

范茜, 范刚, 任婧楠, 等. 脐橙皮渣的快速脱苦及其馅料制备[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(2): 213-221.

DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2021.02.023

脐橙皮渣的快速脱苦及其馅料制备

范茜, 范刚, 任婧楠, 潘思轶, 李晓

华中农业大学食品科学技术学院/环境食品学教育部重点实验室, 武汉 430070

摘要 为开发利用脐橙皮渣资源, 通过单因素、正交试验研究超声波辅助 NaCl-NaHCO₃ 溶液对脐橙皮渣的脱苦效果, 并利用 D-Optimal Design 法优化得出脐橙皮渣馅料的最佳配方。结果显示, 影响脐橙皮渣脱苦效果的主要因素依次为: 超声功率>超声时间>NaCl-NaHCO₃ 含量。将脐橙皮渣浸泡在 3% 的 NaCl-NaHCO₃ 溶液(二者质量比 1:1)中, 在 30℃、120 W 条件下超声 15 min, 脱苦去涩效果最佳。相关性分析结果显示, 馅料的感官品质与 TPA 参数的硬度、胶黏性和回复性呈极显著负相关($P<0.01$)。单因素方差分析结果表明, 脐橙皮渣浆对馅料硬度、胶黏性影响显著($P<0.05$); 白砂糖对馅料硬度影响显著($P<0.05$), 对回复性影响极显著($P<0.01$); 食用植物油和玉米淀粉对硬度、胶黏性和回复性影响不显著($P>0.05$)。混料优化试验和验证试验得到脐橙皮渣馅料的最优配方为: 以馅料总质量为 100% 计, 脐橙皮渣浆 77.0%、白砂糖 17.0%、食用植物油 4.5%、玉米淀粉 1.5%, 制作出的馅料清香可口、细腻爽滑、不粘牙, 感官品质较好。

关键词 脐橙皮渣; 超声波; 脱苦; 去涩; 馅料; 感官品质; 新型食品; 副产物利用

中图分类号 TS 201.4; TS 207.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2021)02-0213-09

脐橙(*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), 又名甜橙、香橙, 芸香科柑橘属植物, 是世界各国主要栽培的柑橘品种。脐橙皮渣是脐橙加工业的主要残留物, 其来源广、成本低、营养成分丰富, 可作为潜在的营养来源。然而, 国内外关于脐橙皮渣的研究目前主要集中在发酵、饲料、有机肥、药物、果胶和精油成分提取等方面^[1], 剩余皮渣大量被扔弃、腐烂, 造成资源浪费和环境污染。随着脐橙产量逐年增加, 脐橙皮渣的开发利用显得尤为重要。

脐橙类柑橘果实中的苦味物质较多, 目前柑橘类产品的脱苦主要集中在果汁加工中, 关于柑橘皮渣的脱苦技术研究较少。曾知富^[2]曾在 1% 煮沸的碳酸氢钠溶液中加入南丰蜜桔皮继续煮沸 15 min, 虽然脱苦效果良好, 但桔皮营养成分损失严重。滕飞等^[3]通过研究盐碱浓度、脱苦温度、脱苦时间和漂洗脱水次数等优化出一种简单、高效的柚子皮脱苦工艺。据赵静等^[4]报道, 将龙安柚果皮浸泡在 45℃、2% 的 β -环状糊精溶液中, 两者可形成稳定的包嵌物从而达到柚皮脱苦去涩的目的。脱苦后的柑

橘皮渣可作为食品原料进行各种新型产品的开发, 如制成营养丰富、清香宜人的脐橙皮饮料, 带保健功效的橙皮果酱, 酸甜可口的桂花型低糖橘皮果脯, 酥脆可口的柑橘皮膳食纤维曲奇等^[5-8]。总之, 关于柑橘皮渣的资源利用与新型食品的研发将成为柑橘领域的又一研究热点。

为寻求一种快速、简便的脱苦方法, 本研究主要探讨采用超声辅助 NaCl-NaHCO₃ 溶液对脐橙皮渣的脱苦效果, 同时以脐橙皮渣为主要原料, 确定添加白砂糖、食用植物油和玉米淀粉对馅料感官品质和质构特性的影响, 并对脐橙皮渣馅料配方进行优化, 以期新型食品馅料的开发和柑橘副产物的利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

赣南脐橙, 购于江西省赣州市安远县; 食盐(主要成分 NaCl)、白砂糖、食用玉米淀粉(普通玉米淀粉, 一级品)、食用植物油(发牌调和色拉油)均购于

收稿日期: 2020-12-15

基金项目: 湖北省重点研发计划项目(2020BBA049)

范茜, E-mail: 2314164141@qq.com

通信作者: 范刚, E-mail: fangang@mail.hzau.edu.cn

华中农业大学校内中百超市;三聚磷酸钠、碳酸氢钠(NaHCO_3)购于国药集团化学试剂有限公司。试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

AR522CN 电子天平,奥豪斯仪器(上海)有限公司;KQ-300DE 超声波清洗机,昆山超声仪器有限公司;DHG-06-100B 鼓风干燥箱,武汉市海达仪器设备有限公司;BOKING 家用电磁炉,九阳股份有限公司;JP13D-800 温养破壁料理机,浙江苏泊尔股份有限公司;TA.XT Plus 物性测试仪,英国 Stable Micro System 有限公司。

