

# 真空浓缩对绿芦笋汁营养品质和风味的影响

陈学红<sup>1</sup>, 马利华<sup>1</sup>, 宋慧<sup>1</sup>, 孙红<sup>1</sup>, 郑永华<sup>2</sup>

(1. 徐州工程学院食品工程学院, 江苏徐州 221000) (2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095)

**摘要:** 为了探讨真空浓缩对绿芦笋汁营养品质和风味的影响, 将新鲜绿芦笋汁于 0.1 MPa、50 °C 条件下进行真空浓缩处理, 分别得到固形物含量为 10%、20%、30% 和 45% 的四种浓缩汁, 比较研究浓缩汁与新鲜汁的色泽、维生素 C、总糖、总酚和总黄酮的含量, 并运用顶空固相微萃取和气相色谱-质谱联用法对四种浓缩汁和新鲜汁的挥发性风味化合物进行对比分析。结果表明: 真空浓缩对芦笋汁的营养品质和风味物质影响显著。随着浓缩汁固形物含量的增加, 芦笋汁的绿色加深, 色泽变暗, 维生素 C 和总黄酮含量逐渐降低, 而总糖和总酚含量增加。芦笋汁中的主要挥发性物质是醛类, 其次是酮和醇; 随着浓缩汁固形物含量的增加, 风味化合物含量呈先增加后减少的趋势。固形物含量为 30% 的浓缩汁品质和风味保持较好。

**关键词:** 绿芦笋汁; 真空浓缩; 营养品质; 风味

文章编号: 1673-9078(2014)9-205-209

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.09.034

## Effect of Vacuum Concentration on Nutritive Quality and Flavor of Green Asparagus Juice

CHEN Xue-hong<sup>1</sup>, MA Li-hua<sup>1</sup>, SONG Hui<sup>1</sup>, SUN Hong<sup>1</sup>, ZHENG Yong-hua<sup>2</sup>

(1. College of Food Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221000, China)

(2. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** To explore the effect of vacuum concentration on the nutritive quality and flavor of green asparagus juice, fresh juice was vacuum concentrated at 50 °C and 0.1 MPa. Four kinds of concentrated juice were obtained with soluble solid content of 10%, 20%, 30%, and 45%, respectively. The color, vitamin C content, total sugar content, total phenolic content, and flavonoid content were determined in the concentrated and fresh juice samples. Volatile flavoring compounds in the asparagus juice samples were comparatively analyzed by headspace solid-phase micro extraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that vacuum concentration significantly affected the nutritive quality and flavoring compounds in green asparagus juice. As the soluble solid content increased, the color of the juice became dark-green, the vitamin C and total flavonoid contents decreased, and the total sugar and total phenolic contents increased. The main volatile compounds of green asparagus juice were found to be aldehydes, ketones, and alcohols. As the soluble solid content in the juice increased, the flavoring compound content first increased and then decreased. The quality and flavor were better preserved in the concentrated green asparagus juice with 30% soluble solid content.

**Key words:** green asparagus juice; vacuum concentration; nutritive quality; flavor

芦笋 (*Asparagus Officinalis* L.) 又名石刁柏, 是百合科天门冬属多年生草本植物。根据颜色的不同, 可分为白芦笋和绿芦笋。芦笋出芽后暴露在阳光下, 经光合作用而形成叶绿素的为绿芦笋。由于绿芦笋进行了充分的光合作用, 其营养价值远远高于白芦笋。绿芦笋富含蛋白质、矿物质、多种氨基酸等营养成分, 还含有多糖、黄酮类物质、抗坏血酸、谷胱甘肽和其它的酚类化合物等一些有益的活性成分, 在国际上有

收稿日期: 2014-04-13

基金项目: 江苏省科技计划项目 (BC2010407)

作者简介: 陈学红 (1975-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为农产品贮藏与加工技术

“蔬菜之王”的美称。绿芦笋除鲜食外, 还以冷冻芦笋、罐藏芦笋、芦笋汁和泡菜等加工成品的形式供人们食用。芦笋汁作为一种相对较新的产品, 已在几个国家有售。为了减少包装、储存和运输费用, 果蔬汁在流通、运输之前通常将其浓缩, 去除其中的部分水分, 降低水分活度, 延长产品的保藏期和贮藏寿命。浓缩作为食品加工中的重要单元操作, 对最终产品的色泽、风味、外观和质构起着决定性作用。真空蒸发浓缩是国内外加工浓缩果蔬汁普遍采用的方法之一, 果蔬汁在浓缩过程中品质和风味会发生不同程度的变化。研究表明, 真空浓缩橄榄汁的褐变度增加<sup>[1]</sup>。浓缩蓝莓汁的总糖和酸度没有发生变化, 果胶、总酚、花

