

复水条件对脱水香椿品质的影响

张贝贝¹, 马正强¹, 张静², 苗修港¹, 余翔¹, 张京芳¹

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100) (2. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 本文研究了不同复水条件处理后脱水香椿的香气成分、色泽、复水比、亚硝酸盐溶出率及维生素 C 保存率的变化。结果表明: 复水温度 40 °C 时, 能较好地保护脱水香椿特征香气和萜烯类及含硫化合物等主要香气成分; 随复水时间延长, 脱水香椿 L^* 降低, 复水温度对其无显著影响; 复水过程中 a^* 先降低后升高, 30 min 时 a^* 降至最低即颜色的绿值最大, b^* 亦较低, 且复水温度 40 °C 条件下 a^* 和 b^* 均最小; 于复水温度 40 °C、料液比 1:60(g/mL) 条件下复水 30-40 min, 此时复水比及亚硝酸盐溶出率均较高; 复水初期维生素 C 保存率大大降低, 20 min 后趋于平缓。适度降低复水温度和缩短复水时间有利于保护复水香椿的色泽、香气及营养素, 并能保证其安全性。该研究为科学合理利用我国特色资源香椿提供技术依据。

关键词: 脱水香椿; 复水; 品质; 香气

文章编号: 1673-9078(2015)7-270-276

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.7.043

Effects of Rehydration Conditions on Quality of Dehydrated *Toona sinensis*

ZHANG Bei-bei¹, MA Zheng-qiang¹, ZHANG Jing², MIAO Xiu-gang¹, YU Xiang¹, ZHANG Jing-fang¹

(1. College of forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 7121002, China)

(2. College of Horticulture, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 7121002, China)

Abstract: Effects of rehydration conditions on the quality of dehydrated *Toona sinensis* were studied by analyzing the aromatic components, color, rehydration ratio, as well as nitrite and vitamin C content. Results showed that 40 °C rehydration temperature was favorable for retention of the characteristics of dehydrated *T. sinensis* as well as its major aromatic components (terpenes and sulfur-containing compounds). When rehydration time was prolonged the L^* of dehydrated *T. sinensis* was reduced, whereas rehydration temperature had no significant effect on the L^* . The value of a^* decreased at the beginning of rehydration and subsequently increased, wherein a^* decreased to a minimum at 30 min, that is, the greenness was at a maximum, while b^* was relatively low. a^* and b^* were observed to be the lowest at a rehydration temperature of 40 °C. Dehydrated *T. sinensis*, rehydrated at 40 °C with solid:liquid ratio of 1:60 and 30 to 40 min soaking time, showed a higher rehydration ratio and nitrite dissolution rate. Vitamin C retention rate decreased significantly at the beginning of rehydration and levelled off after 20 min. Reducing rehydration temperature and shortening rehydration time moderately were beneficial for protecting the color, aroma and nutrients of rehydrated *T. sinensis*, while also ensuring its safety. These results provide scientific and reasonable potential for utilization of *T. sinensis*, which is a unique resource in China.

Key words: dehydrated *Toona sinensis*; rehydration; quality; aroma

香椿 (*Toona sinensis* (A.Juss.) Roem) 属楝科香椿属, 是我国特有的药食兼用的木本芳香蔬菜, 广泛分布于华北至华南和西南地区。香椿营养丰富, 风味独特, 香气浓郁, 深受消费者喜爱^[1-2]。研究表明, 香椿具有抗氧化、抗癌、抗炎和抗糖尿病等功效^[3-4]。但香椿采收期较短仅 1 个月左右, 远不能满足人们的需求, 因此, 香椿的深加工显得尤为重要。脱水蔬菜复水后

收稿日期: 2014-10-13

基金项目: 林业公益性行业科研专项 (201304811); 国家自然科学基金 (31071584)

作者简介: 张贝贝 (1990-), 女, 硕士研究生

通信作者: 张京芳 (1965-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向食品资源精深加工及功能食品

具有接近新鲜蔬菜的色、香、味、形及营养价值, 且因其体积小、重量轻、运输及食用方便而倍受人们的青睐^[5]。脱水香椿是一类重要的香椿加工品。

复水是脱水蔬菜被重新利用的重要步骤。复水性是指干制品吸水后恢复原来重量的能力, 是表征脱水蔬菜品质的重要指标, 常用复水比表示。复水过程会引起脱水蔬菜风味、化学成分及感官性状的变化, 从而导致复水产品的品质降低。Fei Pei 等研究发现较高的复水温度可使脱水草菇快速达到复水平衡, 但由于脱水处理后草菇内部形成疏松多孔的蜂窝状超微结构, 高温复水会使组织结构更易遭到破坏^[5]。Marabi 等对脱水胡萝卜复水后的硬度、脆度、咀嚼性、香味、口感等感官性状进行了研究, 得出复水时间对复水产

