, GUO Sai-hou, SHI Xu-dong

(Department of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: The stabilities of food thickening agent layering and the lycopene luster darkening during production and storage were studied. The stability effects of the single stabilizers are in the following ranking order: agar>xanthan gum>CMC-Na and the mouthfeel effects of stabilizers: agar>CMC-Na>xanthan gum. The orthogonal tests showed that when used as mixed thickening (0.05% xanthan gum and 0.1% agar together in mass mixture), the stability of the beverage is the best. The lycopene is much stable against heat with low heating loss at 100℃, but is unstable under the effects of strong sunlight for 1h that the remains drop to 36.7%. The 0.06% tea polyphenol and 0.08% VC added respectively show good protection effects on lycopene. The optimal processing parameters for raw tomato juice, sugar, composite thickening agent, citric acid, VC and tea polyphenol obtained from orthogonal tests are 30%, 8%, 0.15%, 0.013% and 0.02%, respectively.

Key words tomato juice; lycopene; stability

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)08-0138-06

番茄(*Lycopersicon esculentum*)又称西红柿, 是一年生茄科草本植物。番茄色泽鲜艳、酸甜适口、肉质鲜美、皮薄多汁、营养丰富。番茄中有丰富的胡萝卜素、VB、VC, 番茄果实中钙、磷、铁等, 含量均超过一般水果, 还有对保护血管健康、防治高血压有一定作用的芦丁, 番茄中的特殊成分——番茄红素。番茄红素及其主要食物来源的番茄和番茄制品具有抗氧化、能抑制基因突变、降低核酸损伤、减少心血管疾病及预防癌症等多种功效, 正日益受到营养界的关注, 美国《时代》杂志上曾介绍了10种对现代人最健康的食品, 其中番茄(俗称西红柿)位居榜首^[1-4]。番茄的营养价值和保健作用, 增加了人类对它的开发利用, 番茄酱、番茄沙司、番茄汁饮料开始进入百姓家庭, 销售量呈逐年上升趋势, 番茄汁饮料处于发展起步阶段, 据

专家预测, 番茄汁将成为需求量最大的果蔬饮料, 其市场潜力巨大。番茄饮料的果肉颗粒、果胶、单宁、蛋白质等组分间的相互作用可引起饮料不稳定, 在加工贮藏过程中易出现分层^[5-7], 番茄红素在加工和贮藏过程中容易发生氧化降解, 番茄红素的降解不但会影响产品的色泽, 而且会降低产品的营养价值。本实验针对番茄饮料在加工贮藏过程中易出现分层、色泽变淡及稳定性降低等现象进行研究, 改进加工工艺, 以期得到色泽鲜艳、均匀稳定、口感自然的保健饮料, 为番茄饮料加工提供一定的思路。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

收稿日期: 2006-08-30

作者简介: 潘江球(1966-), 女, 副研究员, 硕士, 主要从事生物技术及食品加工的研究。

番茄 广东湛江湖光市场; 白砂糖 一级白砂糖; 山梨酸钾(分析纯) 广州化学试剂厂; 柠檬酸(分析纯) 汕头光华化学厂; VC(分析纯) 广州化学试剂厂; 茶多酚(TPE)(无毒级); 石油醚(分析纯) 广州化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

JM-L 系列胶体磨 温州市鹿城乳化机械公司; GYB60-6S型高压均质机 上海东华高压均质机厂; 722S型可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司; DK-98-I型电子恒温水浴锅 余姚市东方电工仪器厂; 101-3-BS-II电热恒温鼓风干燥箱 宁波市机电工业研究设计院; 电子分析天平 上海精密科学仪器有限公司; 电炉 广州万通电器。

1.3 方法

1.3.1 番茄汁饮料的生产工艺^[8-9]

