Hans Journal of Food and Nutrition Science 食品与营养科学, 2023, 12(2), 131-141
Published Online May 2023 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/hjfns
https://doi.org/10.12677/hjfns.2023.122017

不同烘烤方式对菠萝果脯品质的影响

王君睿[1]，冼娅雪[1]，梁肖肖[1]，陶　虹[1]，舒静鸿[1]，兰　亚[2]，詹国丽[2]，罗海兴[2]，南立军[1,3*]

[1]楚雄师范学院资源环境与化学学院，云南 楚雄
[2]牟定云牛生物科技有限公司，云南 楚雄
[3]云南省高校葡萄与葡萄酒工程中心，云南 楚雄

收稿日期：2023年4月8日；录用日期：2023年5月22日；发布日期：2023年5月30日

摘　要

目的：为获得优质菠萝果脯，探究菠萝烘烤方式。方法：本实验以经糖渍、渗糖的菠萝为原料，测定不同烘制温度(45℃、50℃、55℃、60℃和65℃)、烘烤方式(直接升温，即分别升温至45℃、50℃、55℃、60℃和65℃烘烤；梯度升温，即以35℃为初始温度，分别以每隔1 h和2 h升温5℃的升温方式升至45℃、50℃、55℃、60℃和65℃)和不同烘制时间(累计烘烤20 h)，测定菠萝果脯的糖、酸、水、蛋白质、pH等关键性指标，进行感官测评，筛选出菠萝果脯最佳烘烤方式。结果：直接升温45℃、50℃、55℃、60℃和65℃的果脯中糖分别为15.10、18.15、25.19、18.23和23.56 mg/L，酸分别为3.36、5.60、3.64、2.44和2.16 mg/L，水分分别14.0、20.0、6.0、10.0和16.0 mg/L，蛋白质分为0.0591、0.0580、0.0560、0.0554和0.0573 mg/L，PH分别为3.54、3.61、3.80、3.63和3.77，直接升温最佳温度应低于55℃；梯度升温45℃、50℃、55℃、60℃、65℃果脯中糖分别为13.79、15.28、21.75、18.23和23.56 mg/L，酸分别为5.56、6.22、2.48、0.96和3.24 mg/L，水分分别为19.6、18.0、8.0、18.0和10.0 mg/L，蛋白质分别为0.0593、0.0582、0.0568、0.0578和0.0574 mg/L，pH分别为3.44、3.45、3.72、3.72、3.71，过高温度影响菠萝果脯品质，梯度升温最佳温度应为55℃。结论：直接升温最佳温度应低于55℃；梯度升温是将35℃直接升温到45℃，再每隔2 h升温5℃至55℃，为获得优质菠萝果脯提供参考依据。

关键词

菠萝果脯，工艺改良，烘烤方式，烘制温度，梯度升温的时间间隔

Effects of Different Roasting Methods on the Quality of Pineapple Preserved Fruit

Junrui Wang[1], Yaxue Xian[1], Xiaoxiao Liang[1], Hong Tao[1], Jinghong Shu[1], Ya Lan[2], Guoli Zhan[2], Haixing Luo[2], Lijun Nan[1,3*]

[1]College of Resources, Environment and Chemistry, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan

*通讯作者。

文章引用: 王君睿, 冼娅雪, 梁肖肖, 陶虹, 舒静鸿, 兰亚, 詹国丽, 罗海兴, 南立军. 不同烘烤方式对菠萝果脯品质的影响[J]. 食品与营养科学, 2023, 12(2): 131-141. DOI: 10.12677/hjfns.2023.122017

[2]Muding Yunniu Biotechnology Co., Ltd., Chuxiong Yunnan
[3]Grape and Wine Engineering Center of Yunnan Province, Chuxiong Yunnan

