

预处理方式对热风干燥玫瑰花瓣品质特性的影响

Effects of different pretreatment methods on the quality characteristics of red rose by hot air drying

张萌¹ 段续^{1,2} 任广跃^{1,2} 周四晴¹ 徐一铭¹

ZHANG Meng¹ DUAN Xu^{1,2} REN Guang-yue^{1,2} ZHOU Si-qing¹ XU Yi-ming¹

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471023;

2. 粮食储藏安全河南省协同中心, 河南 洛阳 471023)

(1. College of Food and Biological Engineering Henan University of Science and Technology,

Luoyang, Henan 471023, China; 2. Collaborative Innovation Center of Grain Storage Security,

Henan Province, Luoyang, Henan 471023, China)

摘要:采用5%柠檬酸溶液、20%糖溶液、20% NaCl和柠檬酸混合溶液浸渍、烫漂4种处理方式处理玫瑰花瓣,以未预处理的花瓣作为对照,进行热风干燥对比试验和分析,对花瓣品质特性(色泽、总黄酮含量、总酚含量)以及微观结构等进行比较,并结合模糊数学综合评判法进行感官评定。结果表明:预处理方式对玫瑰花瓣的干燥速率有显著影响,且在含水率较高时尤其明显;微观结构有一定的差异性。其中,5%柠檬酸溶液组耗时最长,ΔE最小;20%糖溶液组复水比最低;混合溶液组色泽变化ΔE最大,总酚含量最高;烫漂组耗时最短,总黄酮含量和复水比最高。经烫漂预处理后的花瓣干燥后得到的感官评分值最高,对应的干燥时间、ΔE、复水比、总黄酮含量及总酚含量分别为120 min、18.17±0.54、3.01、0.27 mg/g、1.43 mg/g。因此,采用烫漂预作为预处理方式可以提高食用玫瑰花瓣干制品的品质。

关键词:预处理;热风干燥;玫瑰花瓣;品质特性

Abstract: In order to understand the effect of different pretreatments on the hot air drying characteristics and quality of red rose, four different pretreatment methods, i.e. impregnated 5% citric acid solution, 20% sugar solution, 20% NaCl and citric acid mixed solution and blanching, the pretreated petals were used as the control, to conduct comparative experiments and a-

nalysis of hot air drying. Sensory properties (color, total flavonoids, total phenols) and microstructure of red rose were examined, and combined with fuzzy mathematical comprehensive evaluation method for sensory evaluation. The results showed that drying rate of rose petals was influenced significantly by different pretreatment methods especially when the moisture content was high, and there are certain differences in microstructure. The dried red rose products in the 5% citric acid solution pretreatment group required the longest time and the lowest color difference index ΔE; in the 20% sugar solution group, the rehydration ratio was lowest. In the 20% NaCl and citric acid mixed solution group, the highest color difference index ΔE and the highest content of total phenols. The blanching pretreatment group required the shortest time, obtained the highest content of total flavonoids and the highest rehydration ratio. The blanching pretreatment group had the highest sensory score. Under the optimized condition, the drying time, and the color difference index ΔE and the content of total flavonoids and total phenols were 120 min, 18.17±0.54, 3.01, 0.27 mg/g and 1.43 mg/g, respectively. Therefore, the application of blanching as a pretreatment method could improve the quality of dried red rose products.

Keywords: pretreatment; hot air drying; red rose; quality characteristics

基金项目:“十三五”国家重点研发计划(编号:2017YFD0400901);国家自然科学基金项目(编号:31671907);“智汇郑州·1125聚才计划”项目(编号:2016XT026)

作者简介:张萌,女,河南科技大学在读硕士研究生。

通信作者:段续(1973—),男,河南科技大学教授,博士。

Email: duanxu_dx@163.com

收稿日期:2019-10-22

玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb.)属蔷薇科、蔷薇属,多年生常绿或落叶小灌木,富含蛋白质、膳食纤维、酚类和黄酮类等营养物质,具有重要的观赏、药用和食用价值^[1-2]。2010年国家卫生部颁布相关法规将其纳入食品中,成为了药食两用的中药之一^[3]。国家轻工部规定可以食用的国产玫瑰品种有山东平阴玫瑰、甘肃永登苦水玫瑰、安徽肃县传统紫枝玫瑰、山东平阴丰花玫瑰、山东

定陶玫瑰、河南周口商水玫瑰^[4]。

新鲜玫瑰花瓣的含水率较高,易腐烂变质。目前,既能保持玫瑰花良好的形态和色泽,又可延长贮藏期常用的方法为干燥法。兰伟等^[5]、谭颖等^[6-7]、宋春芳等^[8]分别采用真空冷冻、热风干燥、真空、微波真空、热风等干燥方式对玫瑰花瓣进行干燥试验研究。其中,热风干燥速度快、操作方便、成本较低,是目前干制加工生产中广泛应用的主要干燥方法,特别是低温热风干燥对各种活性成分破坏较小,适宜富含功效成分的原料^[9]。