色苷的含量有所下降<sup>[2]</sup>。真空浓缩胡萝卜汁的pH值、总酸和 $\beta$ -胡萝卜素含量则没有发生变化<sup>[3]</sup>。真空浓缩使得芒果汁中香气成分的种类和含量减少<sup>[4]</sup>。然而有关真空浓缩对绿芦笋汁的营养品质和风味的影响尚未见报道。因此,本研究通过对绿芦笋汁进行真空浓缩,研究浓缩处理对芦笋汁的品质指标和风味化合物的影响,以期对绿芦笋的精深加工及改善浓缩芦笋汁的品质提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及处理

取新鲜绿芦笋于91℃热烫3min,切碎榨汁,离心所得上清液即为新鲜芦笋汁FJ(固形物含量为3.75%)。将FJ于0.1MPa、50℃条件下进行真空浓缩,分别得到浓缩汁CJ1(固形物含量为10%)、浓缩汁CJ2(固形物含量为20%)、浓缩汁CJ3(固形物含量为30%)和浓缩汁CJ4(固形物含量为45%),比较研究浓缩汁与新鲜芦笋汁的品质和风味。

### 1.2 色差测定

采用WSC-S色差计,测定绿芦笋汁的 $L^*$ 和 $a^*$ 值。 $L^*$ 值表示色泽亮度, $L^*$ 值越大亮度越大; $a^*$ 值表示有色物质的红绿偏向,负值绝对值越大偏向绿色的程度越大。

### 1.3 维生素C、总糖测定

维生素C的测定采用邻菲罗啉比色法<sup>[5]</sup>,总糖的测定采用蒽酮比色法<sup>[6]</sup>,含量均以mg/mL表示。

### 1.4 总酚和总黄酮测定

总酚的测定采用Folin-ciocalteu试剂法<sup>[7]</sup>,总黄酮的测定参照Chen等<sup>[8]</sup>的方法,含量均以mg/mL表示。

### 1.5 风味化合物测定

采用固相微萃取(Solid Phase Microextraction, SPME)富集绿芦笋汁中的风味化合物。在15mL样品瓶中加入8mL芦笋汁,将萃取针插入样品瓶中,于50℃富集30min。风味化合物含量以 $\mu\text{g/L}$ 表示。

采用GC-MS测定挥发性风味化合物。色谱条件:DB-WAX毛细管柱,进样口温度为230℃;起始柱温为45℃,保持3min,以8℃/min升至100℃,再以10℃/min升至230℃,保持10min;载气为He,流速为1.8mL/min。质谱条件:电离方式EV,电离电压70eV,离子源温度200℃,接口温度

250℃,扫描质量范围33~450amu。

采用内标法对风味化合物进行定量,标准品为2,6-二氯苯。

## 1.6 数据处理

采用Origin 8.1进行数据处理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 浓缩对芦笋汁色泽的影响

