

冻干重组水果的配方试验研究与分析

陈卓辉¹, 李保国¹, 程朝辉²

(1.上海理工大学, 上海 200093; 2. 上海绿晟实业有限公司, 上海 202156)

摘要: 为了开发出口感适宜、营养丰富的重组水果的冻干产品, 选择浆果类水果进行了重组, 对重组水果的配方进行了筛选试验研究。基于感官评价方法, 确定了三种感官评价较优的产品, 分别为: 火龙果: 柑橘(质量比 118:100), 草莓: 柑橘(质量比 303:100), 火龙果: 蓝莓(质量比 179: 100)。三者的 Vc 保留率均在 95%左右。火龙果-蓝莓重组水果的色泽较暗, 硬度为 197.565 N, 咀嚼性不好。最终确定开发草莓-柑橘重组水果和火龙果-柑橘重组的冻干产品, 并以火龙果-柑橘重组水果为例, 进行了冻干工艺分析。

关键词: 重组水果; 感官评价; 冻干

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

Experimental researches and analyses on the formulation of freeze-dried recombinant fruit

Chen Zhuohui¹, Li Baoguo¹, Cheng Chaohui²

(1.University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2. Shanghai Lusheng Industrial Co., Ltd., Shanghai 202156, China)

Abstract: In order to exploit freeze-dried products of reorganization of the fruit which have suitable mouth feel and rich nutritional value, berry fruits were selected and restructured. A screening test was conducted on the formula of recombinant fruit. Based on the method of sensory evaluation, three kinds of products with better sensory evaluation were established. Respectively, they are Pitayas:citruses(mass ratio118:100), Strawberries:citruses(mass ratio303:100), Pitaya: Blueberries(mass ratio179:100). Vc retention rate of all three is about 95%. color of reorganization of pitaya-blueberry is darker, its hardness is 197.565N, its chewing is not good enough. Determining to develop freeze-dried products of reorganization of strawberry- citrus and pitaya - citrus finally. Taking reorganization of pitaya - citrus as an example, analyzing the process of lyophilization.

Keywords: Reorganization of the fruit; sensory evaluation; freeze-dried

0 引言

近年来, 我国水果产量逐年增加, 2017年, 总产量约为 2.52 亿吨, 约占全球总产量的 31.4%, 中国成为全球第一大水果生产国。2018年, 全国总产量约 2.57 亿吨, 同比增长 1.98%。浆果类水果不易保存, 损失严重, 必须采用适宜的干燥技术进行深加工后保存。

干燥技术在食品加工中广泛用于食品保存^[1]。然而, 食品干燥是非常耗能, 采用热风干

收稿日期: 2021-12-19

基金项目: 上海市科技兴农项目(2020-02-08-00-16-F01469)

作者简介: 陈卓辉, 硕士研究生, 主要从事真空冷冻干燥的研究。Email: 710276285@qq.com。

通信作者: 李保国, 教授, 主要研究食品干燥储存, 太阳能热利用等。Email: lbaoguo@126.com。

本文引用: 陈卓辉, 李保国, 程朝辉. 冻干重组水果的配方试验研究与分析[J]. 真空与低温, 2022, 28. CHEN Z H, LI B G, CHENG C H. Experimental researches and analyses on the formulation of freeze-dried recombinant fruit[J]. Vacuum and Cryogenics, 2022, 28.

干燥会使食品的颜色、味道、营养和质地等特性发生不良变化。真空冷冻干燥^[2-3]是将物料冷冻,使其含有的水分变成冰,然后在真空下使冰升华而达到干燥的目的。真空冷冻干燥避免了高温对食品品质的影响,能够最大程度地保留食品的营养、色泽、形态和风味,干燥制品的复水性好,是目前生产高品质干燥制备食品的方法^[4-5]。对于浆果类水果,真空冷冻干燥可以减少营养成分的损失,丰富人们的高品质生活需求。袁焦焦等^[6]对真空冷冻干燥猕猴桃的工艺进行了优化研究,得到真空冷冻干燥猕猴桃的最优干燥工艺参数为物料厚度 8mm,绝对压力 20Pa,隔板温度 40℃。Zhang 等^[7]分别采用超高压、超声及其组合预处理对草莓切片进行真空冷冻干燥,结果表明:组合预处理后,切片的抗氧化物质、硬度等均显著增加。目前果蔬的真空冷冻干燥技术已广泛应用,但对于多味重组浆果类水果的冻干研究还没有报道。