花瓣干燥过程中容易发生褐变。预处理能影响干燥过程,影响水分扩散^[10]、干燥速率^[11]、干燥时间^[12]等。将玫瑰花瓣的预处理方式和热风干燥有效结合有助于玫瑰花瓣品质、加工效率的提升等。近年来,许多学者在花瓣干燥预处理上开展了一些探索研究。如兰伟等^[13]采用了物理保色和化学保色方法对玫瑰花瓣进行处理,发现对非深红色玫瑰花瓣的物理保色,以微波干燥保色效果较佳;对深红色花瓣的化学保色以在20%的MgCl₂和柠檬酸溶液中浸泡5 h效果最好。孙艳等^[14]利用干燥剂埋没干燥法及不同化学溶液前处理的方法,研究了玫瑰干花制作过程中的护形问题。朱文学等^[15]对新鲜百合进行漂烫—热风干燥试验,探讨漂烫时间和温度对百合干燥特性及品质的影响。食用玫瑰具有浓郁的香气,另外含有玫瑰多糖、黄酮等天然活性物质,因此成为生产保健食品的理想原料。目前,关于玫瑰干燥工艺的研究多以干燥方式的比较和干花的制作为主,关于食用玫瑰花的研究较少,采用不同的预处理方式对可以食用的玫瑰花瓣的干燥特性和品质产生的影响尚未见相关报道。

试验拟以玫瑰花瓣为对象,采用溶液浸渍、烫漂预处理方式,并进行热风干燥对比试验,测定其含水率、复水比、色泽、总黄酮、总酚含量等指标,并采用扫描电子显微镜观察微观组织,探索不同预处理方式对玫瑰花瓣热风干燥特性及感官品质的影响,以期食用玫瑰花瓣的加工提供一定的理论和技术参考。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

玫瑰:山东平阴玫瑰,洛阳新村甲天下花卉市场;
柠檬酸、食盐、无水乙醇、硝酸铝、氢氧化钠、亚硝酸钠:分析纯,天津市德恩化学试剂有限公司;
盐酸:分析纯,天津市化学试剂三厂。

1.2 仪器与设备

电热鼓风干燥箱:101型,北京科伟永兴仪器有限公司;
电子天平:JY/YP型,上海良平仪器仪表有限公司;
恒温水浴锅:HH-2型,力辰科技试验仪器厂;
可见分光光度计:7200型,上尤尼柯(上海)仪器有

限公司;

色差计:Xrite color i5型,三思驰科技有限公司;

循环水式真空泵:SHZ-D(Ⅲ)型,巩义市子华仪器有限责任公司;

数控超声波清洗器:KQ-500DE型,昆山市超声仪器有限公司;

扫描电子显微镜:S4800型,日本日立公司。

1.3 方法

1.3.1 预处理方法 将新鲜玫瑰的花瓣摘下,每份称取10 g,将玫瑰花瓣放入浸渍液浸渍2 h;将玫瑰花瓣置于75℃水浴锅中烫漂2 min。处理后取出沥干,用滤纸吸取表面水分。其中,浸渍液分别为5%柠檬酸溶液,20%糖溶液,20% NaCl+5 g 柠檬酸混合溶液。料液比1:40(g/mL)。

1.3.2 热风干燥 将上述4组经过预处理的玫瑰花瓣和未预处理的玫瑰花瓣分别装入网盘中,放入热风干燥箱内进行热风干燥。干燥前期,每隔20 min取出物料称质量,记录数据后迅速放回继续干燥,2 h后,每隔40 min取出称量,直至物料质量不变(前后两次称量质量差值<0.01 g)时停止干燥^[16]。杜利平等^[3]的研究表明低温热风干燥对玫瑰花的活性成分破坏较小,为了获得较优的预处理方案,将温度设置为45℃。每组试验均重复3次。

1.3.3 指标测定

(1) 干基含水率:玫瑰花瓣干燥过程中干基含水率^[17]按式(1)计算。

$$X_d = \frac{M_d - M_0}{M_0}, \quad (1)$$

式中:

X_d ——干基含水率,g/g;

M_d ——干燥过程任意 t 时刻花瓣的质量,g;

M_0 ——绝干物质质量,g。

(2) 干燥速率:干燥速率是指干燥过程中单位时间减少的干基含水率^[18],按式(2)计算。

$$D_R = \frac{M_{a_2} - M_{a_1}}{a_2 - a_1}, \quad (2)$$

式中:

D_R ——干燥速率,g/(g·min);

M_{a_1} ——花瓣在干燥过程中 a_1 时刻的干基含水率,g/g;