1.3 待脱苦脐橙皮渣样品的制备

取新鲜的赣南脐橙果皮,将外表皮磨破后使用自来水冲洗2次,切成 $1\text{ cm}\times 1\text{ cm}$ 的方块丁,于 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 热水中加热5 min进行灭酶处理。参考杨文侠等^[6]方法,将皮渣置于0.1%的三聚磷酸钠溶液中浸泡30 min,促进苦味物质从细胞结构中释放,随后使用自来水漂洗2次,沥干水分即为待脱苦样品。

1.4 脐橙皮渣脱苦去涩试验

分别称取20 g待脱苦样品于5个100 mL离心管中,添加60 mL 4%的 NaCl-NaHCO_3 溶液(预试验得两者质量比为1:1),在超声功率180 W、超声温度 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 、超声时间30 min条件下,对样品进行脱苦处理。随后置于自来水中浸泡2 h,取出漂洗2次,再将水沥干,即为脱苦样品。

单因素试验各因素的具体条件设定为:(1) NaCl-NaHCO_3 含量分别为2%、3%、4%、5%、6%;(2)超声功率分别为120、150、180、210、240 W;(3)超声温度分别为30、45、60、75、 $90\text{ }^\circ\text{C}$;(4)超声时间分别为15、30、45、60、75 min。

在单因素试验基础上,对各因素分别选取3个较优水平,然后采用 $L_9(3^4)$ 进行正交试验。

1.5 脐橙皮渣馅料的制作工艺

参考张延杰等^[9]的馅料生产工艺,略作改动。将脱苦沥水后的脐橙皮渣切成小块置于破壁机中加入适量水(料水比1:1)斩拌得细腻的脐橙皮渣浆,参考预试验结果,将脐橙皮渣浆在 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 下煮制7 min使水分蒸发,加入白砂糖继续炒制5 min,最后将油脂和玉米淀粉混匀呈油乳状后加入其中,炒至馅料可抱团、不粘锅(此过程约5 min),即可起锅。

1.6 馅料评价指标的确定

参考唐晓凤等^[10]的方法,略作修改。将从市场上购买的绿豆沙、黑芝麻、白莲蓉、红豆沙、紫薯蓉、桔香蓉共6种馅料进行感官评价并做质构分析,然后使用SPSS Statistics 20.0软件的皮尔森相关系数双尾检验(two-tailed)法对测定结果进行相关性分析,确定评价馅料品质的质构参数。

1.7 馅料 TPA 测试

取充分冷却后的馅料约4.5 g,利用质构仪在设定参数下进行TPA测试,每个样品重复测定8次,取其平均值进行统计。设定参数参考文献^[11]并略作修改:测前速度 1.00 mm/s ,测试速度 5.00 mm/s ,测后速度 5.00 mm/s ,压缩率75.00%,停留时间0.5 s,触发力5.0 g,探头类型P/36R。

1.8 馅料混料设计试验

采用Design Expert软件混料设计中的D-Optimal Design方法,以脐橙皮渣浆、白砂糖、食用植物油、玉米淀粉为主要配方设计出20组试验配方,以馅料总质量为100%计,每种成分的用量上下限设定如下: $65.0\% \leq \text{脐橙皮渣浆} \leq 80.0\%$, $15.0\% \leq \text{白砂糖} \leq 30.0\%$, $2.0\% \leq \text{食用植物油} \leq 5.0\%$, $1.0\% \leq \text{玉米淀粉} \leq 2.0\%$ 。在确定原料中脐橙皮渣浆、白砂糖、食用植物油和玉米淀粉对馅料的品质影响后,将馅料的硬度、胶黏性和回复性均设为最小值,经软件分析计算得出最优组合,并进行验证试验。

1.9 脐橙皮渣馅料成分测定

水分测定参考GB 5009.3-2016的直接干燥法;灰分测定参考GB 5009.4-2016的食品中总灰分的测定法;蛋白质测定参考GB 5009.5-2016的凯氏定氮法;脂肪测定参考GB 5009.6-2016的酸水解法;总碳水化合物参考GB 28050-2011预包装食品营养标签通则计算;膳食纤维含量参考GB/T 5009.88-2008的酶重量法。

1.10 感官评定

邀请8名有感官评定经验的食品专业研究生组成感官评定小组(男女比例1:1)。为避免溶液中的苦味物质对感官产生影响,将脱苦样品沥水后在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 鼓风干燥箱中烘烤1 h取出,冷却后进行脱苦去涩感官评定,评分标准见表1。参照GB/T 21270-2007《食品馅料》和NY/T 2107-2011《绿色食品 食品馅料》制订脐橙皮渣馅料评分标准,并进行感官评定,评分标准见表2。

表1 脐橙皮渣脱苦效果的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for the debittering effect of navel orange peel

指标 Index	评价标准 Evaluation standard	分值 Score
去苦涩程度 Degree of bitterness	入口不苦,无涩味 Entrance is not bitter,no astringency	31~40
	入口不苦,品尝后略微返苦,无涩味 Entrance is not bitter,slightly bitter after taste back,no astringency	21~30
	入口品尝微苦,有涩味 Entrance taste bitter,astringent	11~20
	入口苦味涩味明显,持久不散 Entrance obvious bitterness astringency,lingers	0~10
盐碱味 Saline taste	无咸味和碱味残留,完全能接受 No salty and alkaline odors remain,completely acceptable	31~40
	入口微咸,无碱味,可接受 Slightly salty in mouth,no alkali taste,acceptable	21~30
	入口有咸味和碱味,不太能接受 Inlet and alkaline taste salty,not acceptable	11~20
外观形态 Appearance	咸味或碱味残留明显,完全不能接受 Salty taste residues or base significantly,totally unacceptable	0~10
	颜色金黄,无软烂感 Golden color,no soft rotten sense	16~20
	颜色金黄,有轻微软烂 Golden color,with light microsoft rotten	11~15
	颜色金黄但无光泽,有明显软烂 The color is golden but dull,with obvious softness	6~10
	颜色暗黄或偏白,软烂严重 The color is dark yellow or white,soft and rotten seriously	0~5