本文将研究不同品种的浆果按比例重组后的口感、品质,并对配方开发提出意见。依托产学研合作公司的真空冷冻干燥生产线和单体流态化速冻技术优势,开发适合草莓、蓝莓、无花果、猕猴桃和柑橘等浆果类水果多种组合的真空冷冻干燥技术工艺,生产多重组合的冻干水果,延伸水果产业链,提高产品附加值。首先,对重组水果配方进行筛选,其次,对选中的重组水果配方冻干产品进行色泽、营养成分、质构等分析,为后续的产品开发提供依据。

1 材料、设备与方法

1.1 试验材料与设备

选用金旭食品有限公司和莱阳瀚源食品有限公司的火龙果、猕猴桃、柑橘、蓝莓、草莓、无花果作为重组水果的原料,以应杰堂食品级果胶为配料。试验用仪器设备有:电子分析天平(精度 0.001g),打浆机,磁石搅拌器,真空冷冻干燥机。

真空冷冻干燥机为上海田枫 TF-SFD-2 型冻干机,系统主机采用两台全封闭活塞压缩机,双机复叠制冷系统通过板式换热器或冷凝盘管可分别对搁板和冷凝器进行制冷。冷冻干燥原理如图 1 所示。

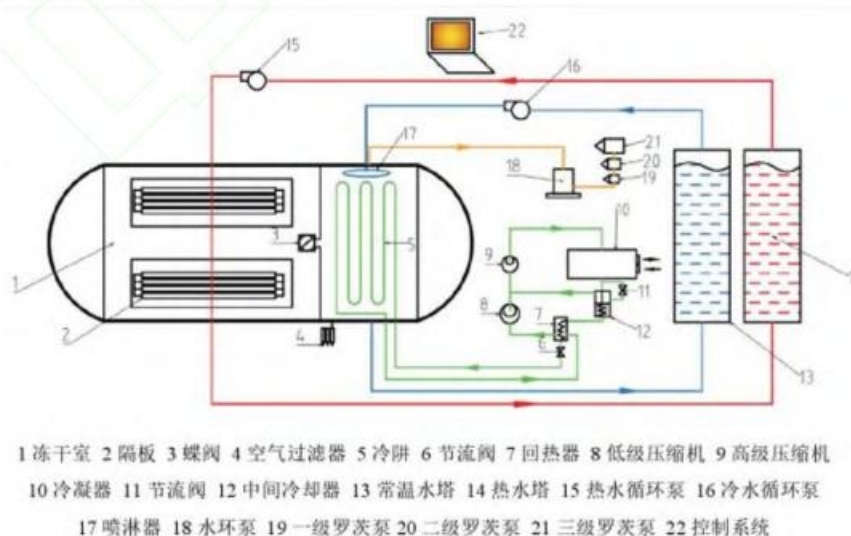


图 1 冻干机原理图

Fig.1 Schematic diagram of the lyophilizer

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

称取水果→打成浆或者切成粒状（组成成分较少的切成5mm×5mm粒状）→按照比例重组→与果胶充分混合→用搅拌机搅拌→用适宜模具塑型→放入冻干机中→设置搁板温度为-30℃预冻至共晶点以下5℃→设置搁板温度为共熔点以下5℃进行冷冻干燥→设置搁板温度为40℃进行真空干燥→脱模倒出。

1.2.2 重组水果的配方选择

为了使冻干重组浆果具有最佳品质，对其从色泽、酸甜口感、营养成分等多方面进行考量，确定符合条件的重组水果配方。

酸甜标准^[8]：糖酸比为15~25，味道主要是酸甜；糖酸比为25.1~60，味道多为酸甜适口。本研究将糖酸比定为15~60口感最佳的范围。

营养标准：Vc含量高于100mg/kg的水果称为高Vc含量水果。蛋白质含量高于0.8%称为高蛋白水果。

色泽标准：考虑色泽的多样性，不选择色泽相近的水果进行重组。

1.2.3 重组水果样品的确定

基于1.2.2重组水果的配方要求，预试验与分析表明，符合标准的重组水果样品有：草莓-猕猴桃（浆料）、草莓-猕猴桃（粒料）、草莓-柑橘（浆料）、火龙果-柑橘（浆料）、火龙果-蓝莓（粒料）、火龙果-蓝莓（浆料）。