品的整体可接受性有显著影响,且复水过程会导致总糖和有机化合物的显著流失^[6-7]。冯寅洁等以复水比为指标优化脱水胡萝卜片的复水条件,表明复水比随温度的升高而增加,且其影响最显著,其次是复水时间,复水料液比对复水比的影响最小^[8]。目前关于复水条件对脱水蔬菜感官品质、营养品质及复水性的系统研究尚未见报道,本文以真空冷冻干燥的脱水香椿为材料,研究复水条件对脱水香椿复水过程中香气、色泽、复水比、亚硝酸盐及维生素 C 含量的影响,明确脱水香椿的适宜复水条件,以期获得营养安全并具良好感官品质的复水香椿提供依据,亦可为蔬菜深加工及合理利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

香椿芽采自陕西省周至县,长度 10~15 cm。采后去萼片,流动水清洗,沸水烫漂 1 min 后,沥干明水,切分至 20 mm,装盘,于-25 °C 条件下预冻后,解析干燥 6 h,55 °C 升华干燥至湿基含水率 8%,充氮包装待用。该真空冷冻干燥条件为课题组优化香椿干燥工艺条件获得的结果。

1.2 主要试剂

亚铁氰化钾、盐酸萘乙二胺、亚硝酸钠、2,6-二氯酚钠、抗坏血酸等均为国产分析纯。

1.3 仪器与设备

FD5-3P 真空冷冻干燥机, GOLD-SIM 公司; TRACE GC ULTRA-ISQ 气质联用仪, Thermo Fisher Scientific 公司; ZDJ-4A 自动电位滴定仪,上海精密科学仪器有限公司; UV-3100 型紫外-可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司; AUY220 型分析天平,日本岛津公司; CR-10 型色差计,日本 Konica Minolta 公司。

1.4 方法

1.4.1 复水方法

称取脱水香椿 5.0 g,置于 500 mL 烧杯中,根据不同试验条件(温度、料液比、时间)复水。

1.4.2 香气成分测定

复水料液比 1:60(g/mL),分别于 40 °C 和 90 °C 条件下复水 30 min,匀浆(20,000 r/min)后放入 50 mL 样品瓶中备用。

SPME 法提取样品香气:称取 10 g 样品,放入 40 mL EPA 样品瓶中,40 °C 下平衡 10 min,将 SPME 手持器插入顶空瓶中,富集萃取 30 min,在 250 °C 脱附 3 min 进样。

GC-MS 条件:将 65 μm CAR/PDMS 萃取头在气相色谱的进样口老化,老化温度为 250 °C,老化时间 2 h。载气 He(99.99%)体积流量为 1.0 mL/min,进样口温度 230 °C,固相微萃取进样脱附 3 min。程序升温:70 °C 保持 2 min,以 5 °C/min 升至 200 °C,以 10 °C/min 升至 230 °C,保持 2 min。EI 离子源温度 230 °C,进样口温度 250 °C。质量扫描范围 40-500 amu。

1.4.3 复水比的测定

于不同温度和料液比条件下复水,每隔 10 min 取出样品沥干表面水分,称重,精确到 0.01 g,计算复水比(R_f)。

$$R_f = \frac{m_f}{m_g}$$

式中, R_f -复水比; m_f -复水后脱水香椿质量,g; m_g -复水前脱水香椿质量,g。

1.4.4 色差值的测定

应用 CIE Lab 表色系统,包括 L^* (亮度值), a^* (红绿值)和 b^* (黄蓝值)。将样品复水后,沥干表面水分,匀浆,用色差计测定色差值。

1.4.5 亚硝酸盐含量测定

采用 GB/T 5009.33-200 盐酸萘乙二胺法测定。

1.4.6 维生素 C 含量测定

采用 GB/T 6195-1986 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚钠滴定法)。

1.5 数据处理

采用 Excel 2003 及 Sigma Plot 12.0 软件处理,取 3 次重复的平均值,由 Duncan 法分析均值差异的显著性($P < 0.05$)。GC-MS 图谱分析,化合物经计算机检索同时与 NIST Library(107k compounds, version 6.0)和 Wiley Library(320k compounds, version 6.0)相匹配,列出匹配度大于 800 的鉴定结果。