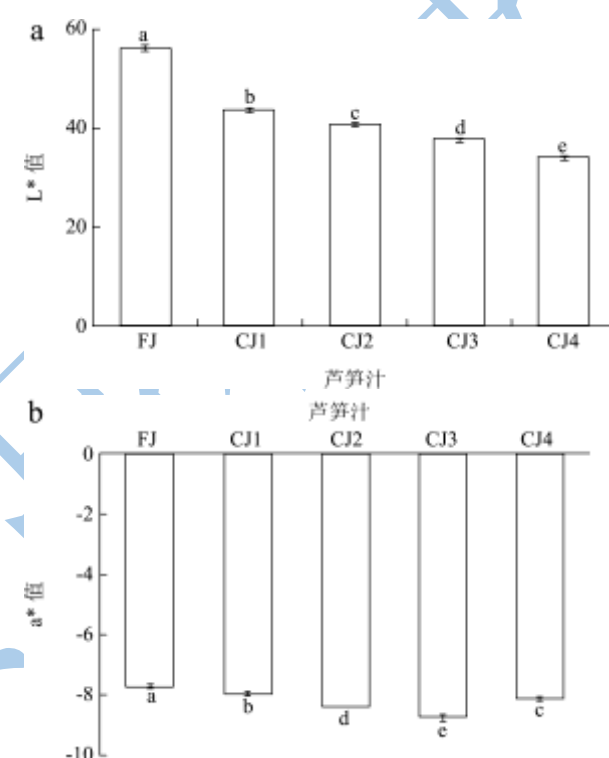


图1 浓缩对芦笋汁 $L^*$ 和 $a^*$ 的影响

Fig.1 Effect of condensation on  $L^*$  and  $a^*$  of asparagus juice

如图1a所示,随着固形物含量的增加,浓缩芦笋汁(CJ) $L^*$ 值逐渐减小,色泽亮度降低;如图1b所示,随着固形物含量的增加,浓缩芦笋汁 $a^*$ 值减小,CJ3的 $a^*$ 值最低,颜色最为浓绿,随后CJ4的 $a^*$ 值增加,但仍低于新鲜芦笋汁(FJ)。这表明芦笋汁经浓缩处理后绿色加深,亮度降低,色泽变暗,而CJ3即固形物含量为30%的浓缩芦笋汁的色泽保持最好,呈浓绿色。

### 2.2 浓缩对芦笋汁维生素C和总糖含量的影响

由图2a可知,随着固形物含量的增加,浓缩芦笋汁维生素C含量逐渐降低,CJ1(固形物含量为10%)维生素C含量与FJ间无显著性差异( $P \geq 0.05$ ),其它浓缩汁维生素C含量与FJ间差异显著( $P < 0.05$ ),这表明真空浓缩处理降低了芦笋汁的维生素C含量。由图2b可知,随着浓缩汁固形物含量的增加,总糖含量显著增

加 ( $P < 0.05$ )。

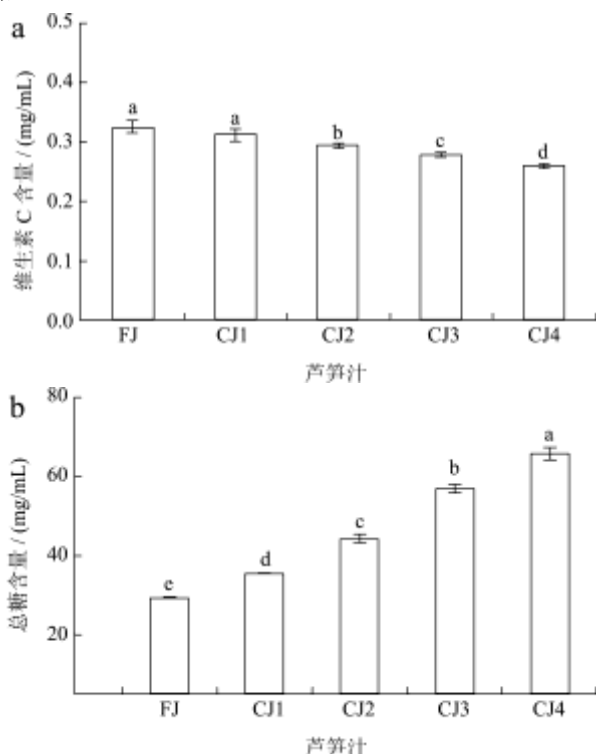


图2 浓缩对芦笋汁维生素C和总糖含量的影响

Fig.2 Effect of condensation on vitamin C (a) and total sugar (b) contents in asparagus juice

### 2.3 浓缩对芦笋汁总酚和总黄酮含量的影响

由图3a可知,随着固形物含量的增加,芦笋汁总酚含量先呈增加趋势,CJ3的总酚含量最高(达0.281 mg/mL),随后CJ4的总酚含量降低,且与对照间无显著性差异 ( $P \geq 0.05$ )。由图3b可知,浓缩处理降低了芦笋汁的总黄酮含量,且CJ1、CJ3的总黄酮含量显著高于CJ2、CJ4。总体来看,CJ3的总酚含量最高,总黄酮含量保持相对较好,这说明适度浓缩处理有利于保持芦笋汁中的生理活性成分,维持芦笋汁的品质。