1.2.4 感官评价方法

以重组水果的色泽、口感、气味、质地作为感官评价的指标。选取无感官缺陷，年龄在20~40岁之间的13名食品专业相关评价人员，按照GB/T10220-2012，进行感官评价^[9]。参加评定人员按表1中的好、较好、一般、差四个等级打分。重组水果感官评价标准如表1所列。

表1 重组水果感官评价标准

Tab.1 Recombinant fruit sensory evaluation criteria

等级	分值	色泽	口感	气味	质地
好	80-100	颜色均匀，富有光泽	酸甜可口	有浓郁的果香味	酥脆且不粘牙
较好	70-80	颜色偏深或偏浅，不够均匀	偏酸或偏甜	果香味正常	偏软或偏硬或粘牙
一般	60-70	颜色较深或较浅，光泽较差	较酸涩或有 些许异味	果香味不足，有异味	较硬或较软，有些 许孔
差	40-60	颜色很深，色泽差异很大	酸涩有异味	无果香味，异味较重	僵硬或过软，断面 层次不清晰或无孔

1.2.5 重组水果配方试验设计

根据重组水果配方确定标准，对选定的重组水果样品，设计了5组试验进行比较分析，如表2所列。

表 2 重组水果对照试验用质量比

Tab.2 Mass ratio for control test of recombinant fruits

重组水果类别	第一组	第二组	第三组	第四组	第五组
草莓: 猕猴桃	331.00: 100	348.25: 100	365.50: 100	382.75: 100	400.00: 100
草莓: 猕猴桃粒	331.00: 100	348.25: 100	365.50: 100	382.75: 100	400.00: 100
草莓: 柑橘	271.00: 100	303.25: 100	335.50: 100	367.75: 100	400.00: 100
火龙果: 柑橘	81.50: 100	117.5: 100	153.50: 100	189.50: 100	225.50: 100
火龙果: 蓝莓粒	179.00: 100	201.00: 100	223.00: 100	245.00: 100	267.00: 100
火龙果: 蓝莓	179.00: 100	201.00: 100	223.00: 100	245.00: 100	267.00: 100

1.2.6 共晶点、共熔点测定

共晶点和共熔点是确定冻干工艺的重要参数。采用德国耐驰公司的 DSC200f3 测试仪, 利用液氮将重组水果以 5°C/min 的速率从室温冷却至 -50°C, 恒温保持 3min, 然后再从 -50°C 升温至 30°C, 利用差式扫描量热法测得重组水果的 DSC 曲线, 即测量输入到试样和参比物的功率差与温度之间的关系, 确定其共晶点和共熔点。前基线延长线与峰的前沿最大斜率处切线的交点即为共晶点、共熔点。

1.2.7 V_C 测定

采用 2,6-二氯靛酚标准溶液对冻干前、后重组水果样品的抗坏血酸值进行检测^[10]: 用该溶液对样品的酸性浸出液进行氧化还原滴定, 2,6-二氯靛酚被还原为无色, 当到达滴定终点时, 多余的 2,6-二氯靛酚在酸性介质中显浅红色, 由 2,6-二氯靛酚的消耗量计算出 100g 试样中抗坏血酸的含量。

1.2.8 色泽测定

采用日本 Minolta 公司的 Chroma Meter CR400 色差仪分别测定冻干后重组水果的 3 个不同位置^[11]的 L、a、b 值, 其中 L 代表明暗度 (黑白), a 代表红绿色, b 代表黄蓝色, 取 3 次结果的平均值。利用 a 值和 b 值计算得到样品颜色评价系数色调 (H) 与饱和度 (C)。

1.2.9 质构测定

采用美国 FTC 公司的 TMS-PRO 质构分析仪, 选用燕尾剪探头, 测定样品的最大剪切力, 试验参数为: 测试速度 50mm/min, 回程速度 50mm/min, 测试距离 35mm, 起始力 0.2N, 每个样品测定 3 次; 选用 p/5 头探头测定样品的咀嚼性、弹性、胶黏性、硬度、黏附性, 测试速度 50mm/min, 触发力 2.6N, 每个样品测定 3 次。