M_{a_2} ——花瓣在干燥过程中 a_2 时刻的干基含水率,g/g。

(3) 复水比:将不同预处理条件下干燥得到的玫瑰花瓣干制品放入60℃水浴锅内,每隔10 min取出并用滤纸擦干玫瑰花瓣表面的水分,称量,放回水浴锅内重复进行3次,按式(3)计算复水比^[19]。

$$R_e = \frac{W_2}{W_1}, \tag{3}$$

式中:

R_e ——复水比, g/g;

W_2 ——复水后玫瑰花瓣的质量, g;

W_1 ——复水前玫瑰花瓣的质量, g。

(4) 色差值:采用色差仪测定复水前后的玫瑰花瓣干制品表面的明亮度 L^* 、红绿值 a^* 和蓝黄值 b^* 。每个待测样品选取表面 3 个不同位置进行检测,每个样品重复 3 次。

(5) 总黄酮含量:将干燥后的玫瑰花瓣用超微粉碎机粉碎称取 1 g 样品,加 30 mL 50% 乙醇研磨后,400 W、40 ℃ 条件超声提取 30 min。抽滤 3 次。滤液在 10 000 r/min 离心 10 min,取上清液作为待测液。取提取液 0.1 mL,加入 3 mL 30% 乙醇和 0.3 mL 5% NaNO_2 溶液,摇匀放置 5 min,加入 0.3 mL 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液,摇匀放置 6 min,加入 2 mL 4% NaOH 溶液,摇匀,用 30% 乙醇稀释至 10 mL,同时以芦丁为标样作标准曲线于 510 nm 处测定吸光度^[20]。标准曲线为 $Y(\text{mg/mL}) = 0.645\ 6A + 0.006, R^2 = 0.999\ 1$ 。

(6) 总酚含量:提取方法同 1.3.3(5)。吸取提取液 0.1 mL,加入 500 μL 福林酚试剂,反应 3 min 后,加入 3 mL 6% Na_2CO_3 溶液,用蒸馏水稀释至 5 mL,摇匀、避光保存 2 h,同时以没食子酸为标样作标准曲线,于 765 nm 处测定吸光度值^[21]。没食子酸标准曲线为: $Y(\text{mg/mL}) = 1.633\ 1A + 0.005\ 2, R^2 = 0.999\ 0$ 。

(7) 微观结构:使用扫描电子显微镜观察干燥后的玫瑰花瓣的微观结构,用石墨双面胶将不同预处理后干燥的花瓣粘在样品台上,于真空条件下将样品放入扫描电镜观察,将样品放大 300 倍,进行图谱采集。

1.3.4 感官评定 参照食用玫瑰花馅料卫生标准(GB 11675—2003),对干燥后玫瑰花瓣的重要感官指标是气味、口感、色泽和组织与形态等感官品质进行评价^[22],由感官品评专家(10 人)运用模糊数学综合评判法确定各指标权重向量。模糊数学在食品感官综合评价中可以消除主观因素的影响,获得准确、客观、科学的评价结果^[23]。10 位感官品评专家评估了玫瑰花瓣的 4 种感官指标的重要性,给出了不同指标的隶属度,如表 1 所示,隶属度在 0~1 范围内(0 代表不重要,1 代表最重要)^[24]。将隶属度进行归一化处理确定权重向量,结果见表 2 所示。

由表 2 可知,干燥后玫瑰花瓣的 4 个感官指标的权重向量 $A = [0.22, 0.35, 0.25, 0.18]$,即气味 0.22、口感 0.35、色泽 0.25、组织与形态 0.18。因此可确定各感官指标的分值:气味 20 分,口感 35 分,色泽 25 分,组织与形态 20 分。由 15 名感官评价员对产品进行感官评价。感官评价标准如表 3 所示。

表 1 不同评价指标的隶属度

Table 1 Membership of different evaluation indicators

感官品评专家	气味	口感	色泽	组织与形态
专家 1	0.3	0.6	0.1	0.2
专家 2	0.4	0.3	0.3	0.1
专家 3	0.3	0.4	0.3	0.2
专家 4	0.4	0.5	0.6	0.3
专家 5	0.2	0.7	0.3	0.1
专家 6	0.1	0.3	0.4	0.3
专家 7	0.3	0.5	0.1	0.2
专家 8	0.2	0.4	0.3	0.2
专家 9	0.1	0.2	0.5	0.3
专家 10	0.4	0.3	0.3	0.2

表 2 隶属度归一化处理结果

Table 2 Membership degree normalization results

感官评价人员	气味	口感	色泽	组织与形态
专家 1	0.25	0.50	0.08	0.17
专家 2	0.37	0.27	0.27	0.09
专家 3	0.25	0.33	0.25	0.17
专家 4	0.22	0.28	0.33	0.17
专家 5	0.15	0.54	0.23	0.08
专家 6	0.09	0.27	0.37	0.27
专家 7	0.27	0.46	0.09	0.18
专家 8	0.18	0.36	0.27	0.19
专家 9	0.09	0.19	0.45	0.29
专家 10	0.33	0.25	0.25	0.17
平均值	0.22	0.35	0.25	0.18