表2 馅料感官评分标准

Table 2 Sensory scoring standards for fillings

指标 Index	评价标准 Evaluation standard	分值 Score
外观形态 Appearance	鲜艳有光泽,无杂质 Bright and shiny,no impurities	16~20
	无光泽,无杂质 No gloss,no impurities	11~15
	暗淡无光泽,些许杂质 Dull,a little impurity	6~10
	发黑或发白,无光泽,杂质较多 Black or whitish,dull,more impurities	1~5
风味 Flavor	甜味适中,淡淡清香,不油腻 Moderate sweetness,light fragrance,not greasy	27~30
	甜味适中,无清香,不油腻 Moderate sweetness,no fragrance,not greasy	23~26
	甜味不足或太重,无清香,不油腻 Insufficient sweetness or too heavy,no fragrance,not greasy	15~22
	有少量的糊味,甜味重或较油 Slightly pasty,sweet or oily	8~14
口感 Taste	有明显的焦味,甜味重或油腻感强 Obvious burnt taste,strong sweet or greasy feeling	1~7
	细腻均匀,幼滑可口,不粘牙 Fine and uniform,smooth and delicious,not sticking to teeth	23~30
	细腻均匀,幼滑可口,有些粘牙 Fine and uniform,smooth and delicious,somewhat sticky	15~22
	不够细腻有颗粒感,较硬,粘牙 Not fine enough,grainy,hard,sticky	8~14
组织状态 Organization status	粗糙难咽,很硬很干,不粘牙 Rough and hard to swallow,hard and dry,not sticking to teeth	1~7
	结构紧密,无裂纹、干硬和结晶,质地柔软 Close structure,no cracks,hard and crystalline,soft texture	16~20
	结构较紧密,无杂质无裂纹、干硬和结晶,不柔软 Compact structure,no impurities,no cracks,hard and crystalline,not soft	11~15
	结构不紧密,些许裂纹、干硬或结晶 The structure is not tight,some cracks,dry hard or crystals	6~10
	结构松散,严重裂纹、干硬或结晶 The structure is loose,severely cracked,hardened or crystallized	1~5

1.11 数据处理

试验数据用 Excel 2016 进行整理,采用 SPSS 20.0 和 Design Expert 进行数据统计分析处理,并用 Origin 2017 软件作图。采用 Duncan's 法进行显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 超声辅助 NaCl-NaHCO₃ 溶液对脐橙皮渣脱苦效果的影响

1) 单因素试验。由图 1 可知,在一定添加范围内,脐橙皮渣的感官评分随 NaCl-NaHCO₃ 含量的增加先上升后下降,含量为 4% 时感官评分达到最大值,可能是此时的 NaCl 与 NaHCO₃ 能最大限度

地促进柠檬苦素、柚皮苷等苦味物质溶出。由图 2、图 3 可见,感官评分随超声功率、超声时间的增加而有所提高,当功率超过 150 W 或超声时间超过 30 min 后感官评分呈下降趋势,可能是 NaCl-NaHCO₃ 含量过高、超声功率过大或超声时间过长导致分子运动加剧,细胞壁质壁分离加速使得橙皮组织形态被破坏,NaCl-NaHCO₃ 溶液反吸到样品中加重了盐味或碱味。图 4 中,超声温度越高,感官评分反而越低,可能是因为柠檬苦素、柚皮苷在水中的溶解度随温度升高而增大,苦味物质溶出增加又重新渗入到组织中引起苦涩味,使得感官评分不高,因此,将超声温度设定为 30 ℃ 进行后续试验。