2 结果与分析

2.1 复水温度对脱水香椿香气成分的影响

香气是决定脱水蔬菜品质的重要指标。香椿的香气辨识度较高,是香椿区别于其它蔬菜的重要品质^[9]。于 40 °C 和 90 °C 温度条件下复水后,脱水香气成分的 GC-MS 离子流图如图 1。

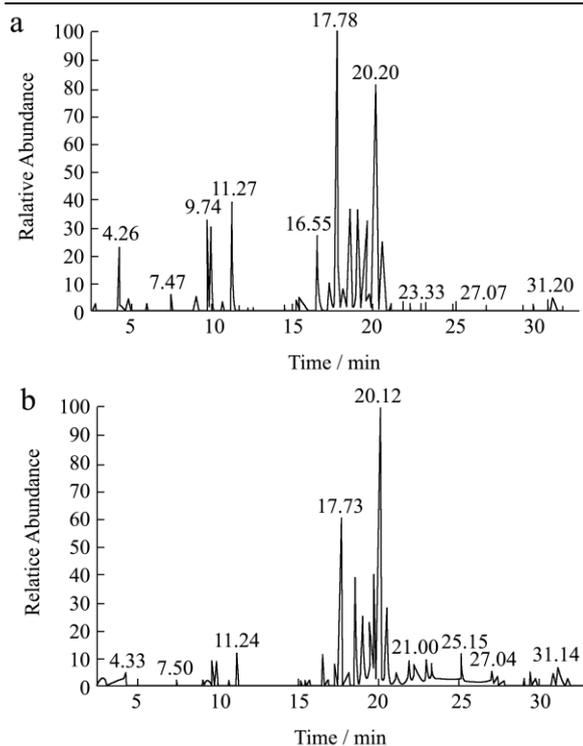


图1 不同复水温度条件下脱水香椿香气成分 GC-MS 离子流图
Fig.1 Gas chromatogram of freeze-dried *Toona sinensis* sample by different rehydration temperatures

注: a: 40°C; b: 90°C。

不同复水温度条件下脱水香椿香气成分组成及含量, 如表1。李聚英^[9]和 Liu^[10]等报道香椿的特征香气成分且对其香气贡献较大的含硫化合物为 2-巯基-3,4-二甲基-2,3-二氢噻吩。由表1可知, 复水温度 40 °C 时, 该特征香气成分含量达 9.17%, 而 90 °C 条件下仅为 2.1%; 不同复水温度条件下, 3,4-二甲基噻吩含量差异亦较大, 40 °C 和 90 °C 条件下其含量分别为 2.44% 和 0.18%。脱水香椿复水后烯萜类物质以石竹烯含量最高, 这与 Mu^[11]和刘常金^[12]等的研究结果一致。本研究发现复水温度 40 °C 条件下石竹烯含量比 90 °C 高出 1.55%, 表明 40 °C 条件下复水能较好保护烯萜类物质; α -蒎烯、 α -月桂烯、 α -罗勒烯、(-)-丁香烯、衣兰烯、(-)- α -古芸烯、长叶烯、 α -愈创木烯、顺式-石竹烯、异丁子香烯、(+)- β -蛇床烯、(+)- γ -古芸烯、 α -金合欢烯、古巴烯、 ξ -雪松烯、(-)-马兜铃烯等烯萜类物质仅在 40 °C 复水时均被检测出且含量较高, 但于 90 °C 条件下复水这些香气成分均未被检测到; 而 90 °C 复水时可检测出 t-杜松醇、镰叶芹醇、反式-香叶基香叶醇及斯巴醇等醇类物质 (40 °C 复水时均未检出), 说明复水温度较高时, 某些烯萜类可能发生较复杂的化学反应或者结构改变生成其他物质, 使香椿原有香气受损或发生变化。

表 1 不同复水温度条件下脱水香椿香气成分组成及相对含量

Table 1 Aromatic components and relative content of freeze-dried *Toona sinensis* at different rehydration temperatures