### 2.4 浓缩对芦笋汁风味化合物的影响

经GC-MS检测,芦笋汁中风味化合物的种类及其含量如表1所示。芦笋汁中的主要挥发性风味化合物有醛、醇、酮、含氮化合物甲氧基苯基肟和酚类物质2,4-二叔戊基苯酚,还含有少量的酯和有机酸。醛是芦笋汁中的主要挥发性化合物,包括戊醛、己醛、2-己烯醛、2-辛烯醛、2-甲基-2-丙烯醛、2-庚烯醛、壬醛、辛醛及少量的其它醛类物质。此外,醇和酮也是绿芦笋汁中的主要挥发性风味物质,醇类物质主要有1-辛烯-3-醇和壬醇,酮类物质主要有2-甲基-1-戊烯-3-酮、1-辛烯-3-酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、香叶基丙酮和3-戊烯-2-酮。

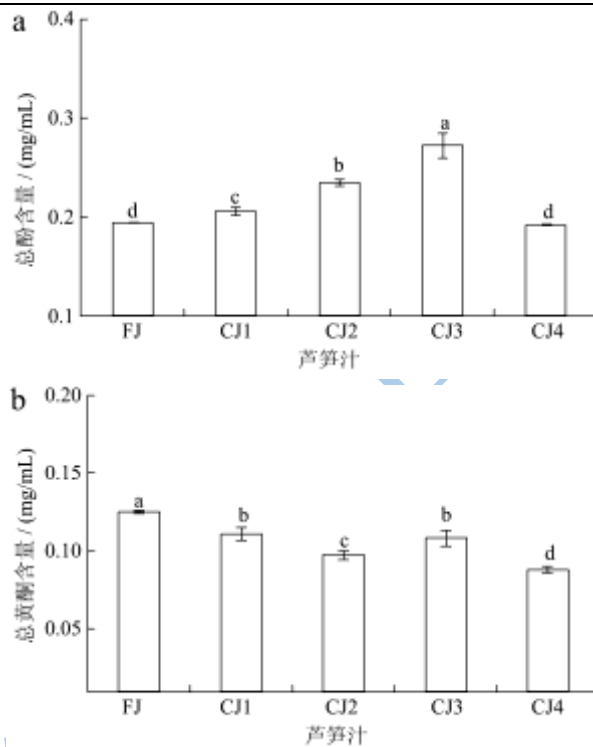


图3 浓缩对芦笋汁总酚和总黄酮含量的影响

Fig.3 Effect of condensation on total phenol (a) and total flavonoid (b) contents in asparagus juice

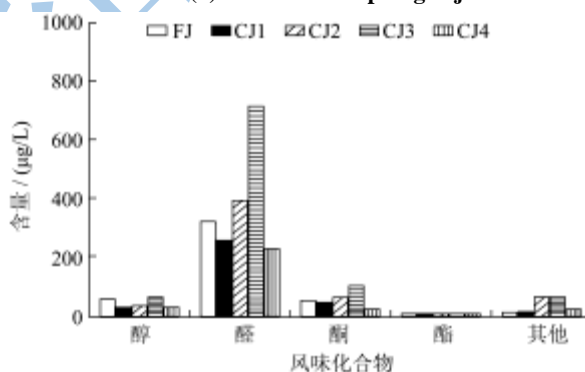


图4 浓缩对芦笋汁风味化合物的影响

Fig.4 Effect of condensation on flavor compounds of asparagus juice

浓缩处理对芦笋汁中挥发性风味化合物影响显著。由图4可知,芦笋汁固形物含量达10%时,其中的主要挥发性风味化合物醛(如己醛、2-辛烯醛、戊醛、2-庚烯醛、2-甲基-2-丙烯醛、2-己烯醛)、酮(1-辛烯-3-酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮)和醇(1-辛烯-3-醇)含量均有所降低,且甲氧基苯基肟和2,4-二叔戊基苯酚的含量也有所下降,芦笋汁的风味成分有所损失;随着浓缩汁固形物含量的进一步增加,芦笋汁中的风味化合物含量逐渐增加,当固形物含量达30%时,风味化合物含量最高,其中醛、酮、醇及其它化合物的含量均达到最高,芦笋汁风味浓郁;进一步浓缩至固

形物含量达 45%时, 由于加热时间的延长, 芦笋汁中的风味化合物含量降低, 均低于 FJ, 风味变差。由此可见, 适度浓缩处理有利于果蔬汁风味物质的富集。

表 1 芦笋汁中的主要挥发性风味化合物的种类及含量(μg/L)