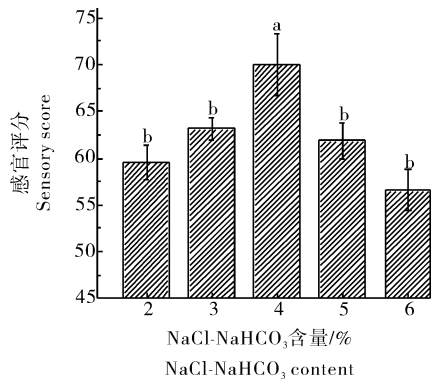


图 1 NaCl-NaHCO₃ 含量对脱苦效果的影响

Fig.1 Effect of NaCl-NaHCO₃ content on debittering

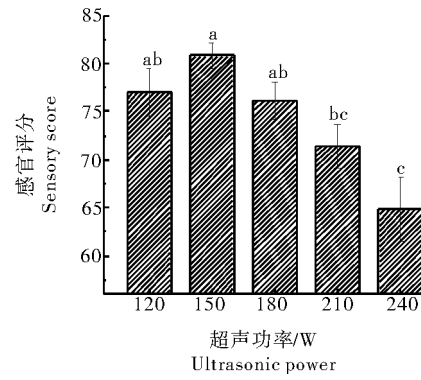


图 2 超声功率对脱苦效果的影响

Fig.2 Effect of ultrasonic power on debittering

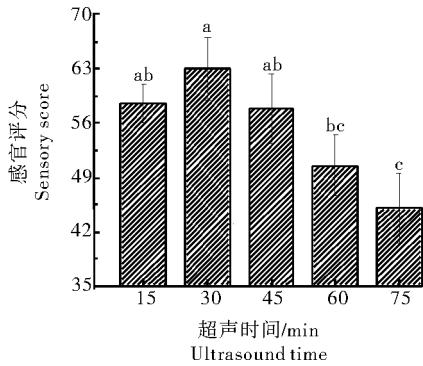


图 3 超声时间对脱苦效果的影响

Fig.3 Effect of ultrasound time on the debittering

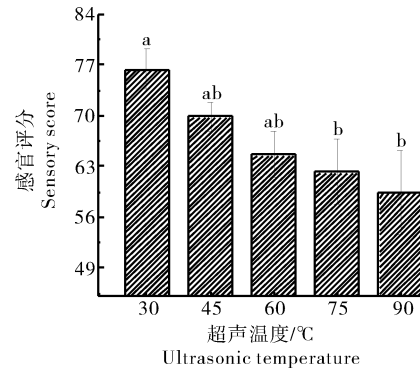


图 4 超声温度对脱苦效果的影响

Fig.4 Effect of ultrasonic temperature on the debittering

2) 正交试验。在单因素试验基础上,对各因子各选取 3 个较优水平,然后采用 L₉(3⁴) 进行正交试验,确定脐橙皮渣脱苦去涩的最佳方案(表 3),正交试验结果见表 4。

表 3 正交试验因素水平表

Table 3 Factors and levels of orthogonal experimental design

水平 Levels	因素 Factors		
	A	B	C
	NaCl-NaHCO ₃ 含量/% NaCl-NaHCO ₃ content	超声时间/min Ultrasound time	超声功率/W Ultrasonic power
1	3	15	120
2	4	30	150
3	5	45	180

分析极差 R 可知,影响样品感官评分的次要因素依次是超声功率>超声时间>NaCl-NaHCO₃ 含量。由 k 值优选出超声辅助 NaCl-NaHCO₃ 溶液的最佳脱苦工艺条件为 A₁B₁C₁,即保持超声温度为 30 °C,NaCl-NaHCO₃ 含量为 3%,超声时间为 15 min,超声功率为 120 W,此时感官评分为 80。

2.2 馅料感官评分与 TPA 参数的相关性

市售 6 种馅料的感官评分与 TPA 参数的变化

见表 5,其相关性分析结果见表 6。由表 6 可知,感官评分与质构仪测定的硬度($r = -0.440, P < 0.01$)、胶黏性($r = -0.583, P < 0.01$)和回复性($r = -0.466, P < 0.01$)均达到了极显著的负相关性,说明馅料的硬度、胶黏性和回复性越小,其品质越好。

表 4 正交试验结果

Table 4 Results of orthogonal experiment

序号 Number	因素 Factors				感官评分 Sensory score
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	80
2	1	2	2	2	69
3	1	3	3	3	66
4	2	1	2	3	68
5	2	2	3	1	68
6	2	3	1	2	78
7	3	1	3	2	79
8	3	2	1	3	69
9	3	3	2	1	63
k ₁	71.67	75.67	75.67	70.33	
k ₂	71.33	68.67	66.67	70.00	
k ₃	70.33	69.00	71.00	67.67	
R	1.33	7.00	9.00	2.67	

表 5 感官评分随馅料 TPA 参数的变化

Table 5 Sensory score changes with filling TPA parameters

馅料种类 Types of fillings	硬度/g Hardness	胶黏性 Gumminess	回复性 Resilience	感官评分 Sensory score
绿豆沙 Green bean paste	2 423.749±211.260b	294.416±45.056c	0.107±0.009b	80.17±4.02a
白莲蓉 White lotus paste	2 226.921±144.225b	343.032±11.371c	0.105±0.005b	79.83±7.08a
黑芝麻 Black sesame	3 346.369±430.752a	476.510±67.335ab	0.127±0.008a	72.67±5.24a
桔香蓉 Orange syrup	3 073.649±372.153a	533.126±71.018a	0.128±0.005a	63.17±5.34b
红豆沙 Red bean paste	3 305.531±717.424a	479.072±55.038ab	0.129±0.005a	76.67±6.86a
紫薯蓉 Purple potato puree	2 586.623±162.614b	465.200±38.973b	0.103±0.004b	76.50±5.47a

注：同列不同小写字母表示具有显著差异 ($P < 0.05$)，下同。Note: Different lowercase letters in the same series indicate significant differences ($P < 0.05$), the same as below.

表 6 馅料感官评分与 TPA 参数的相关性

Table 6 Correlation between the sensory evaluation and TPA parameters of filling

项目 Item	感官评分 Sensory score	硬度/g Hardness	胶黏性 Gumminess	回复性 Resilience
Pearson 相关性 Pearson correlation	1	-0.440 **	-0.583 **	-0.466 **
显著性(双侧) Significance (two-tailed)		0.007	0.004	0.004
N	8	8	8	

注：** 在 0.01 水平(双侧)上极显著相关，* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。Note: ** showed extremely significantly correlated at 0.01 level (two-tailed), * showed significantly correlated at 0.05 level (two-tailed).