保留时间/min	化合物	相对含量/%	
		40°C	90°C
3.81	2,4-二甲基噻吩	0.16±0.01	0.68±0.05
4.26	3,4-二甲基噻吩	2.44±0.13	0.18±0.01
4.79	α -蒎烯	0.46±0.11	ND
4.85	(1R)-(+)- α -蒎烯	0.27±0.07	ND
5.99	α -月桂烯	0.37±0.09	ND
7.19	反式- α -罗勒烯	0.14±0.05	0.18±0.03
7.46	α -罗勒烯	1.09±0.11	ND
8.92	十一烷	0.18±0.01	ND
9.29	2-次乙基-1,1-二甲基-3-亚甲基-环己烷	0.17±0.01	ND
9.96	2-巯基-3,4-二甲基-2,3-二氢噻吩	9.17±0.21	2.1±0.08
10.10	2-乙基-(1,3)-二噻烷	0.24±0.02	ND
10.71	(1E)-1-丙烯基-二硫丙酸	0.52±0.05	0.21±0.05
11.72	十二烷	0.20±0.01	ND
12.29	β -环柠檬醛	0.17±0.02	ND
15.02	香叶酸甲酯	0.04±0.01	ND
15.19	雅榄蓝烯	0.48±0.03	ND
15.41	别香树烯	0.72±0.05	0.94±0.16
15.59	1,1'-双硫代-1-丙烯	0.29±0.02	ND
15.67	3,5-二乙基-1,2,4-三硫杂环戊烷	0.20±0.01	0.32±0.09
16.26	(-)-丁香烯	0.22±0.03	ND
16.37	衣兰烯	0.78±0.05	ND
16.56	α -古巴烯	3.47±0.21	1.70±0.16
16.76	(-)- α -古芸烯	0.30±0.01	ND
16.88	(-)- β -榄香烯	0.22±0.01	0.25±0.07
17.12	长叶烯	0.31±0.02	ND
17.31	(-)-异石竹烯	1.21±0.04	1.06±0.17
17.48	4-亚甲基-2,8,8-三甲基-2-乙烯基-双环[5,2,0]壬烷	0.76±0.09	ND
17.78	石竹烯	14.61±0.31	13.06±0.27
18.06	α -愈创木烯	0.88±0.11	ND
18.17	顺式-石竹烯	1.39±0.24	ND
18.33	α -萜澄茄油烯	0.16±0.02	0.25±0.01
18.45	异丁子香烯	2.00±0.13	ND
18.64	蛇麻烯	3.73±0.09	5.46±0.31
19.09	ξ -依兰油烯	4.31±0.15	0.19±0.05

转下页

接上页			
19.47	(+)-β-蛇床烯/芹子烯	4.80±0.22	ND
19.64	(+)-γ-古芸烯	5.43±0.14	ND
19.78	α-金合欢烯/法呢烯	3.70±0.19	ND
20.07	γ-萜澄茄烯	5.23±0.20	3.10±0.09
20.20	(-)-β-萜澄茄烯	9.57±0.28	14.74±0.31
20.28	反式-去氢白菖烯	0.16±0.02	0.15±0.01
20.37	古巴烯	0.16±0.01	ND

20.50	1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)-萜	1.92±0.17	ND

20.61	α-依兰油烯	3.06±0.13	4.04±0.25
20.71	α-二去氢菖蒲烯	1.15±0.11	2.18±0.11
20.94	ε-雪松烯	0.10±0.02	ND
21.52	石竹烯醇	0.07±0.01	ND

21.91	1-丙基-2-(4-巯基-2-en-5-yl)二硫化物	0.29±0.04	1.16±0.04

22.20	1,3,5,7-四甲基金刚烷	ND	0.95±0.10
22.39	4,5,9,10-去氢异长叶烯	ND	0.84±0.14
23.02	τ-杜松醇	0.27±0.06	1.19±0.07
23.33	α-杜松醇	0.33±0.07	0.87±0.07
24.05	2-噻吩甲胺	ND	0.32±0.08

25.15	5-甲氧基-2,2,6-三甲基-1-(3-甲基丁烷-1,3-二烯基-7-氧-环庚烷)	ND	1.46±0.05

26.37	镰叶芹醇	ND	0.23±0.01
27.04	反式-香叶基香叶醇	ND	0.61±0.11
27.07	法尼醇乙酸酯	0.21±0.03	ND
27.38	8,9-去氢环异长叶烯	ND	0.37±0.05
27.61	二异丁酯	0.11±0.02	ND
29.02	顺式-罗汉柏烯	ND	0.26±0.07

29.34	5α-碘甲基-1α-异丙烯基-4α,5α-二甲基-6α双环[4.3.0]壬烷	1.56±0.13	0.32±0.01

29.41	8-溴代新异长叶烯	ND	0.64±0.05
31.15	异香橙烯环氧化物	ND	1.39±0.14
31.42	斯巴醇	ND	0.49±0.07
31.78	(-)-马兜铃烯	0.11±0.01	ND