Table 1 Types and contents of main volatile compounds in green asparagus juice

风味化合物	保留时间 R.T. /min	芦笋汁				
		FJ	CJ1	CJ2	CJ3	CJ4
醛类						
戊醛	5.28	32.2	31.30	68.80	171.10	107.3
己醛	7.69	169.00	161.70	228.10	356.60	93.30
2-甲基-2-戊烯醛	9.68	0.90	1.76	3.16	5.39	/
2-己烯醛	11.07	11.30	8.60	10.10	94.20	8.8
辛醛	12.25	2.56	0.81	1.70	3.08	/
2-庚烯醛	12.97	45.69	24.58	37.93	63.14	8.71
壬醛	13.81	4.56	2.01	1.81	5.61	1.08
5-乙基环戊-1-烯甲醛	14.3	/	0.70	1.52	2.83	/
2-辛烯醛	14.44	20.89	14.59	13.79	0.84	1.33
呋喃醛	14.82	3.57	0.63	/	/	/
苯甲醛	15.59	1.03	3.27	8.94	0.75	3.48
2-壬烯醛	15.69	4.17	2.77	2.13	6.10	1.23
2-癸烯醛	16.88	1.43	0.72	/	/	/
2-十一烯醛	17.98	2.08	0.70	11.06	2.98	0.72
2,5-二甲基苯甲醛	18.7	/	0.99	1.97	2.05	0.79
醇类						
1-辛烯-3-醇	14.62	47.15	22.76	28.16	56.35	18.30
壬醇	16.99	3.38	1.03	1.03	2.16	0.82
酮类						
3-戊烯-2-酮	5.47	4.05	6.81	11.15	23.43	/
2-甲基-1-戊烯-3-酮	7.32	19.05	21.30	31.00	35.08	9.07
2-庚酮	10.18	2.01	2.65	2.54	9.79	1.25
3-辛酮	11.66	3.37	3.01	2.74	1.88	/
1-辛烯-3-酮	12.49	6.92	1.51	1.87	7.20	0.78
6-甲基-5-庚烯-2-酮	13.05	5.48	3.30	5.03	7.49	1.39
2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮	17.46	/	/	1.66	3.53	1.61
香叶基丙酮	18.92	4.15	1.70	2.10	2.86	1.20
β-紫罗兰酮	19.78	1.53	/	/	/	/
3-丁基环庚酮	21.19	1.08	0.81	0.85	6.01	1.37
酯类、有机酸及其它						
异丁基邻苯二甲酸酯	25.17	1.41	0.56	1.26	1.97	/
己酸	18.85	0.80	/	1.46	2.11	1.43
甲氧基苯基酚	17.8	4.05	3.54	44.47	41.92	5.93
2,4-二叔戊基苯酚	21.84	2.48	0.97	4.64	5.20	/

### 3 结论

3.1 浓缩处理便于果蔬汁的包装、储存和运输, 有利于延长产品的保藏期和贮藏寿命。真空浓缩作为果蔬

汁加工过程中常用的一种热处理方法, 有可能导致果蔬汁品质和风味的变化。Maskan<sup>[9]</sup>在对石榴汁的浓缩研究中发现, 浓缩石榴汁的色泽变暗, 并认为浓缩汁色泽亮度的降低与果蔬汁褐变及天然色素降解的程



度密切相关。真空浓缩处理使得芦笋汁的色泽变暗,在实验进行过程中结合感官分析,芦笋汁固形物含量低于30%时,随着固形物含量的增加,其色泽亮度的降低则是由于水分含量的减少而导致的色泽变暗,绿色加深,且固形物含量为30%的浓缩汁色泽最为浓绿;当固形物含量达45%时,芦笋汁产生了轻微的褐变,因而绿色受损。真空浓缩处理增加了芦笋汁中总酚的含量,却使得总黄酮含量降低。与其相类似的,Liyana-Pathirana等<sup>[10]</sup>经过对樱桃浓缩汁酚类物质的研究,得出真空浓缩处理增加樱桃汁中酚类物质含量的结论;Galaverna等<sup>[11]</sup>经研究认为浓缩处理降低了橙汁中总黄酮的含量。真空浓缩处理降低了芦笋汁的维生素C含量,这与浓缩橙汁<sup>[11]</sup>、浓缩柠檬汁<sup>[12]</sup>的变化相一致。对于芦笋汁中的风味物质,相关研究报道很少,仅在康旭等<sup>[13]</sup>的研究中报道了绿芦笋茶的挥发性风味成分,并认为醛类是绿芦笋茶中的主要挥发性风味物质。通过对新鲜芦笋汁、不同浓度浓缩汁的GC-MS图谱对比分析,确认出芦笋汁中的主要风味化合物是醛类,其次是酮和醇。当浓缩芦笋汁固形物含量增加至30%时,醛、酮、醇和其它化合物的含量均增加,风味化合物含量达到最高,芦笋汁风味浓郁;进一步浓缩至固形物含量达45%时,风味化合物含量降低,风味变差。阮美娟和王燕<sup>[14]</sup>研究认为菠萝汁在真空浓缩过程中风味物质减少,菠萝香味变淡,但浓度浓缩到一定程度时,菠萝味道变浓。由此,真空浓缩处理在提高果蔬汁固形物含量的同时,不可避免地会引起果蔬汁品质和风味的变化。在生产实践中,采用真空浓缩果蔬汁时,兼顾其品质和风味变化的同时适度提高固形物含量是关键。