番茄原料→验收→去蒂、清洗→热烫、去皮→破碎→过滤→榨汁→调配→均质→杀菌→热灌装→冷却→成品

1.3.1.1 原料选择

选择新鲜、成熟度适当、颜色鲜红无虫害、香味浓郁、可溶性固形物大于5%以上的番茄作原料。

1.3.1.2 去蒂清洗

将选好的番茄果实剔除果蒂,用清水洗去附着在上面的泥沙、病原菌及残留农药。

1.3.1.3 热烫去皮

将番茄放进100℃的水中浸5~10s,然后将表面爆裂的皮剥去。

1.3.1.4 破碎

用菜刀将番茄切碎,再用搅拌机搅拌4~6min。

1.3.1.5 过滤

将破碎后的番茄用滤布过滤,去除番茄籽和番茄皮等。

1.3.1.6 榨汁

用胶体磨细磨,然后得到番茄汁。

1.3.1.7 调配

称取适量的白砂糖、柠檬酸及稳定剂加入少量热蒸馏水中溶解,然后与番茄汁混合均匀,并用蒸馏水定容到适当浓度。

1.3.1.8 均质

将调配好的番茄汁进入均质机均质,使果肉进一步细化,并可防止沉淀。

1.3.1.9 杀菌

将均质后的番茄汁进行巴氏杀菌,条件为80℃下维持8~10min。

1.3.1.10 热灌装

将杀菌的番茄汁,迅速灌装到经杀菌的塑料瓶中,封口。

1.3.1.11 冷却

1.3.2 分层程度的测定

在调配过程中,固定糖和柠檬酸的用量分别为8%、0.2%,再在番茄汁加入一定量的高分子增稠剂,经均质、热灌装、冷却后放置一段时间,观察饮料分层情况及上清液和果肉沉淀高度,并按下式计算分层程度。

$$\text{分层程度}(\%) = \frac{\text{上清液高度}}{\text{饮料液面总高}} \times 100$$

1.3.3 番茄红素的比色测定^[10-11]

取等体积的番茄汁与石油醚,反复萃取三次,再合并萃取液。然后分别放置于所要测定的环境条件下,定时取样,测试其在472nm的吸光度,计算色素残存率。

1.3.4 抗氧化剂对番茄红素稳定性的影响

用电子分析天平分别称量出所要测定的抗氧化剂,添加到100%的番茄原汁中,摇匀,然后在室内自然放置1d。取样后用722S型可见分光光度计测其在472nm下的吸光度,通过吸光度的折线图,分析其影响趋势。

2 结果与分析

2.1 增稠剂对饮料稳定性的影响

番茄汁饮料营养丰富、色泽鲜艳、风味自然、功能性强,在国内外市场颇受欢迎,但番茄饮料在加工贮藏过程中易出现分层,要使番茄饮料的分层现象能得到有效的解决,就需要加入一定量的增稠剂。目前,国内饮料行业常用的增稠剂有黄原胶、琼脂、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、卡拉胶和瓜尔豆胶等,由于这些增稠剂的分子组成不同,其在饮料中的表现性质也不同,尤其在酸性和加热条件下,其特性有很大差异。本实验比较了黄原胶、琼脂、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)三种不同的增稠剂在不同浓度下对番茄饮料风味、口感稳定性的影响。

2.1.1 CMC-Na 对饮料稳定性的影响

本实验选用羧甲基纤维素钠(CMC-Na)作为稳定剂,比较它们对番茄饮料的分层抑制作用,放置天数为8d,测定其分层程度结果如图1(试管料液高度150mm)。

从图1中可以看出,在4℃时,8d后番茄饮料有分层现象出现,但不是很明显,温度达到35℃时,番茄饮料分层现象变得很明显;浓度低至0.1%时,对番茄饮料的稳定作用较好,随着浓度的增大,CMC-Na的稳定作用越差,当浓度大至0.3%时,其对番茄饮料的稳定作用较差,温度达到35℃时,上清液高度达