2.3 脐橙皮渣馅料的配方优化

混料优化试验方案见表 7，单因素方差分析见表 8。由表 8 可知，脐橙皮渣浆对馅料硬度、胶黏性影响显著 ($P < 0.05$)，白砂糖对馅料硬度影响显著

($P < 0.05$)，对回复性影响极显著 ($P < 0.01$)，而食用植物油和玉米淀粉的用量在一定范围内对馅料的硬度、胶黏性和回复性影响不显著 ($P > 0.05$)。由此可知，脐橙皮渣浆和白砂糖用量对馅料的质构特性影响较大。

表 7 混料优化试验方案与结果

Table 7 Mixture optimization test design and results

序号 Number	原料比例/% Raw material ratio				TPA		
	脐橙皮渣浆(A) Navel orange peel pulp	白砂糖(B) Sugar	食用植物油(C) Edible vegetable oil	玉米淀粉(D) Corn starch	硬度/g Hardness	胶黏性 Gumminess	回复性 Resilience
1	80.00	17.00	2.00	1.00	3 292.983±218.867	760.426±83.278	0.129±0.010
2	80.00	16.00	2.00	2.00	1 815.609±74.114	326.912±19.717	0.089±0.004
3	63.00	30.00	5.00	2.00	2 313.040±140.708	540.536±71.509	0.126±0.009
4	70.35	25.65	2.75	1.25	3 709.501±322.600	805.419±77.598	0.133±0.006
5	73.40	21.20	3.40	2.00	2 782.753±108.317	540.023±21.707	0.112±0.003
6	76.85	19.15	2.75	1.25	2 554.155±59.439	455.474±15.348	0.103±0.004
7	79.00	15.00	5.00	1.00	1 420.225±56.930	226.177±8.814	0.085±0.005
8	80.00	16.00	2.00	2.00	1 818.424±94.330	333.862±30.428	0.088±0.007
9	71.00	22.50	5.00	1.50	1 596.810±152.215	244.720±30.770	0.100±0.003
10	65.50	30.00	3.50	1.00	4 996.704±828.982	1 073.381±199.973	0.151±0.008
11	66.00	30.00	2.00	2.00	3 403.388±449.505	731.664±77.610	0.131±0.008
12	66.00	30.00	2.00	2.00	4 040.048±153.386	844.418±44.864	0.144±0.004
13	80.00	15.00	3.50	1.50	2 152.204±123.608	355.808±31.503	0.090±0.004
14	78.00	15.00	5.00	2.00	1 521.771±81.295	277.245±19.912	0.092±0.003
15	78.00	15.00	5.00	2.00	1 577.872±87.619	290.854±18.861	0.092±0.003
16	64.00	30.00	5.00	1.00	2 005.149±128.033	368.397±41.247	0.111±0.006
17	75.85	18.15	4.25	1.75	1 487.587±95.510	274.149±16.741	0.087±0.003
18	68.35	25.65	4.25	1.75	2 654.834±188.514	509.826±54.002	0.110±0.007
19	79.00	15.00	5.00	1.00	1 471.134±82.144	260.747±20.592	0.090±0.002
20	63.00	30.00	5.00	2.00	2 554.124±149.777	491.290±80.566	0.126±0.010

表 8 单因素方差分析

Table 8 One-way analysis of variance

质构指标 Texture index	误差来源 Source of error	F 值 F value	P 值 P value
硬度 Hardness	A	5.845	0.013 *
	B	12.063	0.032 *
	C	2.101	0.126
	D	0.461	0.763
胶黏性 Gumminess	A	3.939	0.039 *
	B	2.513	0.079
	C	1.646	0.212
	D	0.555	0.699
回复性 Resilience	A	3.169	0.067
	B	7.359	0.002 **
	C	0.480	0.785
	D	0.452	0.769

2.4 最优配方的确定

经软件分析得出 5 组最优配方,结合实际生产情况,将配方略作调整,质构特性和感官结果见表

9,样品照片见图 5。

分析得脐橙皮渣馅料的最优配方为:以馅料总质量为 100% 计,脐橙皮渣浆 77.0%、白砂糖 17.0%、食用植物油 4.5%、玉米淀粉 1.5%,此时馅料的硬度、胶黏性和回复性最小,感官评分最高。

2.5 脐橙皮渣馅料基本成分

脐橙皮渣馅料基本成分的测定结果如下:水分、灰分、蛋白质、脂肪、总膳食纤维、碳水化合物含量分别为 39.80 ± 1.41 、 0.34 ± 0.00 、 0.35 ± 0.01 、 22.20 ± 0.28 、 4.43 ± 0.06 、 32.85 ± 1.63 g/100 g,能量为 1421.50 ± 17.68 kJ/100 g。根据 GB/T 21270—2007《食品馅料》和 NY/T 2107—2011《绿色食品食品馅料》规定,烘烤食品用馅料脂肪含量需符合 ≤ 33 g/100 g,冷冻饮品用馅料 ≤ 28 g/100 g,速冻食品馅料 ≤ 30 g/100 g,该馅料脂肪含量均符合指标要求,说明生产的脐橙皮渣馅料符合健康需求。

表 9 质构特性与感官结果

Table 9 Texture and sensory results

序号 Number	原料比例/% Raw material ratio				硬度/g Hardness	胶黏性 Gumminess	回复性 Resilience	感官评分 Sensory score
	A	B	C	D				
1	77.0	17.0	4.5	1.5	$1523.400 \pm 78.894c$	$292.359 \pm 27.523c$	$0.088 \pm 0.002c$	$77.25 \pm 8.81a$
2	78.7	15.0	4.5	1.8	$2641.603 \pm 111.759a$	$480.189 \pm 20.671a$	$0.105 \pm 0.003a$	$60.75 \pm 9.59b$
3	80.0	15.7	2.3	2.0	$2393.705 \pm 86.623b$	$401.475 \pm 16.804b$	$0.098 \pm 0.005b$	$61.75 \pm 9.48b$
4	80.0	15.0	3.3	1.7	$2409.114 \pm 125.024b$	$381.249 \pm 22.876b$	$0.099 \pm 0.003b$	$67.88 \pm 9.25ab$
5	72.0	23.0	3.5	1.5	$2469.560 \pm 88.844b$	$477.015 \pm 35.843a$	$0.109 \pm 0.005a$	$64.13 \pm 9.23b$