3.2 综上所述,固形物含量为30%的浓缩绿芦笋汁品质和风味保持相对较好。

### 参考文献

- [1] 陈婕,郭泽斌,郭明殊,等.橄榄浓缩汁加工过程中的褐变类型[J].福建农林大学学报(自然科学版),2012,41(3):305-309  
CHEN Jie, GUO Ze-bin, GUO Ming-shu, et al. Browning type in Chinese olive juice concentrate processing [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2012, 41(3): 305-309
- [2] 马永强,王佳,韩春然,等.蓝莓浓缩汁流变特性及化学组成的变化[J].食品工业科技,2012,24:126-129,133  
MA Yong-qiang, WANG Jia, HAN Chun-ran, et al. Rheological properties and chemical composition variation of blueberry concentrated juice [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 24: 126-129, 133
- [3] 黄诚,周长春,尹红.浓缩胡萝卜汁加工工艺研究[J].食品科学,2009,30(10):282-285  
HUANG Cheng, ZHOU Chang-chun, YIN Hong. Study on processing technology of carrot juice concentrate [J]. Food Science, 2009, 30 (10): 282-285
- [4] 余炼,滕建文.真空浓缩对芒果汁香气成分影响的分析[J].现代食品科技,2010,26(9):1020-1022  
YU Lian, TENG Jian-wen. Influence of vacuum concentration on aroma compounds of mango juice [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(9): 1020-1022
- [5] 潘东明,李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000  
PAN Dong-ming, LI He-sheng. The principle and technology of plant physiology and biochemistry experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000
- [6] 黄晓珏,刘邻渭.食品化学综合实验[M].北京:中国农业大学出版社,2002  
HUANG Xiao-jue, LIU ling-wei. Comprehensive experiments of food chemistry [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2002
- [7] Mena P, Vegara S, Martí N, et al. Changes on indigenous microbiota, colour, bioactive compounds and antioxidant activity of pasteurised pomegranate juice [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 2122-2129
- [8] CHEN Xue-hong, Xu Feng, Qin Wei-dong, et al. Optimization of enzymatic clarification of green asparagus juice using response surface methodology [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(6): 665-670
- [9] Maskan M. Production of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(3): 218-224
- [10] Liyana-Pathirana C M, Shahidi F, Alasalvar C. Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice [J]. Food Chemistry, 2006, 99 (1): 121-128
- [11] Galaverna G, Di Silvestro G, Cassano A, et al. A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: effect on bioactive compounds and antioxidant activity [J]. Food Chemistry, 2008, 106 (3): 1021-1030
- [12] Al-Zubaidy M M I, Khalil R A. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage [J]. Food Chemistry, 2007, 101 (1): 254-259

[13] 康旭,袁江兰,邓川,等.绿芦笋茶挥发性风味成分的 GC-MS 分析[J].农产品加工学刊,2010(12):56-58  
KANG Xu, YUAN Jiang-lan, DENG Chuan, et al. Analysis of volatile flavor components in green asparagus tea by GC-MS [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2010(12): 56-58

[14] 阮美娟,王燕.菠萝汁香气物质在浓缩过程中的变化[J].食品工业科技,2006,27(4):63-65  
RUAN Mei-juan, WANG Yan. Change of aroma compounds in pineapple juice under vacuum concentration [J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(4): 63-65

现代食品科技