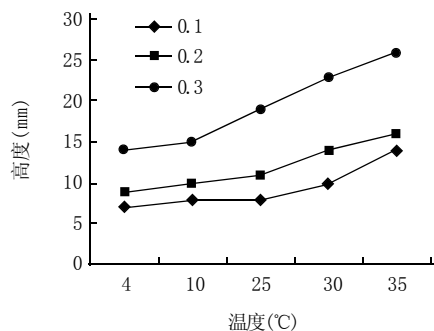


图1 CMC-Na对番茄饮料稳定性的影响

Fig.1 Stability effects of CMC-Na to tomato juice

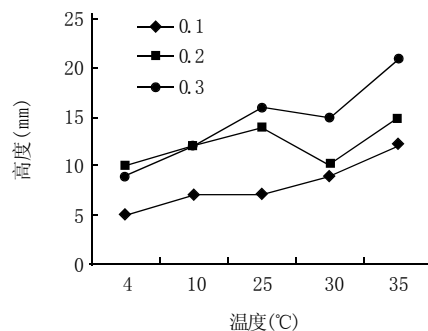


图3 黄原胶对番茄饮料稳定性的影响

Fig.3 Stability effects of xanthan gum to tomato juice

26mm, 分层程度达17.3%。

2.1.2 琼脂对饮料稳定性的影响

本实验选用琼脂作为稳定剂, 比较它们对番茄饮料的分层抑制作用, 放置天数为8d, 测定其分层程度结果如图2(试管料液高度150mm)。

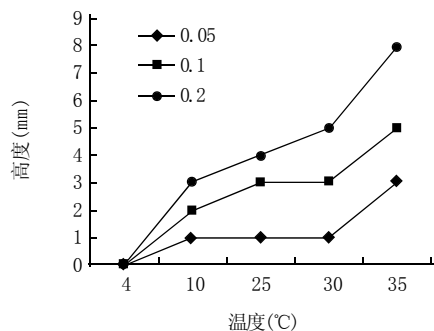


图2 琼脂对番茄饮料稳定性的影响

Fig.2 Stability effects of agar to tomato juice

从图2中可以看出, 琼脂对番茄饮料的稳定作用最好, 在4℃时, 8d后番茄饮料没有分层现象出现, 温度达到35℃时, 番茄饮料分层现象仍不明显; 琼脂浓度低至0.05%时, 对番茄饮料的稳定作用最好, 当浓度大至0.2%时, 其对番茄稳定作用明显减弱。

2.1.3 黄原胶对饮料稳定性的影响

本实验选用黄原胶作为稳定剂, 比较它们对番茄饮料的分层抑制作用, 放置天数为8d, 测定其分层程度结果如图3(试管料液高度150mm)。

黄原胶对番茄饮料的稳定作用次之, 在4℃时, 8d后番茄饮料有分层现象出现, 但不是很明显, 温度达到35℃时, 番茄饮料分层现象变得很明显; 浓度低至0.1%时, 对番茄饮料的稳定作用一般, 当浓度大至0.3%时, 其对番茄饮料的稳定作用较差。总之, 温度越低, 增稠剂对番茄饮料的稳定作用就越好; 浓度过大增稠剂对番茄饮料的稳定作用明显减弱。

2.1.4 增稠剂对饮料口感的影响

选用琼脂、CMC-Na、黄原胶作稳定剂, 静置存放20d后测定它的风味和口感。结果见表1。

表1 各种稳定剂口感效果的比较
Table 1 Mouthfeel effects of different stabilizer

稳定剂	使用量	产品稳定	口感	效果
琼脂	0.20	少量分层	流畅	一般
黄原胶	0.20	有沉淀	黏稠	差
CMC-Na	0.20	分层	流畅	差
琼脂+CMC-Na	0.1~0.15	很少分层	清爽	好

由表1可知, 单一稳定剂的口感效果是: 琼脂>CMC-Na>黄原胶。使用单一稳定剂不如复合效果好, 这是稳定剂互相作用形成一种新型网络结构并长期稳定在分散介质中造成的。