1.4 数据处理

采用 Origin 8.5 统计软件进行数据处理与分析,用 SPSS 19 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 对玫瑰花瓣干制品干燥特性的影响

由图 1 可知,在不同的预处理方式下,玫瑰花瓣的干基含水率不同,经烫漂预处理的样品在前 100 min 内干基含水率明显低于其他处理方式样品的干基含水率,干燥所需时间最短。这可能是由于在 75 ℃ 条件下进行漂烫破坏了花瓣表面细胞,花瓣组织软化,加快了花瓣的失水并与细胞壁分离,降低了干燥过程花瓣内水分扩散阻力,这种内部结构的变化有利于干燥过程中水分的迁移,干燥时间也因此缩短^[24]。随着干燥过程的进行,干基含水率越来越低,干燥速率也逐渐减慢,整个干燥过程只呈现降速阶段。在干燥初期,物料的水分含量较高,对应的干燥速率也高于含水率较低时的干燥速率,随着干燥时间

表 3 感官评价标准表
Table 3 Standard table of sensory evaluation

气味(20 分)	口感(35 分)	色泽(25 分)	组织与形态(20 分)	评分
香气纯正,花香浓郁,无异味	酥脆性好,口感协调	呈红色,有光泽	花瓣完整不粘连,没有皱缩	79~100
香气纯正,花香较浓郁,无异味	酥脆性较好,口感基本协调	呈红色,花瓣略暗	花瓣完整不粘连,皱缩程度小	53~74
花香较淡,无异味	酥脆性不好,口感一般	花瓣发紫,没有光泽	花瓣较完整略有粘连,皱缩程度大	29~50
花香较淡,略有异味	口感不好,酥脆性较差	花瓣发黑,没有光泽	花瓣粘连较软,严重皱缩	0~25

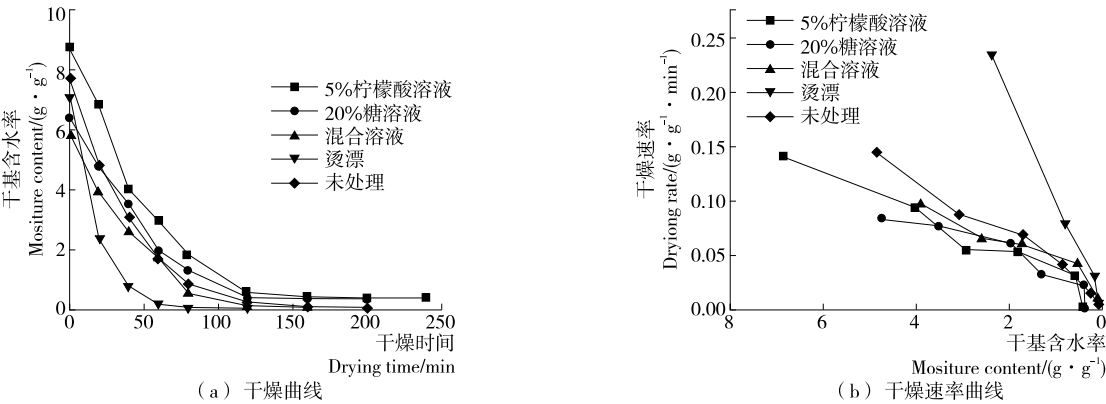


图 1 不同预处理方式下玫瑰花瓣的干燥曲线及干燥速率曲线
Figure 1 Drying curves and drying rate curves of red rose by different pretreatment methods

的延长,物料残余的水分逐渐减少,干基含水率变化趋势逐渐变小,可能是干燥刚开始时,玫瑰花瓣经过一个预热处理,花瓣中的水分通过内部扩散到表面,随着干燥时间的增加,物料含水率降低,因此干基含水率出现缓慢下降的趋势。在不同的预处理方式下,玫瑰花瓣的干燥速率差别较大,且在含水率较高时尤其明显。这可能是因为植物材料的物质组成和存在状态影响了其干燥脱水的速度。

2.2 处理方式对玫瑰花瓣色泽的影响

试验中期望干燥产品的 L^* 值越大越好, ΔE 值越小越好^[21]。由表 4 可知,5 组玫瑰花瓣热风干燥后, L^* 值之间无显著差异,但显著低于新鲜花瓣的 L^* 值;5 组间