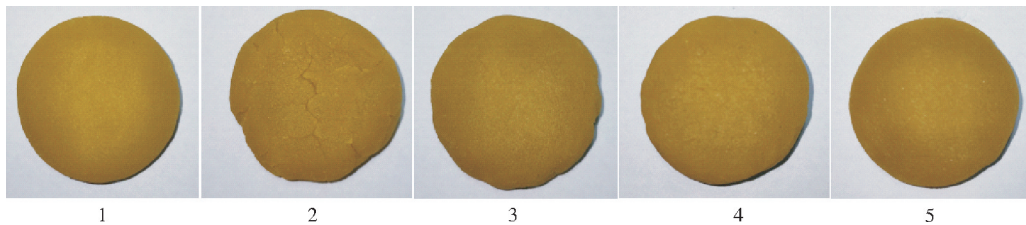


图 5 5 组样品的数码照片

Fig.5 Digital photos of five samples

3 讨论

柑橘类水果含丰富的黄酮、抗坏血酸、类胡萝卜素、萜烯等生物活性化合物,但在榨汁、杀菌、贮藏后易出现苦味增强的现象^[12]。据报道,柑橘中存在的非苦味柠檬苦素 A 环内酯可在酸性条件和柠檬苦素 D 环内酯水解酶的催化下转变成具有强烈苦味的柠檬苦素,其中的柚皮苷在常温下易溶于甲醇、

乙醇、丙酮、热水和碱性溶液^[12-14]。杨文侠等^[6]指出,碳酸氢钠可软化皮组织、促进柠檬苦素内酯环结构开环,NaCl 可增加溶液的渗透压促进柚皮苷等黄酮类物质的溶出。用氢氧化钠处理水果可使苦味物质较多的乳白色外层与羟基和羧基在碱液处理过程中反应形成亲水性衍生物,并在水洗过程中得以去除^[15]。滕飞等^[3]的沙田柚皮的盐碱脱苦工艺研究表明,碱液对柚皮去苦涩度效果显著,且 NaCl 添加

量为5%且NaHCO₃添加量为0.5%时,柚皮苷含量最低。目前已有较多研究证实盐碱法脱苦具有一定效果,然而其脱苦机制还有待进一步研究^[12]。若以NaCl-NaHCO₃为脱苦液,超声辅助技术法可使物质结构产生一定松动从而促使苦味物质溶出,但此过程需严格控制盐碱液的浓度和超声条件。娄潇雨等^[16]在研究超声波辅助碱液-酶解法对柚皮的脱苦过程中发现,超声功率过大或超声时间过长都会致使柚皮苦味更明显,可能是因为超声功率增强,柚皮细胞的破坏程度增大,且长时间超声剧烈振动导致温度过高,超声机械效应和空穴效应减弱;并且使用此法所需料液较多,酶价格偏高。本研究利用超声波辅助NaCl-NaHCO₃溶液法对脐橙皮渣进行脱苦,试验结果表明在NaCl-NaHCO₃溶液(二者质量比1:1)用量为3%、超声条件为30℃、120W下超声时间15min时皮渣的脱苦去涩效果最佳,此时感官评分为80。用此方法进行脱苦简单经济、快速方便,具有一定的实用性。

一定时间的高温炒制可以使物料在白砂糖、食用植物油和玉米淀粉的综合作用下形成细腻爽滑、具有黏性和清香风味的馅料。利用蔗糖的高渗透压可使馅料中水分蒸发、组织赋形,并增加馅料的黏性和凝聚性,提高风味,起到一定的防腐作用^[17]。油脂是风味物质的载体,炒制后期加入油脂和淀粉可使馅料颗粒表面光滑、柔软、酥松^[18]。若油脂含量较少易引起馅料的干硬、出现裂纹,含量过高引起结构坍塌,不利于高血脂和肥胖人群食用。淀粉在食品生产中起着重要作用,如在制作果酱、罐头、饮料等过程中添加合适直/支链比例的淀粉,可使糕点柔软可口,饮品入口嫩滑^[19]。有研究表明玉米淀粉比小麦淀粉更能有效维持豆沙馅的持水性,使馅料表面湿润、柔软细腻^[20]。龚雪娟等^[21]在优化传统糯米糍配方时指出,玉米淀粉可降低产品的黏性,提高糯米糍软化Q弹的口感。此外,用玉米淀粉制得的葡萄糖浆与其他糖类混合能提高糖的甜度、增加焙烤食品的风味,同时防止蔗糖结晶返砂^[22]。质构参数也可作为客观评价食品品质的标准。唐晓凤等^[10]采用传统工艺研制出具有高营养价值和抗氧化活性的柿子月饼馅料,其结果表明馅料的感官品质与硬度、胶黏性和咀嚼性呈极显著负相关($P<0.01$)。陈弦^[23]在研究广式冬瓜蓉月饼品质时