注：“ND”表示未检出。

表 2 为复水温度为 40 °C 和 90 °C 时脱水香椿香气成分分类表。由表 2 可知，复水香椿香气成分中以烯萜类含量最高，其次是含硫化合物。不同复水温度条件下脱水香椿香气种类及含量差异较大，于 40 °C 条件下复水后，脱水香椿中共检测到 53 种香气成分（匹配度 800 以上）且含量达 89.89%，90 °C 下仅有 19 种（含量仅为 61.89%），说明高温条件下复水，烯

萜类物质发生取代、加成、氧化等反应，生成相应的醇类及其它未检出物质，不利于保护脱水香椿的香气成分。于 40 °C 复水的脱水香椿中，烯萜类、含硫化合物、烷烃类、酯类、醛类和其它物质（除醇类物质外）种类多且含量较高，其检测结果与 90 °C 复水相比更接近新鲜香椿香气组成^[11]，进而说明 40 °C 的复水温度能较好地保护脱水香椿的特征香气、丰富的烯萜类物质及其他香气成分。因此，以复水温度 40 °C 进一步探究复水条件对脱水香椿复水品质的影响。

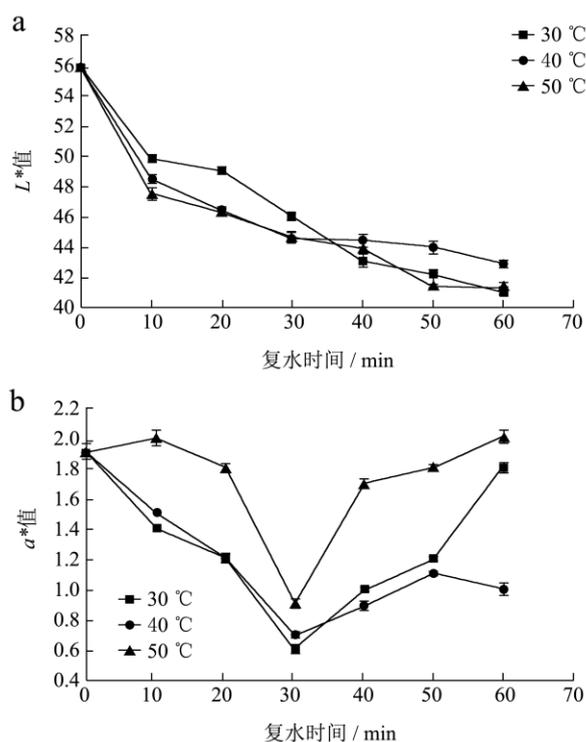
表 2 不同复水温度条件下脱水香椿香气种类及含量

Table 2 Various aromatic components and content of freeze-dried *Toona sinensis* at different rehydration temperatures

化合物种类	种类数		相对含量/%	
	40°C	90°C	40°C	90°C
烯萜类	32	18	70.59	49.41
含硫化合物	8	7	13.31	4.97
烷烃类	4	1	1.31	0.95
醇类	3	5	0.67	2.39
酯类	3	0	0.36	0
醛类	1	0	0.17	0
其它	2	3	3.48	3.17
总和	53	34	89.89	60.89

2.2 复水温度和复水时间对脱水香椿色差值

的影响



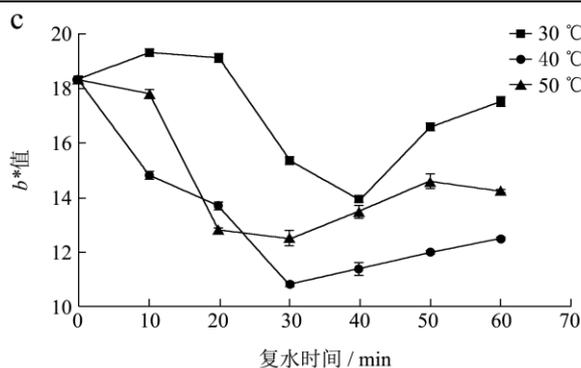


图2 复水温度和复水时间对脱水香椿色差值的影响

Fig.2 Effect of rehydration temperatures and time on color of freeze-dried *Toona sinensis*