的 a^* 值和 b^* 值均存在显著差异,且明显低于新鲜花瓣组; ΔE 反映玫瑰花瓣的总色差,相对于新鲜花瓣来说,5%柠檬酸溶液组处理的花瓣色泽变化 ΔE 最小,显著低于其他预处理方式,说明该产品与新鲜玫瑰花瓣色泽最相近,可见 5%柠檬酸溶液处理具有较好的护色作用,可能是加入的柠檬酸降低了花瓣细胞内的 pH 值,增加了玫瑰花中起显色作用的花青素在酸性溶液中的溶解程度。5 组干燥玫瑰花瓣复水后 L^* 值无显著差异,但显著低于新鲜花瓣组;而 a^* 值和 b^* 值存在显著差异,且明显低于新鲜花瓣组;经 5%柠檬酸溶液处理干燥的玫瑰花瓣复水后的 ΔE 最小。结果表明,不同预处理方式下干燥后的

表 4 不同预处理方式下玫瑰花瓣色泽的比较[†]
Table 4 Effects of different pretreatment methods on the color of red rose

处理方式	干燥后				复水后			
	L^*	a^*	b^*	ΔE	L^*	a^*	b^*	ΔE
新鲜花瓣	41.32±1.06 ^a	24.73±4.41 ^a	6.15±1.08 ^a	—	—	—	—	—
5% 柠檬酸溶液	39.43±0.60 ^{bc}	9.75±4.33 ^c	1.05±1.14 ^b	15.94±4.49 ^a	43.89±6.21 ^a	16.91±3.82 ^{bc}	-0.52±2.91 ^{bc}	10.25±4.25 ^a
20% 糖溶液	36.52±2.31 ^{bc}	6.61±2.91 ^c	0.63±0.75 ^b	19.54±3.09 ^a	37.36±1.23 ^a	11.65±4.00 ^c	-0.17±1.90 ^{bc}	15.18±3.98 ^a
混合溶液	37.58±1.10 ^{bc}	15.61±1.35 ^b	2.95±0.64 ^{ab}	24.40±1.55 ^b	38.39±3.28 ^a	15.21±4.22 ^c	1.00±0.08 ^b	11.79±2.98 ^a
烫漂	35.41±2.72 ^{bc}	8.91±1.34 ^c	-0.54±0.46 ^b	18.17±0.54 ^a	39.26±5.42 ^a	23.34±4.60 ^{ab}	-2.05±1.15 ^{bc}	10.60±1.96 ^a
未处理	35.70±0.68 ^c	7.43±1.16 ^b	-0.17±1.90 ^{bc}	19.13±1.15 ^a	40.60±0.87 ^a	12.88±2.90 ^c	-2.72±1.20 ^c	14.93±2.34 ^a

[†] 同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

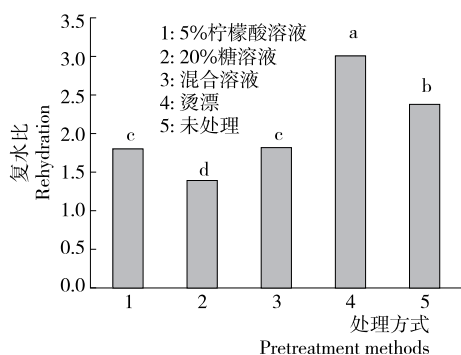
玫瑰花瓣及复水的色泽均与新鲜花瓣存在不同程度的差异,5%柠檬酸溶液预处理可以有效改善热风干燥玫瑰花瓣的色泽。

2.3 对玫瑰花瓣复水比的影响

由图 2 可知:在不同的预处理方式下,玫瑰花瓣的复水能力差异显著,可能是由于干燥时间过长以及不同预处理对物料组织结构和水分状态的影响不同。烫漂处理的样品的复水比显著高于其他处理方式的,可能是烫漂的物理热力作用较强,使花瓣内部细胞原生质体和细胞壁分离,细胞膜的通透性加大^[25],使其复水能力明显增强。经 20%糖溶液处理的样品的复水比最小,可能是因为糖分子不容易被吸收,造成花瓣表面有大量的糖分子残留,导致干燥花瓣的复水性降低。

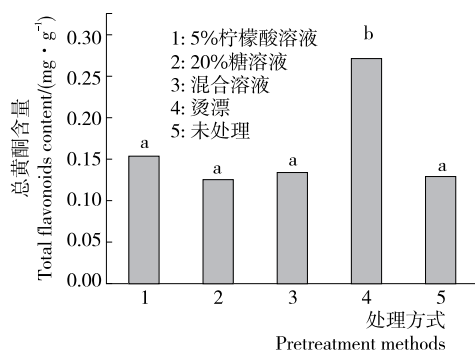
2.4 对玫瑰花瓣总黄酮含量的影响

由图 3 可知,烫漂处理样品的总黄酮含量显著高于其他处理方式的,说明烫漂可有效地保存总黄酮,可能是烫漂的干燥时间最短,在干燥过程中因受热而损失的最小。20%糖溶液浸渍和未处理组含量差异不显著,但显著低于其他处理方式,不同预处理方式对总黄酮含量的影响显著,可能是由经不同处理后残留的酶活性和花



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 不同预处理方式下玫瑰花瓣复水比的比较
Figure 2 Effects of different pretreatment methods on the rehydration of red rose