Received: Apr. 8th, 2023; accepted: May 22nd, 2023; published: May 30th, 2023

Abstract

Objective: In order to obtain high-quality preserved pineapple, explore the baking method of pineapple. Method: In this experiment, pineapple soaked and soaked in sugar was used as raw material. Different baking temperatures (45˚C, 50˚C, 55˚C, 60˚C, and 65˚C), baking methods (direct heating, *i.e.* heating to 45˚C, 50˚C, 55˚C, 60˚C, and 65˚C respectively; gradient heating, *i.e.* starting at 35˚C, rising to 45˚C, 50˚C, 55˚C, 60˚C, and 65˚C at 5˚C every 1 hour and 2 hours), and different baking times (cumulative baking for 20 hours) were measured to determine the sugar, acid, and Conduct sensory evaluation on key indicators such as water, protein, and pH to select the best baking method for preserved pineapple. Result: The sugar content in preserved fruits directly heated at 45˚C, 50˚C, 55˚C, 60˚C, and 65˚C was 15.10, 18.15, 25.19, 18.23, and 23.56 mg/L, respectively. The acid content was 3.36, 5.60, 3.64, 2.44 and 2.16 mg/L, respectively. The water content was 14.0, 20.0, 6.0, 10.0 and 16.0 mg/L, respectively. The protein content was 0.0591, 0.0580, 0.0554, and 0.0573 mg/L, and the pH was 3.54, 3.61, 3.80, 3.63 and 3.77, respectively. The optimal temperature for direct heating should be below 55˚C; Gradient heating at 45˚C, 50˚C, 55˚C, 60˚C, and 65˚C resulted in sugar content of 13.79, 15.28, 21.75, 18.23, and 23.56 mg/L, acid content of 5.56, 6.22, 2.48, 0.96, and 3.24 mg/L, water content of 19.6, 18.0, 8.0, 18.0, and 10.0 mg/L, protein content of 0.0593, 0.0582, 0.0568, 0.0578, and 0.0574 mg/L, and pH of 3.44, 3.45, 3.72, 3.72, and 3.71, respectively. Excessive temperature affects the quality of preserved pineapple. The optimal temperature for gradient heating should be 55˚C. Conclusion: The optimal temperature for direct heating should be below 55˚C; Gradient heating refers to directly raising the temperature from 35˚C to 45˚C, and then raising the temperature every 2 hours from 5˚C to 55˚C, providing a reference basis for obtaining high-quality preserved pineapple.

Keywords

Pineapple Preserved Fruit, Process Improvement, Baking Method, Baking Temperature, Gradient Temperature Rise Time Interval

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

果脯，又叫蜜饯，在我国有着悠久的历史，是明朝时期御厨发明的美味食品。果脯是利用新鲜水果经过去除外壳、去核，再通过蜜水熬煮、烘干和包装、密封等主要工序制备而成的食品[1]。起初，果脯制作起延长贮藏期的食品加工方法，但随生活水平的提高，果脯逐渐成为一种便携零食，深受大众喜爱[2]。传统果脯具有保质期长、丰满度高、透明度好、光泽性强和色泽漂亮等特点，但其缺点是：含糖量、含硫量过高、原果味消失、营养物质流失严重。这些缺点影响着它的生产与发展，所以果脯蜜饯的低糖化生产已成为一种发展趋势[3] [4]。因此，可以通过温度和烘烤方式控制菠萝果脯的含水量和风味，一种

科学的果脯干燥方法，会生产出高品质的果脯[5]，果脯的干燥工艺和参数的设置亦可对产品的品质产生较大影响，然而目前关于此方面的研究尚少[6]，采用不同的烘烤方式对菠萝果脯的含水量等其他指标测定并结合菠萝果脯风味和品质，得到不同的烘烤方式的适宜温度。

菠萝是中国南亚热带地区最具特色和优势的热带水果之一[7]，并且中国在菠萝市场中国际竞争力排名第五[8]，除了直接食用新鲜的菠萝，将其进行一定加工以后食用也是不错的选择。菠萝加工的主要产品有罐头、饮料、果脯等，其中，菠萝果脯是一种比较受大众喜爱的产品。在制作菠萝果脯的过程中，为了延长其贮存期，在渗糖以后都会用烘制的方法来除去过多的水分，但是制作过程中菠萝烘制时间、烘制温度等条件因素控制不好，会造成菠萝果脯产品含水量过高或者过低造成果脯口感过硬或过软，甚至影响果脯的色泽、香气及外观。

烘制过程对产品含水分量有很大的影响。烘制时间过长或温度过高，产品水分过低，会使果脯产品变焦，不仅影响美观还影响口感；而烘制时间过短或温度过低，产品水分过高，导致果脯产品无法长期保存，影响口感。烘制条件直接决定了果脯品质的好坏，烘烤温度高低、烘烤方式直接决定了果脯含水量，果脯含水量是果脯品质好坏的决定条件之一，果脯质量要求：浅黄色具有透明感，无杂质；块形完整，大小一致，稍有弹性，不返糖，不流糖，不粘手，甜酸适度，具有原果风味，所以，控制最佳烘烤时间和最佳烘烤温度对最后的菠萝果脯产品有着直接的决定作用。烘烤方式也分多种，如分两次进行烘烤，第一次在 60℃~65℃的温度下烘烤 6 h~8 h，第二次在 55℃~60℃的温度下烘烤 4 h~8 h，最后进行排湿处理[9]。