2 结果与分析

2.1 重组水果冻干工艺分析

以火龙果-柑橘 (浆料) 重组冻干工艺为例, 火龙果与柑橘质量比为 117.5:100。设置预冻温度为 -30°C, 装料量为 7.11kg/m²。干燥室压力维持在 40Pa 左右。图 3 为测定的 DSC 曲线, 前基线即为相变前的 DSC 曲线, 前基线延长线与放热峰和吸热峰的前沿最大斜率处切线的交点即为共晶点和共熔点。根据 1.2.6 的判断标准, 由图 2 可以看出, T_a 和 T_b 分别

为该样品的共熔点和共晶点。火龙果-柑橘重组水果的共晶点为 -18.1°C ，共熔点为 -4.2°C 。

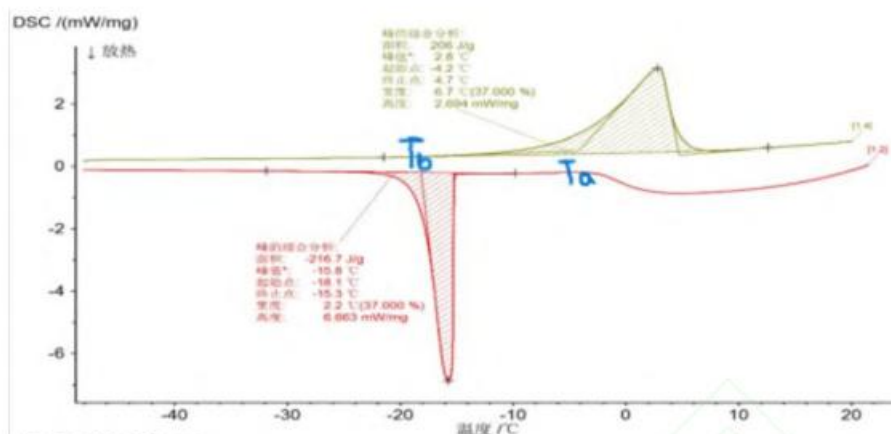


图2 火龙果柑橘重组水果的DSC测试曲线

Fig. 2 DSC test diagram of pitaya-citrus recombinant fruits

图3为火龙果柑橘重组水果的干燥工艺曲线。图中的冷凝温度为干燥时冷阱处的温度。火龙果柑橘重组水果的在 -30°C 的预冻温度下须预冻18min，此时物料温度达到共晶点以下 5°C 。冷冻干燥时，控制搁板温度为 -5°C ，干燥用时6.5h，水分脱除率为97.65%。真空干燥时，控制搁板温度为 40°C ，干燥用时2.6h，水分脱除率为99.16%。由于火龙果柑橘重组水果经过打浆处理，组织结构被破坏，自由水分多，有利于冻干。