发现,硬度、凝聚性和回复性3个参数越小,月饼感官评分越高;且冬瓜浆、白砂糖和玉米淀粉对月饼质构特性影响极显著($P<0.01$),食用植物油对这3个指标影响均不显著($P>0.05$)。硬度反映样品的软硬程度,馅料硬度越大,咀嚼所需力越大,过大时易出现粗糙难咽的情况,严重影响口感和消费者心理。胶黏性用于描述测试样品的黏性,当胶黏性较大时,产品黏牙不爽口,感官品质不佳。回复性体现样品的回弹能力,若馅料的回复性过高则不利于产品的售卖与流通。将质构分析与感官品评相结合,得到脐橙皮渣馅料的最优配方为:以馅料总质量为100%计,脐橙皮渣浆77.0%、白砂糖17.0%、食用植物油4.5%、玉米淀粉1.5%。

脐橙皮渣来源广泛、营养丰富,将脐橙皮渣脱苦并制成馅料,既可丰富食品种类、降低配方产品的成本,又能提高脐橙的副产物附加价值。因此,如何将脐橙皮渣进行合理加工,对推动柑橘产业的未来发展和保护环境有着重大的意义。

参考文献 References

- [1] 李世忠,李勇,黄建国,等.柑橘皮渣资源化利用研究进展[J].中国农学通报,2014,30(7):38-41. LI S Z, LI Y, HUANG J G, et al. Research advance in resource utilization of citrus dregs [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2014, 30(7): 38-41 (in Chinese with English abstract).
- [2] 曾知富.南丰蜜桔残次果加工中果皮的脱苦[J].中国柑桔,1989,18(3):43. ZENG Z F. Debitting of the peel in the processing of Nanfeng mandarin fruits [J]. Chinese citrus, 1989, 18(3): 43 (in Chinese).
- [3] 滕飞,王志洁,吴亨,等.沙田柚柚子皮盐碱脱苦及干燥工艺研究[J].食品科技,2017,42(8):126-130. TENG F, WANG Z J, WU H, et al. Research on technology of saline-alkali debitterize and dry for Shatian shaddock peel [J]. Food science and technology, 2017, 42(8): 126-130 (in Chinese with English abstract).
- [4] 赵静,邓厚明,罗巧,等.龙安柚果皮β-环状糊精溶液浸泡脱苦除涩工艺研究[J].中国南方果树,2018,47(4):51-53. ZHAO J, DENG H M, LUO Q, et al. Study on de-bittering and de-astringing of Long'an pomelo peel with β-cyclodextrin [J]. South China fruits, 2018, 47(4): 51-53 (in Chinese).
- [5] 杨佩荣.脐橙皮饮料的研制[J].食品工业科技,2003,24(2):61-62. YANG P R. Development of navel orange peel beverage [J]. Science and technology of food industry, 2003, 24(2): 61-62 (in Chinese).
- [6] 杨文侠,曾慧,姜倩,等.一种橙皮脱苦方法和一种橙皮果酱及