预实验结果表明，菠萝果脯最佳烘烤温度 65℃，最佳烘烤时间 18~20 h。为探究烘烤方式、烘制温度、梯度升温的时间间隔对菠萝果脯产品的影响，本实验采用直接升温和间接升温两种烘烤方式，对不同烘制温度和烘制时间的菠萝果脯品质的影响进行研究。以感官评价和相应的品质指标为指标，确定菠萝果脯最佳的烘制温度和时间，为制作一款优质的菠萝果脯提供理论参考。

2. 材料和方法

2.1. 材料

原料：中熟的新鲜菠萝(产地：西双版纳)；

糖渍材料：白砂糖(云南省楚雄州禄丰县)；麦芽糖(山东省德州市禹城市东外环路与富华街交叉口西南角)；

2.2. 设备

电热鼓风烘干箱(上海－恒科学仪器有限公司 DHG-9070A)、电子天平(舜宇恒平仪器 JA1003)、电磁炉(DB-DTL20C)、PH 计(sartorius PB-10)、恒温水浴锅(上海－恒科学仪器有限公司 HWS-26)、紫外可见光分光光度计(上海元析仪器有限公司 UV-5500)、小型高速离心机冷冻型(安徽中科中佳科学仪器有限公司 KDC-140HR)。

2.3. 试验设计

2.3.1. 工艺流程

原料选择→清洗→水煮→渗糖→烘制→包装[10] [11]。

2.3.2. 工艺要点

原料选择，清洗。选择新鲜、无虫害、无霉烂的新鲜菠萝为原料，去皮切好，清洗备用。

水煮。将切好的菠萝放入清水中煮，随时进行温度测定，温度控制在 80℃以下，煮 10 min。

渗糖。按照一定的菠萝与糖的质量比例计算出所需要的总糖，按比例分别算出白砂糖和麦芽糖的质量，并称好白砂糖和麦芽糖，把白砂糖分成三份，分三次加入煮好的菠萝中，第一次把麦芽糖和一份白砂糖放入煮好的菠萝中，同时搅拌均匀，每隔两小时加一次白砂糖，把剩余两份白砂糖分两次加完，然后在常压下静置 6 h，让其渗糖。

烘制。将渗糖后的菠萝置于一定条件下烘制。

包装。将烘制后的菠萝果脯进行包装密封，即得成品。

2.3.3. 探究烘制方式对菠萝果脯的影响

选择新鲜的菠萝去皮去眼洗净切好，接着按一定比例(总糖:菠萝 = 1:7，麦芽糖:白砂糖 = 3:7)称取糖和菠萝进行渗糖，最后将菠萝放入烘箱中，分别采用直接升温和梯度升温两种方式进行烘制，累计烘烤时间为 20 h，测定指标，最后感官品评，确定最佳的烘烤方式。

1) 直接升温(简称：直升)

将上述渗好糖的菠萝放入烘箱中，分别直接升温至(45℃、50℃、55℃、60℃、65℃)进行烘烤，累计烘烤时间为 20 h，测定产品指标。

2) 相同时间间隔梯度升温(简称：梯升)

将上述渗好糖的菠萝放入烘箱中，以 35℃为初始温度，分别梯度升温至 45℃、50℃、55℃、60℃、65℃，其中第一个烘烤温度由 35℃直接升温至 45℃，累计烘烤时间为 20 h，测定产品指标。

3) 探究不同温度下梯度升温时间间隔对菠萝果脯的影响(简称：梯升)

将上述渗好糖的菠萝放入烘箱中，以 35℃为初始温度，每隔 1 小时升温 5℃，分别梯度升温至 45℃、50℃、55℃、60℃、65℃，其中第一个烘烤温度由 35℃直接升温至 45℃，累计烘制时间为 20 h，测定产品指标，最终通过感官分析得到最优产品。