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 3 不同预处理方式下玫瑰花瓣总黄酮含量的比较
Figure 3 Effects of different pretreatment methods on the total flavonoids content of red rose

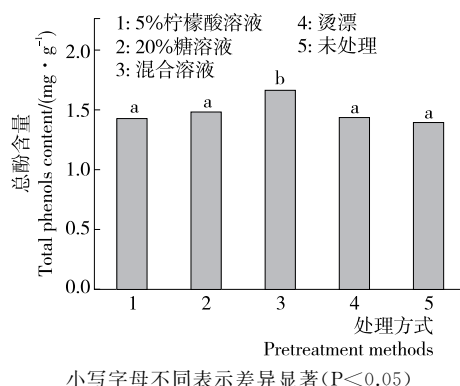
瓣中各组分状态的差异造成的,也可能是花瓣干燥时间较长,导致黄酮类化合物含量下降^[25]。

2.5 对玫瑰花瓣总酚含量的影响

由图 4 可知,经混合溶液预处理样品中总酚含量最高,显著高于另外 4 种预处理方式,但四者之间总酚含量有明显差异。20% NaCl 和柠檬酸混合溶液浸渍预处理后的干燥产品总酚含量最高,可能是因为柠檬酸降低了物料的 pH 值,同时具有络合金属离子 Na 的作用,抑制酶活性,从而有效抑制酚类化合物的降解^[21]。

2.6 对玫瑰花瓣微观组织结构的影响

由图 5 可以看出,新鲜玫瑰花瓣结构呈有规则的条纹状,排列整齐。其中,烫漂处理的花瓣的组织结构变化



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 4 不同预处理方式下玫瑰花瓣总酚含量的比较
Figure 4 Effects of different pretreatment methods on the total phenols content of red rose

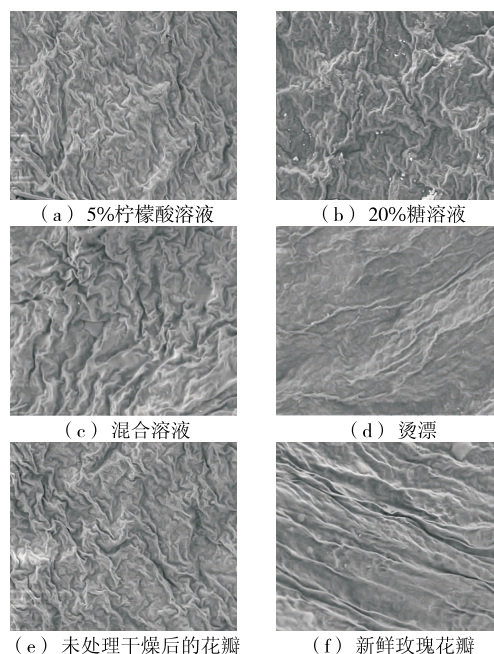


图 5 不同预处理方式下玫瑰花瓣的微观结构
Figure 5 Effects of different pretreatment methods on the microstructure of red rose ($\times 300$)

不大,没有皱缩,细胞形态改变较小,但较为疏松,可能是高温烫漂使花瓣细胞的通透性增加,内部结构遭到破坏。经 20%糖溶液处理的花瓣表面有白色漂浮物,可能是在浸渍过程中进入细胞内部的糖分子,导致复水效果差。另外几种预处理的花瓣微观结构都出现了一定的皱缩,经 5%柠檬酸溶液和 20%糖溶液处理的花瓣褶皱不规律,可能是由于干燥时间过长导致卷曲现象更严重。不同预处理的玫瑰花瓣干燥后有一定的差异性。SEM 呈现

的结果与前期研究的复水比、干燥耗时等结果相吻合。

2.7 对感官品质的影响

由表 5 可知,烫漂组和 5%柠檬酸组均具有较好的气味、口感、色泽和组织与形态。混合溶液组虽然具有较好的气味、口感和组织与形态,但颜色偏暗没有光泽。20%糖溶液组和未处理组花瓣皱缩严重,有粘连,酥脆性较差影响口感,因此感官评分较低。结果表明,漂烫预处理在感官评价中具有较高的感官满意度,是比较合适的预处理方式。

表 5 感官评定结果[†]
Table 5 Sensory evaluation results

处理方式	气味	口感	色泽	组织与形态	总分
5%柠檬酸溶液	15.5±1.2 ^c	29.1±1.1 ^b	20.7±1.3 ^a	15.4±0.8 ^c	80.8±3.4 ^b
20%糖溶液	16.5±1.1 ^b	25.9±1.0 ^d	16.3±1.0 ^d	15.1±0.7 ^c	73.9±1.9 ^e
混合溶液	17.7±0.6 ^a	27.3±1.0 ^c	14.6±1.1 ^d	18.2±0.6 ^a	77.8±1.3 ^c
烫漂	16.0±0.9 ^b	31.7±0.7 ^a	19.3±0.9 ^b	16.1±1.0 ^b	83.1±2.1 ^a
未预处理	14.7±1.1 ^c	26.2±0.9 ^d	19.1±1.0 ^b	16.3±0.9 ^b	76.2±1.4 ^d