- 其制作方法:CN110521916A[P]. 2019-12-03. YANG W X, ZENG H,JIANG Q,et al. Orange peel debittering method,orange peel jam and preparation method;CN110521916A[P]. 2019-12-03 (in Chinese).
- [7] 李宏梁,翟众贵.橘皮脱苦涩除涩及其桂香型低糖果脯的研制[J].食品科技,2013,38(5):120-124.LI H L,ZHAI Z G.Debittering and destringent of orange peel and preparation on the sweet oliver flavored low-sugar preserved[J].Food science and technology,2013,38(5):120-124(in Chinese with English abstract).
- [8] 孙海燕.柑橘皮膳食纤维在曲奇饼干中的应用研究[J].保鲜与加工,2016,16(6):69-74.SUN H Y.Study on application of *Citrus* dietary fiber in cookies[J].Storage and process,2016,16(6):69-74(in Chinese with English abstract).
- [9] 张延杰,曾昭,祁胜利.水果月饼馅料生产工艺研究[J].食品科技,2000,25(4):18.ZHANG Y J,ZENG Z,QI S L.Study on production technology of fruit mooncake filling [J].Food science and technology,2000,25(4):18(in Chinese with English abstract).
- [10] 唐晓凤,谢笔钧,孙智达.柿子全果馅的研制和营养成分分析[J].食品工业科技,2016,37(1):86-92,97.TANG X F,XIE B J,SUN Z D.Development of the whole persimmon filling and the analysis of its nutritional components[J].Science and technology of food industry,2016,37(1):86-92,97(in Chinese with English abstract).
- [11] 文波.低脂广式莲蓉月饼中油脂替代品的筛选与复合配方优化[D].武汉:华中农业大学,2011.WEN B.Selection and composite formula optimization of the fat replacers in low-fat Cantonese-style *Lotus seed* paste moon cake[D].Wuhan:Huazhong Agricultural University,2011(in Chinese with English abstract).
- [12] 张娜威,潘思轶,范刚,等.柑橘果汁中的苦味物质及脱苦技术研究进展[J].华中农业大学学报,2021,40(1):40-48. ZHANG N W,PAN S Y,FAN G,et al. Bitter substances and progress of debittering technology in citrus juice[J].Journal of Huazhong Agricultural University,2021,40(1):40-48(in Chinese with English abstract).
- [13] 孙志高,黄学根,焦必宁,等.柑桔果实主要苦味成分的分布及橙汁脱苦技术研究[J].食品科学,2005,26(6):146-148.SUN Z G,HUANG X G,JIAO B N,et al.Studied on the distributing of main bitter components in *Citrus* fruit and the debittering technology of orange juice[J].Food science,2005,26(6):146-148(in Chinese with English abstract).
- [14] 杨秋明,李靖雅,肖安风,等.柚皮中柚皮苷和类柠檬苦素的提取及分离纯化[J].集美大学学报(自然科学版),2015,20(6):414-420.YANG Q M,LI J Y,XIAO A F,et al.Extraction and purification of naringin and limonoids from pomelo peel[J].Journal of Jimei University (natural science),2015,20(6):414-420(in Chinese with English abstract).
- [15] KORE V T,CHAKRABORTY I.Efficacy of various techniques on biochemical characteristics and bitterness of pummelo juice [J].Journal of food science and technology,2015,52(9):6073-6077.
- [16] 姜潇雨,童群义.超声波辅助碱液-酶解法对柚皮脱苦效果的研究[J].食品工业科技,2017,38(13):206-211.LOU X Y,TONG Q Y.Study on effect of debittering shaddock peel by ultrasound-assisted alkaline solution-enzymolysis method [J].Science and technology of food industry,2017,38(13):206-211(in Chinese with English abstract).
- [17] 崔榕,杜亚军,陈滨,等.食品中甜味剂性能及应用[J].山西食品工业,2001(1):43-44.CUI R,DU Y J,CHEN B,et al.Performance and application of sweetener in food [J].Shanxi food industry,2001(1):43-44(in Chinese).
- [18] 杨萍芳.油脂在焙烤食品中的作用[J].农产品加工,2008(8):12.YANG P F.The role of fats and oils in baked foods [J].Farm products processing,2008(8):12(in Chinese).
- [19] 马先红,张文露,张铭鉴.玉米淀粉的研究现状[J].粮食与油脂,2019,32(2):4-6.MA X H,ZHANG W L,ZHANG M J.Research status of corn starch[J].Cereals & oils,2019,32(2):4-6(in Chinese with English abstract).
- [20] 钟焕贵,陈中,林伟锋.改性淀粉对月饼豆沙馅料品质影响的研究[J].现代食品科技,2009,25(10):1216-1219.ZHONG H G,CHEN Z,LIN W F.Effect of modified starch on the quality of bean jam for mooncake preparation[J].Modern food science and technology,2009,25(10):1216-1219(in Chinese with English abstract).
- [21] 龚雪娟,田开聪,房林波.糯米糍工艺优化研究[J].现代食品,2020(3):89-91,95.GONG X J,TIAN K C,FANG L B.Study on optimization of glutinous rice loquat process [J].Modern food,2020(3):89-91,95(in Chinese with English abstract).
- [22] 李娜.玉米淀粉糖生产工艺改进研究[D].济南:齐鲁工业大学,2014.LI N.Research on improvements of sugar production process from corn starch[D].Ji'nan:Qilu University of Technology,2014(in Chinese with English abstract).
- [23] 陈弦.基于 TPA 参数的低热量广式月饼冬瓜蓉配方优化及其品质评价[D].武汉:华中农业大学,2013.CHEN X.Formula optimization of low-calorie white gourd stuffing in Cantonese-style mooncake based on TPA parameters and evaluation on its quality[D].Wuhan:Huazhong Agricultural University,2013(in Chinese with English abstract).

Rapid debittering of navel orange peel residue and its filling preparation

FAN Xi, FAN Gang, REN Jingnan, PAN Siyi, LI Xiao

College of Food Science and Technology/Key Laboratory of Environment Correlative Dietology of Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract Navel orange peel residue with a wide range of sources and rich nutrients is the main residue in the industry of processing navel orange. However, there are still a large amount of navel orange peel slag being thrown away, resulting in the waste of resources and pollution of environment. In order to develop and utilize the resources of navel orange peel residue, single-factor and orthogonal experiments were used to study the debittering effect of ultrasonic wave-assisted NaCl-NaHCO₃ solution on navel orange peel residue. The D-Optimal Design method was used to optimize the filling formula of navel orange peel residue. The results showed that the main factors affecting the debittering effect of navel orange peel were in the decreasing order of ultrasonic power > ultrasonic time > content of NaCl-NaHCO₃. The effect of removing bitterness and astringency was the best when the navel orange peel residue was immersed in 3% NaCl-NaHCO₃ solution with the mass ratio of 1 : 1, and ultrasonicated for 15 min under ultrasonic temperature 30 °C and ultrasonic power 120 W. The results of correlation analysis showed that the sensory quality of the filling was significantly negatively correlated with the hardness, gumminess and resilience of TPA parameters ($P < 0.01$). The results of one-way analysis of variance showed that citrus peel pulp had a significant effect on the hardness and gumminess of filling ($P < 0.05$). Sugar had a significant effect on filling hardness ($P < 0.05$) and an extremely significant effect on the resilience ($P < 0.01$). Edible vegetable oil and corn starch had no significant effects on hardness, gumminess and resilience ($P > 0.05$). Results of mixing optimization test and verification test showed that the optimal filling formula of navel orange peel based on the total mass of the filling as 100% was peel pulp 77.0%, sugar 17.0%, edible vegetable oil 4.5%, corn starch 1.5%. The fillings produced with the optimal formula are fragrant and delicious, delicate and smooth, non-sticky, with a high sensory quality.

Keywords navel orange peel residue; ultrasonic wave; debittering; removing astringency; fillings; sensory quality; novel food; by-product utilization

(责任编辑:赵琳琳)