2.1.5 增稠剂对饮料稳定性的影响正交试验

在上述实验的基础上, 利用正交试验研究这三种不同浓度配比的稳定剂对番茄汁稳定性的影响, 结果见表3。

表2 正交试验因素水平设计表
Table 2 Orthogonal test design

试验号	A	B	C
	CMC-Na (%)	琼脂 (%)	黄原胶 (%)
1	0.00	0.03	0.05
2	0.03	0.05	0.08
3	0.05	0.10	0.10

由表3的结果分析可知, R值B>C>A。这说明: 琼脂的稳定效果最好, 其次为黄原胶, 羧甲基纤维素钠的稳定效果较差; 根据K值的大小, 稳定剂的最佳组合为A₁B₃C₁, 就是使用浓度为0.05%的黄原胶、0.1%的琼脂, 不使用CMC-Na, 因为CMC-Na会和琼脂产生拮抗作用, 从而降低它们的稳定效果, 然而低浓度的黄原胶就会和琼脂形成增效作用, 因此, 在上述实验的基础上, 利用正交试验研究这三种不同浓度配比的稳定剂对番茄汁稳定性的影响。结果表明: 使用质量比为0.05%的黄原胶、0.1%的琼脂的复配增稠剂饮

表3 正交试验结果
Table 3 Results of orthogonal test

试验号	A	B	C	分层程度(%)
1	1	1	1	2.7
2	1	2	2	9.1
3	1	3	3	3.5
4	2	1	2	11.4
5	2	2	3	9.5
6	2	3	1	3.4
7	3	1	3	8.5
8	3	2	1	9.3
9	3	3	2	5.6
K ₁	15.3	22.6	15.4	
K ₂	24.3	27.9	26.1	
K ₃	23.4	12.5	21.5	
R	3.0	5.1	3.6	

料的稳定性最好。

2.2 番茄红素稳定性的研究

2.2.1 温度对番茄红素稳定性的影响

为了考察温度对番茄红素的稳定性的影响,将番茄红素的萃取液分别在4℃、室温(30℃)、75℃和100℃的温度条件下放置,每隔1h测定一次残存率,结果如表4所示。4℃时的残存率在头3h分别达到99%、98.4%和98.1%,总下降1.9%;室温(30℃)时分别为98.2%、97.6%和97%,总下降3%;75℃时分别为88.3%、87.8%和87.4%,总下降12.6%;100℃时则分别为79%、73.5%和70.2%,总下降29.7%。其变化规律是,在第1h内有较为明显的损失,并随着温度的加大而增大,其后温度对番茄红素稳定性的破坏逐渐减小。可见番茄红素对热具有较好的稳定性,在100℃以下,加热损失率不大。

表4 不同温度条件对色素的影响
Table 4 Effects of different temperatures on stability of lycopene

温度(℃)	指标	时间(h)			
		0	1	2	3
4	吸光度	0.681	0.674	0.670	0.668
	残存率(%)	100	99	98.4	98.1
30	吸光度	0.681	0.669	0.665	0.661
	残存率(%)	100	98.2	97.6	97
75	吸光度	0.681	0.601	0.598	0.595
	残存率(%)	100	88.3	87.8	87.4
100	吸光度	0.681	0.538	0.501	0.478
	残存率(%)	100	79	73.5	70.2

2.2.2 光对番茄红素稳定性的影响

为了考察光对番茄红素的稳定性的影响,将番茄红素的萃取液分别在暗处、室内散射光和室外直射日光的条件下放置,并在第1、3和7h测定一次残存率,结果如表5所示。番茄红素在暗处则较为稳定,7h后残

存率仍达97%;在较为明亮的室内散射光下,番茄红素也有严重的损失,1h后几乎损失10%,第3h、第7h后的残存率分别降至76.0%和58.8%;在强烈的日光直射下,1h后残存率就降到36.7%,日光直射下半天番茄红素基本上损失殆尽。由此可见,番茄红素对光十分敏感,尤其是日光的直射。

表5 光对番茄红素稳定性的影响
Table 5 Effects of photo on the stability of lycopene

条件	指标	时间(h)			
		0	1	3	7
暗处	吸光度	0.681	0.669	0.663	0.661
	残存率(%)	100	98.2	97.3	97
室内散射光	吸光度	0.681	0.618	0.518	0.400
	残存率(%)	100	90.8	76.0	58.8
室外日光	吸光度	0.681	0.250	0.051	—
	残存率(%)	100	36.7	7.5	—