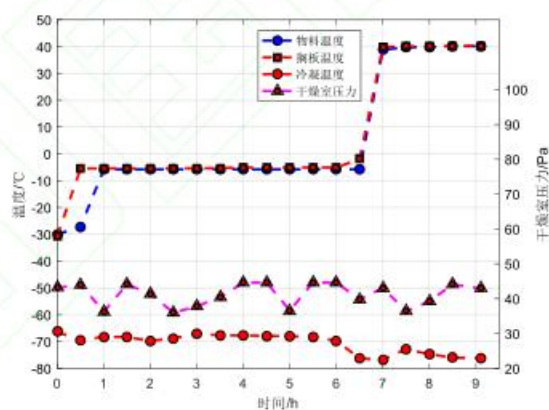


图3 火龙果柑橘重组水果冻干曲线

Fig. 3 Freeze-drying curve of pitaya-citrus recombinant fruit

2.2 重组水果的感官评价分析

对选取的试验样品进行感官评价分析。草莓猕猴桃浆料和粒料样品的感官评分如图4所示。

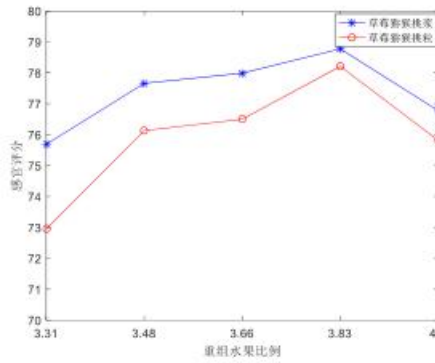


图4 不同比例草莓猕猴桃浆和猕猴桃粒重组水果的感官评分

Fig. 4 Sensory scores of different proportions of straw

berry-kiwi pulp and straw berry-kiwi seed recombinant fruits

由图4可看出,随着样品中草莓比例逐渐升高,草莓猕猴桃重组水果的感官评分先升高后降低,不同比例下的草莓猕猴桃浆料样品的感官评分均比草莓猕猴桃粒料的感官评分高。与粒料样品相比,草莓猕猴桃浆料样品的口感更丰富,酸甜更适宜。当草莓与猕猴桃的比例达到3.83时,样品的感官品质评分最高,浆料为78.77,粒料为78.21。样品颜色偏深,果香味正常,质地偏软。浆料样品偏酸,粒料样品较酸涩。

草莓与柑橘重组水果样品的感官评分如图5所示。由图可知,随着草莓比例逐渐升高,重组水果的感官评分先升高后降低,当草莓与柑橘比例为3.03时,重组水果感官品质评分最高,为81.76,色泽均匀,有光泽,酸甜可口,果香味正常,质地较软。

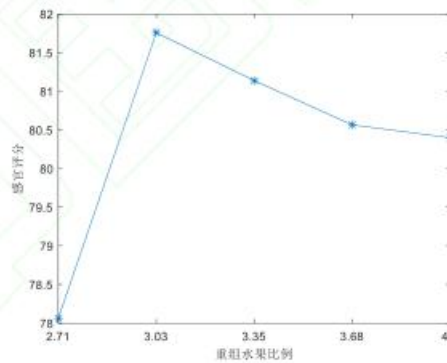


图5 不同比例草莓柑橘浆重组水果的感官评分

Fig. 5 Sensory scores of different proportions of straw berry-citrus pulp recombinant fruits

火龙果与柑橘重组的感官评分如图6所示。随着火龙果的比例上升,火龙果柑橘重组水果的感官评分先上升后下降。当火龙果与柑橘比例达到1.175时,样品的感官评分最高,为83.79。此时的重组水果颜色均匀,有光泽,酸甜可口,具有浓郁的果香味,质地均匀,酥脆且不黏牙。

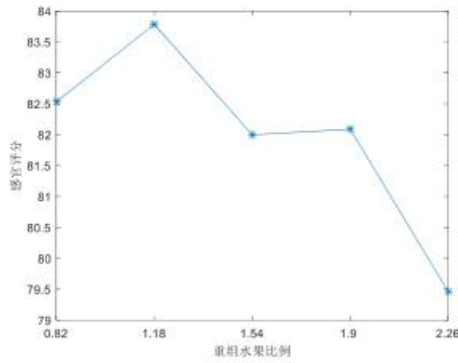


图 6 不同比例火龙果柑橘浆重组水果的感官评分

Fig. 6 Sensory scores of different proportions of pitaya-citrus pulp recombinant fruits

火龙果与蓝莓重组水果的感官评分如图 7 所示。随着火龙果比例的上升，重组水果的感官评分先下降后上升。不同比例下，浆料样品的感官评分高于粒料样品。当火龙果与蓝莓的比例为 1.79 时，感官评分最高，浆料样品为 81.65，粒料样品为 79.45，此种重组水果色泽偏深，果香味正常，质地偏软。浆料样品酸甜可口，粒料样品偏酸。

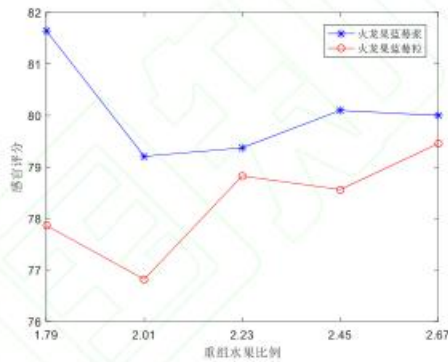


图 7 不同比例火龙果蓝莓浆和蓝莓粒重组水果的感官评分

Fig. 7 Sensory scores of different proportions of pitaya-blue berry and pitaya-blue berry seed recombinant fruits