色泽是衡量香椿加工品感官品质的重要指标,也是人们选购香椿制品的重要依据。图2为不同复水条件下脱水香椿的 L^* 、 a^* 和 b^* 值。由图2a可知,复水前10 min L^* 下降迅速,之后下降幅度减慢,这是因为 L^* 常与含水量有关^[13]。复水初期脱水香椿快速吸水,从而使 L^* 急剧下降。于30、40、50 °C复水后,脱水香椿 L^* 变化差异不显著,均随复水时间的延长呈下降趋势。

a^* 表示红绿值,其值越小,表明颜色越绿。如图2b所示,于30 °C、40 °C和50 °C条件下复水,前30 min a^* 急剧减小,之后开始增大。其原因可能是复水初期脱水香椿开始吸收水分恢复其新鲜状态的色泽, a^* 降低;而30 min以后香椿细胞组织水分趋于饱和,由于细胞内外叶绿素等的浓度差导致绿色物质的溶出损失,使 a^* 升高^[14]。较低的 a^* 是脱水蔬菜所期望得到的。比较3个不同复水温度下的 a^* 可知,于40 °C条件下复水30 min, a^* 最低。

b^* 表示样品黄蓝程度,其 b^* 越大,表明其色泽越偏黄色,脱水绿色蔬菜的 b^* 应愈小越好。由图2c可知,复水温度为30 °C时,复水过程缓慢,未能较好恢复香椿色泽,因此 b^* 值较高。复水后期 b^* 值增大可能是因为脱水香椿吸水膨胀,导致生物膜破裂,从而使 β -胡萝卜素大量溶出。于不同温度条件下复水30 min, b^* 均较小,其中40 °C和50 °C时 b^* 均降至最小,表明复水时间30 min有利于降低复水香椿的黄色,从而有助于保证复水产品的绿色。3个不同复水温度条件下,以40 °C复水30 min, b^* 最低。

综合分析图2可知,脱水香椿的复水过程中,复水时间对复水过程中香椿的 L^* 、 a^* 和 b^* 值均有显著影响($p < 0.05$),复水温度仅对 a^* 和 b^* 值影响显著($p < 0.05$),对 L^* 值无显著影响($p > 0.05$)。综上分析可得,脱水香椿于40 °C条件下复水30 min,其复水后能更好地恢复香椿原有色泽。

2.3 复水条件对脱水香椿复水比的影响

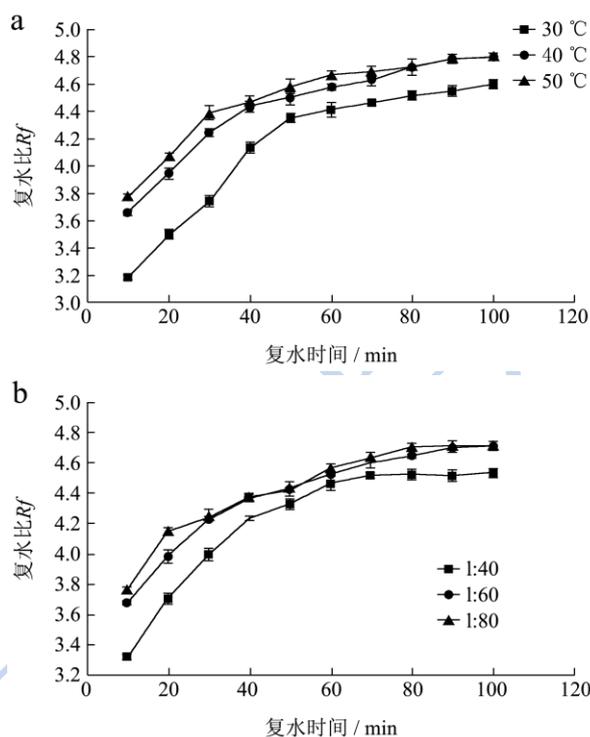


图3 不同复水条件下脱水香椿复水比

Fig.3 Effect of rehydration conditions on the rehydration ratio of freeze-dried *Toona sinensis*

脱水蔬菜需要复水后方可食用,而复水程度直接影响烹调质量。复水比是指干制品复水后恢复原来新鲜状态的程度,是衡量干制品品质的重要指标^[6]。

图3a表示,于料液比1:60条件下,复水温度对脱水香椿复水比的影响。由图3a可知,脱水香椿在10-40 min复水时间范围内,复水比迅速增加,而后增幅变缓。于40 °C和50 °C条件下复水,复水比差异不明显,且均大于30 °C条件下的复水比。考虑到复水温度高,使 a^* 值增大, L^* 值减小,导致脱水香椿色泽劣变,亦可能引起热敏性营养素损失,因此复水温度以40 °C为宜。