2.2.3 抗氧化剂茶多酚和VC对番茄红素稳定性的影响

为了提高番茄红素的稳定性,有效降低番茄红素在加工和贮藏过程中的氧化降解,以期得到色泽鲜艳番茄汁饮料,可以通过往番茄汁中加入抗氧化添加剂的方法提高其稳定性,本实验选择茶多酚和VC这两种抗氧化添加剂来进行研究。试样在室内自然放置1d后进行比色测定,由于100%番茄原汁的透射比远远达不到100%,所以对比液选25%的番茄原汁,结果如图4。

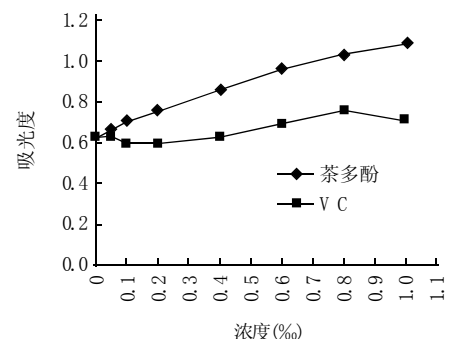


图4 不同浓度抗氧化剂对番茄汁色素稳定性的影响

Fig.4 Effects of different antioxidants on stability of lycopene

从图4可以看出,茶多酚的浓度越高,吸光度就越大,VC却没有这种效果,其重要原因是茶多酚本身具有褐色,而VC溶液是透明无颜色的。茶多酚对番茄红素的保护效果最好,随着浓度的增大,茶多酚对番茄红素的稳定作用也增强;然而,由于茶多酚自身也带有很强的褐色,考虑到茶多酚的浓度越高,其褐色就会掩盖了番茄红素的鲜红颜色,其掩盖作用在浓度为0.6%以上时表现明显,因此将0.6%作为最佳用量。VC对番茄红素的影响受浓度的影响有不同的效果,在浓度较低时,VC对色素有促进降解的作用,当浓度

在 0.6% 以上时, 可提高番茄红素的稳定性, 以 0.8% 时的效果最佳。

2.2.4 茶多酚对番茄色素贮藏稳定性的影响

根据上述的研究, 其它条件一致的情况下, 比较添加 0.6% 茶多酚的番茄汁及未添加任何抗氧化剂番茄汁的色素稳定性。

用电子分析天平分别称量出所要测定的抗氧化剂, 添加到 100% 的番茄原汁中, 摇匀, 然后在室内 (贮藏温度为 30℃ 左右) 自然放置 1d。测其吸光度, 通过吸光度的折线图, 分析其影响趋势。

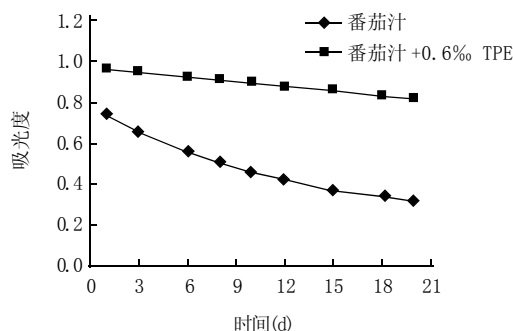


图5 番茄汁色素的贮藏稳定性
Fig.5 Stability of lycopene during storage

由图 5 可知, 不加茶多酚的番茄汁在室温光照条件下贮藏, 其色素的损失很明显, 20 d 后, 残存率仅为 43%; 而添加茶多酚的番茄汁稳定性较好, 在室温下长期放置其色素的损失率较低, 20 d 后残存率达到 85%, 这表明茶多酚对番茄红素具有很好的保护作用。