† 同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

3 结论

以干燥耗时、色泽、复水比、总黄酮含量、总酚含量以及微观结构等为考察指标,全面分析了 5%柠檬酸溶液、20%糖溶液、20% NaCl 和柠檬酸混合溶液浸渍、烫漂 4 种处理方式对玫瑰花瓣热风干燥品质的影响。研究结果表明,在干燥前对玫瑰花瓣进行不同处理,会对物料产生不同程度的物理或化学作用,引起细胞微观结构、营养成分等的变化,进而造成玫瑰花瓣干制品品质的差异。其中,高温漂烫破坏了花瓣表面细胞,花瓣组织软化,加快了花瓣的失水并与细胞壁分离,有利于干燥过程中水分的迁移,干燥时间也因此缩短;高温使花瓣细胞的通透性增加,内部结构较为疏松,其干制品复水比最大、总黄酮含量最高、色泽保持得较好,更有利于推广应用。后续将对其作用机理作深入研究。

参考文献

[1] 王慧英. 玫瑰红色素的理化性质、生物活性及提取应用研究进展[J]. 食品与机械, 2018, 34(11): 174-177.
[2] 刘家富, 汪禄祥, 黎其万, 等. 云南食用玫瑰的营养成分研究[J]. 西南农业学报, 2006, 19(增刊 1): 129-132.
[3] 郑淑彦, 王伟, 董金金, 等. 食用玫瑰营养保健功能及产品开发研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2016, 37(23): 206-211.
[4] 张文, 王超, 张晶, 等. 食用玫瑰的研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2016, 35(3): 24-30.
[5] 兰伟, 孙起梦, 董高飞. 玫瑰花瓣的真空冷冻干燥试验[J]. 陕西科技大学学报: 自然科学版, 2008(5): 63-67.
[6] 谭颖, 陈国菊, 程玉瑾, 等. 玫瑰花瓣压花材料热风干燥动力

学模型[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(6): 1 037-1 041.
[7] 谭颖, 陈国菊, 程玉瑾, 等. 玫瑰花瓣压花材料真空干燥特性及动力学模型[J]. 真空科学与技术学报, 2015, 35(8): 1 028-1 033.
[8] 宋春芳, 覃永红, 周黎, 等. 不同干燥方法对玫瑰花瓣质量的影响[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(3): 41-43.
[9] 陈健凯, 王绍青, 林河通, 等. 番木瓜片的热风干燥特性与动力学模型[J]. 热带作物学报, 2017, 38(12): 2 366-2 375.
[10] WANG Jun, FANG Xiao-ming, MUJUMDAR A S, et al. Effect of high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) on drying and quality of red pepper (*Capsicum annuum* L.)[J]. Food Chemistry, 2017, 220: 145-152.
[11] CHEN Jian-kai, WANG Shao-qing, LIN He-tong, et al. Effects of various blanching methods on weight loss, enzymes inactivation, phytochemical contents, antioxidant capacity, ultrastructure and drying kinetics of red bell pepper (*Capsicum annuum* L.)[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 337-347.
[12] XIAO Hong-wei, BAI Jun-wen, SUN Da-wen, et al. The application of superheated steam impingement blanching (SSIB) in agricultural products processing: A review[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 132: 39-47.
[13] 兰伟, 蔡健, 胡庆菊. 玫瑰花瓣干燥保色技术与机理研究[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(4): 67-68.
[14] 孙艳, 王能为. 微波干燥玫瑰花的护形研究[J]. 中国资源综合利用, 2009, 27(2): 40-41.
[15] 朱文学, 黄敬, 刘云宏. 预处理对百合热风干燥特性及其品质的影响[J]. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2017, 38(4): 77-83.

(下转第 229 页)