料液比对复水比的影响如图3b。由图3b可知,与1:40相比,料液比1:60和1:80时的复水比显著升高($p < 0.05$),且复水40 min后复水比增幅变缓,说明此时脱水香椿的组织吸水能力逐渐下降。这与脱水胡萝卜的复水条件对复水比的影响趋势一致^[8]。但料液比过高,易导致脱水制品中水溶性营养素流失增加,故适宜的复水料液比应为1:60。

2.4 复水条件对亚硝酸盐和维生素C含量的影响

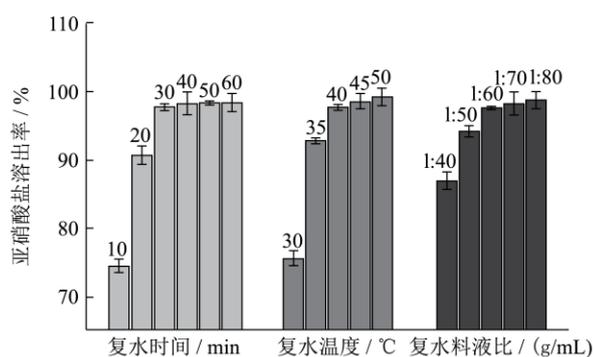


图4 不同复水条件下脱水香椿亚硝酸盐溶出率

Fig.4 Effect of different rehydration conditions on the nitrite dissolution rate of freeze-dried *Toona sinensis*

亚硝酸盐危害人体健康,过量摄入会引起呼吸困难、循环衰竭以及中枢神经系统损害,严重者导致死亡,因此蔬菜产品中的亚硝酸盐含量越低越好。热水浸泡有利于亚硝酸盐的溶出,适宜的复水条件可降低脱水香椿的亚硝酸盐含量。

不同复水条件下脱水香椿亚硝酸盐的溶出率如图4,随着复水时间延长,亚硝酸盐溶出率逐渐增大,且在10-30 min内亚硝酸盐溶出率快速增加,之后逐渐趋于稳定,原因是随复水时间延长,亚硝酸盐的溶出逐渐趋于饱和,因此较适宜的复水时间为30 min,此时亚硝酸盐溶出率达97.49%,且复水后脱水香椿亚硝酸盐含量为3.14 mg/kg,符合我国无公害蔬菜亚硝酸盐含量限量标准(不超过4.0 mg/kg,以 NaNO_2 计)。

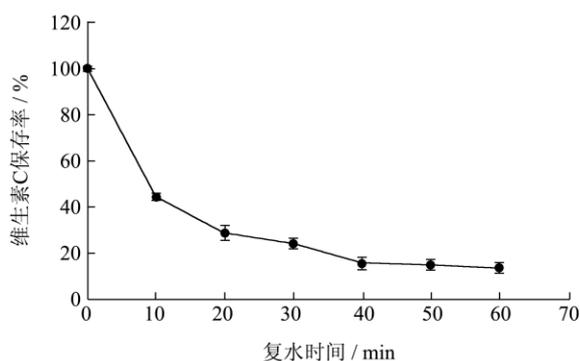


图5 复水条件对脱水香椿维生素C保存率的影响

Fig.5 Effect of different rehydration conditions on the vitamin C retention rate of freeze-dried *Toona sinensis*

由图4可以看出,复水温度对亚硝酸盐的溶出也有较显著的影响,30 °C时亚硝酸盐溶出率较低,仅为75.18%,远不能达到食用要求;35 °C时溶出率增至92.49%;复水温度为40 °C时,溶出率上升至97.49%。随复水料液比的增大,亚硝酸盐溶出率增加。料液比由1:40增加到1:60,亚硝酸盐溶出率显著增大,再提高料液比溶出率变化不明显。因此,考虑亚硝酸盐含量要达到食用要求,并且保证较高复水效率,复水料

液比以1:60为宜。

维生素C是人体必需的营养素,能阻滞亚硝胺的形成。维生素C结构中相邻的羟基和羰基可与各种金属成盐,解离出 H^+ 与亚硝酸盐反应,从而降低其含量。因维生素C水溶性强,脱水蔬菜复水过程会导致维生素C损失。由图5可知,随复水时间的延长,维生素C的保存率下降,前20 min迅速下降,而后下降速率变缓。在保证复水过程中亚硝酸盐最大限度溶出的同时,尽量减少维生素C损失,故复水时间以30 min为宜。