2.2.5 最佳工艺参数的优选

为得到对番茄红素稳定性及番茄汁加工工艺的最佳配方, 使产品在颜色、香味、稳定性及口感方面达到最好的效果, 在制取番茄汁的过程中, 固定选取番茄原汁含量 30%、糖 8%、复合增稠剂 0.15% 和少许防腐剂山梨酸钾, 然后用 VC、茶多酚和柠檬酸作三因素三水平正交试验, 重点考察添加剂对番茄红素稳定性的保护作用。在此所选用的复合增稠剂为质量比 1:2 的黄原胶、琼脂复合增稠剂。由于番茄原汁含量为 30%, 抗氧化剂的最高参数设计为单因素试验结果的 1/3 左右。柠檬酸的酸味爽快可口, 在此还可用作抗氧化剂的增强剂, 因此在正交试验中作为一个因素。

试样在室内自然放置 3d 后进行分数评定, 其中香味、稳定与口感是通过感官评定, 色泽的评定是通过比色测定的方法进行, 如表 7 最高吸光度为满分 50 分, 并由此折算出其它吸光度的评分值。

由表 8 可见, 茶多酚对番茄稳定性的影响最大, R 值达到 21, 茶多酚 0.02% 浓度的 K 值 269 也是最高的; VC 对色泽的影响不是很大, 以 0.013% 的浓度为最佳;

表 6 试验因素水平设计表
Table 6 Orthogonal test design

试验号	A	B	C
	VC (%)	茶多酚 (%)	柠檬酸 (%)
1	0	0	0.20
2	0.013	0.01	0.25
3	0.026	0.02	0.30

表 7 番茄汁色泽与评分对照表
Table 7 Comparison of color and grade

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
吸光度	0.531	0.652	0.758	0.606	0.682	0.728	0.637	0.667	0.697
评分	35	43	50	40	45	48	42	44	46

表 8 正交试验设计及计算分析
Table 8 Results of orthogonal test

试验号	A	B	C	分数组成				综合评分
				香味 10	稳定 20	口感 20	色泽 50	
1	1	1	1	8	18	17	35	78
2	1	2	2	7	18	16	43	84
3	1	3	3	8	17	15	50	90
4	2	1	2	9	20	16	40	85
5	2	2	3	8	19	16	45	88
6	2	3	1	8	17	18	48	91
7	3	1	3	8	19	15	42	84
8	3	2	1	8	17	16	44	85
9	3	3	2	7	18	16	46	87
K ₁	252	247	254					
K ₂	264	257	256					
K ₃	256	268	262					
R	12	21	8					

柠檬酸 R 值最小, 其影响主要体现在口感与色泽方面上, 考虑到口感的需要这里取口感效果最好的浓度 0.02%。由此可得最佳的组合为 A₂B₃C₁。正交试验得到对番茄红素稳定性及番茄汁加工工艺的最佳工艺参数为: VC 0.013%、茶多酚 0.02%、柠檬酸 0.20%。

3 结 论

3.1 温度越低, 增稠剂对番茄饮料的稳定作用就越好, 琼脂对番茄饮料的稳定作用最好, 单一稳定剂的稳定效果是: 琼脂 > 黄原胶 > CMC-Na。单一稳定剂的口感效果是: 琼脂 > CMC-Na > 黄原胶。

3.2 利用正交试验研究这三种不同浓度配比的稳定剂对番茄汁稳定性的影响, 结果表明: 使用质量比 1:2 的黄原胶、琼脂复配增稠剂稳定效果最好, 并结合其对口感和风味的影响, 最终决定在饮料中的添加质量比 1:2 的黄原胶、琼脂复配增稠剂, 用量为 1.5%。

3.3 番茄红素对热有很好的稳定性, 变化规律是, 在第 1h 内有较为明显的损失, 并随着温度的加大而增大, 其后温度对番茄红素稳定性的破坏逐渐减小, 常温条件

水溶性橙皮苷的合成及结构表征

陈 平¹, 樊瑞胜², 聂 芊¹

(1. 哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076

2. 蒙牛乳业集团股份有限公司技术中心, 内蒙古 呼和浩特 011500)