2.3 冻干重组水果的品质检测与分析

根据上述试验，选择感官评价最高的 3 种类别重组水果样品进行品质检测，分析其质构、色泽以及营养成分。

2.3.1 V_C 保留率测定结果分析

根据 1.2.7 的测试方法得出的分析结果如表 3 所列。

表 3 重组水果冻干前后的 V_C 含量

样品类型	V _C 含量/ (mg/100g)		V _C 保留率/%
	冻干前	冻干后	
草莓-柑橘重组	229.4	218.0	95
火龙果-柑橘重组	99.1	93.1	94

由表 3 可以看出, 冻干前后重组水果冻干样品的 V_C 含量变化不大。由于打浆过程中营养成分有所流失, 冻干后样品中的 V_C 含量略低于冻干前的。贮藏过程中, 采用冻干工艺可以大大减小产品营养成分的流失。

2.3.2 冻干重组水果色泽分析

根据 1.2.8 的测试方法得到的结果如表 4 所列。冻干后的重组水果外形如图 8 所示。

表 4 重组水果冻干样品的色泽分析

Tab.4 Color analysis of freeze-dried products of recombinant fruits

重组样品	L	a	b	C	H
草莓-柑橘	43.935	27.648	27.888	39.279	0.630
火龙果-柑橘	25.304	24.508	2.8117	24.675	8.678
火龙果-蓝莓	21.766	15.042	0.179	15.043	83.798

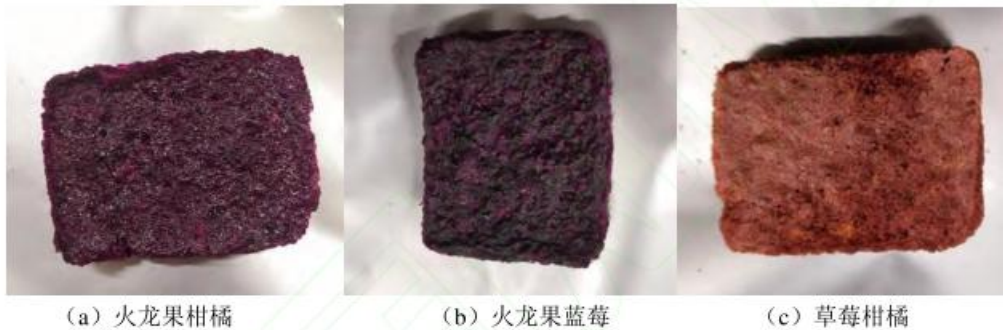


图 8 重组水果冻干样品的外形照片

Fig. 8 Photo of freeze-dried products of recombinant fruits

由表 4 可以看出, 3 种重组水果中, 草莓-柑橘样品的 L 值、C 值最大, 色泽最亮, 色彩饱和度最大。火龙果-蓝莓样品的 a, b, c 最小, 在三个样品中颜色最偏绿色和蓝色, 色彩饱和度较差。火龙果-柑橘样品的 b 值小, c 值较高, 其颜色偏蓝色, 色彩饱和度较高。由图 8 可以看出, 草莓-柑橘样品的颜色最为艳丽。火龙果-蓝莓重组水果的颜色较黑, 外观较差。

2.3.3 冻干重组水果的质构分析

根据 1.2.9 的测试方法得到的测试结果如表 5 所列。

表 5 冻干重组水果的质构分析

Tab.5 Texture profile analysis of freeze-dried products of recombinant fruits

样品类型	咀嚼性/mJ	弹性/mm	胶黏性/N	硬度/N	黏附性/N·mm	最大剪切力/N
草莓-柑橘重组	90.658	2.856	31.625	109.581	0.221	85.129
火龙果-柑橘重组	80.211	1.624	50.071	128.383	2.484	68.470
火龙果-蓝莓重组	131.142	1.691	77.509	197.565	0.187	91.902

由表 5 可以看出, 火龙果-蓝莓冻干样品的咀嚼性、胶黏性、硬度、最大剪切力最大。

草莓-柑橘冻干样品的弹性最大。火龙果-柑橘冻干样品的黏附性最大。试验中感官测试人员对于火龙果-蓝莓的质地评价较差,结合相关文献,发现冻干水果的质构硬度与感官硬度、酥性、脆性、感官评价总分显著负相关^[12],从本试验可以看出,火龙果-蓝莓冻干制品的脆性较差,火龙果-柑橘冻干制品和草莓-柑橘冻干制品的脆性、酥性比较好,有更高的开发价值。