3 结论

复水温度过高,使香椿的特征香气及主要香气成分受损,复水温度40 °C有利于保留脱水香椿的香气成分。复水时间对脱水香椿 L^* 、 a^* 和 b^* 值均有显著影响($p < 0.05$)。复水温度对 a^* 和 b^* 值有显著影响($p < 0.05$),对 L^* 值影响不显著($p > 0.05$)。脱水香椿于料液比1:60(g/mL)、复水温度40 °C和复水时间30 min复水条件下,能较好地保护其特征香气、萜烯类和含硫化合物等主要香气成分及色泽,且复水性较好,亚硝酸盐溶出率及维生素C保存率亦较高。

参考文献

- [1] 葛多云,邹盛勤.香椿叶中氨基酸和营养元素分析[J].微量元素与健康研究,2005,22(5):23-24
GE Duo-yun, ZOU Sheng-qin. Determination of Amino Acids and Nutrient Elements in *Toona Sinensis* Roem. Leaves [J]. Studies of Trace Elements and Health, 2005, 22(5): 23-24
- [2] 陈丛谨.香椿叶化学成分研究进展[J].广西林业科学, 2010, 39(4): 231-234
CHEN Cong-jin. Research advances on chemical components of *Toona sinensis* leaf [J]. Guangxi Forestry Science, 2010, 39(4): 231-234
- [3] Chang H, Hsu H, Su J, et al. The fractionated *Toona sinensis* leaf extract induces apoptosis of human ovarian cancer cells and inhibits tumor growth in a murine xenograft model [J]. Gynecologic Oncology, 2006, 102(2), 309-314
- [4] Hseu Y, Chang W, Chen C, et al. Antioxidant activities of *Toona Sinesis* leaves extracts using different antioxidant models [J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46: 105-114
- [5] Fei Pei, Ying Shi, Alfred M, et al. Comparison of Freeze-Drying and Freeze-Drying Combined with Microwave Vacuum Drying Methods on Drying Kinetics and

- Rehydration Characteristics of Button Mushroom(*Agaricus bisporus*) Slices [J]. Food Bioprocess Technol., 2014,7: 1629-1639
- [6] Marabi A, Thieme U, Jacobson M, et al. Influence of drying method and rehydration time on sensory evaluation of rehydrated carrot particulates [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72: 211-217
- [7] Marabi A, Dilak C, Shah J, et al. Kinetics of solid bleaching during rehydration of particulate dry vegetables [J]. Journal of Food Science, 2004, 69: 91-96
- [8] 冯寅洁,石芳荣,应铁进.加工工艺和复水条件对脱水胡萝卜复水性的影响[J].中国食品学报,2009,9(4):149-154
FENG Yin-jie, SHI Fang-rong, YING Tie-jin. Influence of Processing Technology and Rehydration Conditions on Rehydration Performance of Dehydrated Carrots [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2009, 9(4): 149-154
- [9] 李聚英,王军,戴蕴青.香椿特征香气组成及其在贮藏中变化的研究[J].北京林业大学学报,2011,33(3):127-131
LI Ju-ying, WANG Jun, DAI Yun-qing, et al. Composition of characteristic aroma of *Toona sinensis* and its change during storage[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2011, 33(3): 127-131
- [10] Liu Changjin, Zhang Jie, Zhou Zhongkai, et al. Analysis of Volatile Compounds and Identification of Characteristic Aroma Components of *Toona sinensis* (A. Juss.) Roem. Using GC-MS and GC-O [J]. Food and Nutrition Sciences, 2013, 4: 305-314
- [11] Mu Ruimin, Wang Xiangrong, Liu Sixiu, et al. Rapid determination of volatile compounds in *Toona sinensis* (A. Juss.) Roem. by MAE-HS-SPME followed by GC-MS [J]. Chromatographia, 2007, 65: 463-467
- [12] 刘常金,张杰,周争艳.GC-MS 分析比较 3 个特产香椿品种的挥发性成分[J].食品科学,2013,34(20):261-267
LIU Chang-jin, ZHANG Jie, ZHOU Zheng-yan. Comparative Analysis of Volatile Components in Three Cultivars of Chinese Toon (*Toona sinensis*) by GC-MS [J]. Food Science, 2013, 34(20): 261-267
- [13] Moreira R, Chenlo F, Chaguri L, et al. Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 86: 584-594
- [14] Otoniel Corzol, Carlos Alvarze. Color change kinetics of mango at different maturity stages during air drying [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2012, 38: 508-517