摘 要: 对橙皮苷进行了结构修饰。通过磺化反应合成出水溶性较强的橙皮苷磺酸钠, 利用 IR 和 MS 对磺化改性产物进行了结构表征。最佳反应条件为温度 15℃, 每克橙皮苷加入浓硫酸 6ml, 反应 2h, 得黄色橙皮苷磺酸钠粉末, 产率为 52.6%。

关键词: 橙皮苷; 磺化反应; 结构表征

Synthesis and Structure Characterization of Water-soluble Hesperidin

CHEN Ping¹, FAN Rui-sheng², NIE Qian¹

(1. School of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China;

2. Technology Centre of Inner Mongolia Mengniu Dairy (Group) Co. Ltd., Huhhot 011500, China)

Abstract: Structure of hesperidin was modified. The water-soluble sodium hesperidin sulfonate was synthesized by sulfonated reaction with concentrated H₂SO₄, and its structure was characterized by IR and MS. The best reaction conditions are that 6 ml sulphuric acid added in 1 g hesperidin, reaction time 2 h and reaction temperature 15 °C. The yellow sodium hesperidin sulfonate powder was obtained with the yield 52.6%.

Key words hesperidin; sulfonation reaction; structure characterization

收稿日期: 2007-05-26

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(B200507)

作者简介: 陈平(1958-), 男, 教授, 研究方向为食品生化技术。

下, 加热损失率不大。

3.4 番茄红素对光十分不稳定, 在强烈的日光直射下, 1h 后残存率就降到 36.7%, 一天即可让其损失殆尽。

3.5 茶多酚对番茄红素的稳定性有很大的保护作用, 尤其以 0.06% 的效果最佳, 而且茶多酚还具有清除自由基、抗癌抑菌等多种保健作用; VC 对番茄红素的稳定性也有一定的保护作用, 单因素试验时 0.08% 的浓度效果最佳。

3.6 固定番茄原汁含量 30%、糖 8%、复合增稠剂 0.15% 和少许防腐剂山梨酸钾, 以 VC、茶多酚和柠檬酸作三因素三水平正交试验, 得到对番茄红素稳定性及番茄汁加工工艺的最佳工艺参数为: VC 0.013%、茶多酚 0.02%、柠檬酸 0.20%。

参考文献:

[1] 钱玉全. 当代人最健康的食品——番茄[J]. 当代生态农业, 2004(2): 123-124.

[2] ASAI A, YAMADA Y, NAKAGAWA K, et al. Antioxidative effect of concentrated plastids of tomato fruit in rats[J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, 2000, 47(9): 716-721.

[3] 吕春雷, 皮士卿, 刘云凤. 番茄红素——具有保健功能的天然色素[J]. 中国食品添加剂, 2005(3): 55-57.

[4] NR Z, HARTAL D. Tomato lycopene the phytonutrient of the new millennium[J]. Leatherhead Food RA Food Industry Journal, 2000, 3(3): 208-219.

[5] 戚向阳, 彭光华, 陈维军. 浑浊型番茄饮料稳定性的研究[J]. 饮料工业, 2003, 24(8): 47-48.

[6] 罗昌荣, 麻建国, 许时婴. 破碎温度对番茄浆流变性质与果胶分子结构的影响[J]. 食品科学, 2001, 22(8): 22-29.

[7] CALLAHER D M, GALLAHER K L, GALLAHER D A. Method for improving the texture of tomato paste products: United States, 5.965190 (US415011) [P]. 1999.

[8] 司瑞敬. 关键工艺步骤对番茄汁品质的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.

[9] 冀智勇, 吴荣书, 刘智梅. 番茄汁饮料加工技术研究[J]. 现代食品科技, 2006(1): 51-54.

[10] 冯晓梅, 韩玉谦, 隋晓, 等. 番茄红素稳定性的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2003(11): 875-880.

[11] 罗昌荣, 许时婴. 番茄红素稳定性研究[J]. 食品科学, 2002(8): 33-37.