3 结论

基于重组水果的配方标准,对几种水果的重组配方做了感官、品质等方面的检测,并对其冻干工艺进行了分析,得到以下结论:

(1) 火龙果-柑橘重组水果的冻干样品的感官评价最高。当火龙果:柑橘的质量比为 117.50:100 时,感官评价最高,为 83.79。草莓-柑橘重组水果的冻干样品与火龙果-蓝莓重组水果的冻干样品感官评价较高。当草莓:柑橘为 3.03 时,感官评价为 81.76。当火龙果:蓝莓为 1.79 时,感官评价为 81.65。

(2) 火龙果-蓝莓冻干样品的咀嚼性、胶黏性、硬度、剪切力等最大,酥性、脆性较差,色泽较黑,口感较好。草莓-柑橘冻干样品的色泽较亮,色彩饱和度最大,酥性、脆性高,口感较好。火龙果-柑橘冻干样品的酥性、脆性较高,色泽较亮,口感最好。草莓-柑橘冻干样品和火龙果-柑橘冻干样品具有更高的开发价值。

(3) 冻干处理后的重组水果的 V_C 保留率都较高,冻干工艺能够较大程度地保留重组水果的营养价值。

(4) 重组水果的共晶点和共熔点可以通过数学插值法进行估算,但会有一些的误差,共晶点相对误差为 18.2%,较小

(5) 对于火龙果与柑橘质量比为 117.5:100 的重组水果,当其装料量为 $7.11\text{kg}/\text{m}^2$ 时,在预冻温度 -30°C 的搁板上须预冻 18min 左右。当控制干燥室压力为 40Pa,冷冻干燥温度 -5°C ,真空干燥温度 40°C 时,冷冻干燥用时 6.5h,真空干燥用时 2.6h。

参考文献:

- [1] KUDRA T, MARTYNENKO A. Energy aspects in electro hydrodynamic drying [J]. *Drying Technology: An International Journal*, 2015, 33(13): 1534-1540.
- [2] 孔凡真. 真空冷冻干燥食品的技术与设备[J]. *食品研究与开发*, 2004, (4):90-91.
- [3] 苏倩, 谭艳妮, 纪宏. 真空冷冻干燥技术在食品方面的应用[J]. *品牌与标准化*, 2018, (6): 71-74.
- [4] ILIJA D, NIKOLA T, SIMÉON B, et al. Comparison of three types of drying (supercritical CO_2 , air and freeze) on the quality of dried apple - quality index approach[J]. *LWT*, 2018, 94: 64-72.
- [5] 邹晓霜, 李佳妮, 姜楠, 等. 响应面法优化豆腐真空冷冻干燥工艺[J]. *食品科学*, 2017, 38 (18): 200-207.
- [6] 袁蕉蕉, 赵武奇, 于维平, 等. 真空冷冻干燥猕猴桃果粉的工艺优化[J]. *真空科学与技术学报*, 2021, 41 (1): 69-74.
- [7] ZHANG LH, LIAO L, QIAO Y, et al. Effects of ultrahigh pressure and ultrasound pretreatment on properties

- of straw berry chips prepared by vacuum-freeze drying [J]. *Food Chemistry*, 2020, 303 (C) : 125386-125386.
- [8] 郑丽静, 聂继云, 闫震. 糖酸组分及其对水果风味的影响研究进展[J]. *果树学报*, 2015, 32 (2): 304-312.
- [9] 王琼, 徐宝才, 于海, 等. 电子鼻和电子舌结合模糊数学感官评价优化培根烟熏工艺[J]. *中国农业科学*, 2017, 50 (1): 161-170.
- [10] PIETRO, CIANCAGLINI, HÉRICA, et al. Using a classical method of vitamin quantification a satool for discussion of its role in the body [J]. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 2001, 29(3): 110-114.
- [11] LI J H, SHAO Y Y, YAO Y B, et al. A novel quality evaluation method for magnolia bark using electronic nose and calorimeter data with multiple statistical algorithms[J]. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences*, 2020, 7 (2): 221-227.
- [12] 韦云伊, 程忠, 雷霆德, 等. 响应面法优化火龙果真空冷冻干燥工艺[J]. *食品与机械*, 2021, 37 (7): 200-206.