- [46] RAIMBAULT M, GEMMON J C. Procédé d'enrichissement en protéines de produits comestibles solides[J]. French Patent, 1976, 76(6): 677.
- [47] DURAND A, DE LA D B, BLACHERE H. Laboratory scale bioreactor for solid state processes[J]. Journal of Biotechnology, 1988(8): 59-66.
- [48] 韩北忠. 滚筒式生物反应器固态发酵的应用研究[J]. 中国农业大学学报, 2001(2): 96-100.
- [49] RAGHAVARAO K S M S, RANGANATHAN T V, KARANTH N G. Some engineering aspects of solid-state fermentation[J]. Biochemical Engineering Journal, 2003, 13(2/3): 127-135.
- [50] WANG Er-qiang, LI Shi-zhong, TAO Ling. Modeling of rotating drum bioreactor for anaerobic solid-state fermentation[J]. Applied Energy, 2010, 87(9): 2 839-2 845.
- [51] LI Shi-zhong, LI Guang-ming, ZHANG Lei. A demonstration study of ethanol production from sweet sorghum stems with advanced solid state fermentation technology[J]. Appl Energy, 2013, 102(2): 260-265.
- [52] PANDIT J B, JOSHI J B. Mixing in mechanically agitated gas-liquid contactors bubble columns and modified bubble columns [J]. Chemical Engineering Science, 1983, 38(8): 1 181-1 215.
- [53] WARD A J, HOBBS P J, HOLLIMAN P J. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(17): 7 928-7 940.
- [54] 严玉平, 陈葵, 陈庆隆, 等. 卧式厌氧发酵反应器: 中国, 204702749U[P]. 2015-10-14.
- [55] NAGEL F J J L, TRAMPER J, BAKKER M S N, et al. Temperature control in a continuously mixed bioreactor for solid-state fermentation[J]. Biotechnology and Bioengineering, 2001, 72(2): 219-230.
- [56] 陈俊英, 韩秀丽, 李洪亮, 等. 压力脉动用于固态发酵过程的研究进展[J]. 酿酒科技, 2009(11): 17-20, 23.
- [57] 黄鑫泉. 压力脉动生物反应器与固态发酵[J]. 化工科技市场, 2000(3): 5-7.
-
- (上接第 209 页)
- [16] 易婕, 刘云宏, 李海登, 等. 紫薯远红外辐射干燥及品质特性[J]. 食品科学, 2018, 39(7): 160-167.
- [17] 张磊, 余筱洁, 白峻文, 等. 红外干燥方式对紫甘蓝干燥特性的影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(12): 202-209, 176.
- [18] NG M X, THAM T C, ONG S P, et al. Drying kinetic s of technical specified rubber[J]. Information Processing in Agriculture, 2015, 2(1): 64-71.
- [19] 邵晓亮, 刘莹, 刘淑华, 等. 太阳能干制花菜干复水效果的研究[J]. 农产品加工, 2018(15): 9-12.
- [20] 杜利平, 闫慧娇, 王晓, 等. 玫瑰花低温干燥过程中生理特性及功效成分的变化研究[J]. 食品科技, 2016(2): 59-64.
- [21] 唐璐璐, 易建勇, 毕金峰, 等. 预处理对压差闪蒸干燥丰水梨脆片品质及微观结构的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(21): 73-78.
- [22] 陈莹, 何艾婧, 古丽菲热·伊力哈木, 等. 不同干燥方式对玫瑰花外观和成分保留的影响[J]. 食品工业, 2017(8): 122-125.
- [23] IOANNOU I, PERROT N, HOSSENLOPP J, et al. The fuzzy set theory: A helpful tool for the estimation of sensory properties of crusting sausage appearance by a single expert[J]. Food Quality and Preference, 2002, 13(7): 589-595.
- [24] HOGENKAMP P S, STAFLEU A, MARS M, et al. Texture, not flavor, determines expected satiation of dairy products[J]. Appetite, 2011, 57(3): 635-641.
- [25] 王海鸥, 扶庆权, 陈守江, 等. 不同护色预处理对牛蒡片真空冷冻干燥特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(1): 86-91.
-
- (上接第 221 页)
- [26] 阎欲晓, 栗桂娇, 何勇强. 黑曲霉固态发酵对甘蔗叶酚类物质释放及抗氧化活性的影响[J/OL]. 食品科学 (2019-10-12) [2019-11-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20191012.1129.048.html>.
- [27] WANG Jia-hong, CAO Fu-liang, SU Er-zheng, et al. Improving flavonoid extraction from Ginkgo biloba Leaves by prefermentation processing[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(24): 5 783-5 791.
- [28] VATTEM D A, LIN Y T, LABBE R G, et al. Phenolic antioxidant mobilization in cranberry pomace by solid-state bioprocessing using food grade fungus *Lentinus edodes* and effect on antimicrobial activity against select food borne pathogens[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(1): 0-91.
- [29] CAI Sheng-bao, HUANG Chen, JI Bao-ping, et al. In vitro antioxidant activity and inhibitory effect, on oleic acid-induced hepatic steatosis, of fractions and subfractions from oat (*Avena sativa* L.) ethanol extract[J]. Food Chemistry, 2011, 124(3): 900-905.
- [30] XU Chen, JI Geun-eog. Bioconversion of flavones during fermentation in milk containing scutellaria baicalensis extract by *Lactobacillus brevis*[J]. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2013, 23(10): 1 422-1 427.
- [31] 马奕瑜, 陈静慧, 王洪新, 等. 铁皮石斛花色苷稳定性及热降解动力学研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(16): 50-57.
- [32] 尹姿, 张曦, 郑楠, 等. 笃斯越桔花青素在不同 pH 条件下热稳定性的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(12): 157-161.