2.4. 指标测定

2.4.1. 总糖含量测定

参考国标 GB/T10782-2021 测定[12]。

2.4.2. 酸含量测定

参考国标 GB/T12456-2021 测定[13]。

2.4.3. 水含量测定

参考国标 GB5009.3-2016 测定[14]。

2.4.4. 蛋白质含量测定

参考颜李秀等[15]人的方法制作标准曲线。

果脯蛋白质：称取果脯样品 2 g 加入 2 mL 水研磨成匀浆放入离心管中，放入离心机离心 20 min，取上清液于 10 mL 容量瓶定容，接着取 0.1 mL 上清液于试管中再加入 5 mL 考马斯亮蓝试剂反应 10 min，在 595 nm 波长的紫外分光光度计中测量吸光值。

2.5. 感官评价

根据菠萝果脯产品的色泽、口感、香气、外形四个方面进行综合感官评价，见表 1。

2.6. 统计分析

数据处理通过 Microsoft Office Excel 2021 软件完成。

Table 1. Scoring criteria for color, taste, aroma and appearance of pineapple preserved fruit
表 1. 菠萝果脯色泽、口感、香气、外形评分标准

项目	标准	评分/分
色泽 (满分 30 分)	有较多褐变，不透亮(暗黄色) 褐变较少，较透亮(正常黄色) 没有褐变，晶莹剔透(亮黄色)	1~10 11~20 21~30
口感 (满分 30 分)	太甜，较难咀嚼(很硬) 甜味适中，较易咀嚼(软) 不甜不腻，易咀嚼(软而爽口)	1~10 11~20 21~30
香气 (满分 20 分)	菠萝香味不明显 菠萝香味较浓郁 菠萝香味浓郁	1~10 11~20 21~30
外形 (满分 20 分)	无固定形状(碎) 块状较完整 块状很完整	1~6 7~14 15~20

3. 结果与分析

3.1. 不同烘烤方式、不同温度对菠萝果脯糖含量的影响

烘烤温度对果脯最终总糖含量、蛋白质含量影响很小[16]。

Table 2. Changes in preserved sugar content of pineapple fruit at different baking methods and temperatures
表 2. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯糖含量变化

烘烤日期(相同采收期样品)	温度℃	烘烤方式	糖/mg/L
10 月 29 日	45	直升	15.10 ± 0.28
		梯升	13.79 ± 0.44
11 月 2 日	50	直升	18.15 ± 0.67
		梯升	15.28 ± 1.29
11 月 13 日	55	直升	25.19 ± 0.17
		梯升	21.75 ± 1.10
11 月 14 日	60	直升	18.23 ± 1.48
		梯升	22.89 ± 0.72
11 月 12 日	65	直升	23.56 ± 0.58
		梯升	22.50 ± 0.36

由表 2 可知，烘烤方式为直接升温的菠萝果脯糖含量随着温度的升高增加，但当温度上升到 60℃时，菠萝果脯糖含量下降，通过观察果脯表面和分析认为，过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，使菠萝中水分含量蒸发少，影响菠萝果脯中糖的浓缩，导致糖含量较低，这是高温长时间处理引起的反渗透作用的结果[17] [18]；烘烤方式为梯度升温的菠萝果脯糖含量同样随温度的升高而增加，但是 45℃、50℃、55℃、65℃直接升温比梯度升温的菠萝果脯糖含量多，60℃梯度升温比直接升温菠萝果脯糖含量多，表明烘烤方式和烘烤温度影响菠萝果脯的烘烤效果和糖的浓缩。低于 55℃和高于 65℃，采用直接升温效果好于梯度升温，直接升温的糖浓度高于梯度升温。主要是低于 55℃的烘烤温度不会对果脯表皮组织造成破坏或者破坏程度很轻，不影响果脯的烘烤；而高于 65℃的高温尽管破坏了组织结构，但是快速升温缩

短了水分的蒸发时间，水分在果脯组织结构还没有破坏前就蒸发出去了，导致直接升温的果脯的糖浓度在短时间内高于梯度升温，但是对果脯品质的破坏性较强。而 60℃左右(55℃和 65℃之间)的梯度升温的效果好于直接升温，主要是该温度下，梯度升温能够缓慢的将菠萝中的水分蒸发出去，同时破坏果脯的组织结构。而此温度下的直接升温会破坏果脯的表皮组织机构，形成一种保护膜，阻止水分蒸发，所以糖浓度较低。基于此，从菠萝果脯的品质上考虑，如果采用直接升温，温度建议控制在 55℃以下，采用梯度升温，温度建议控制在 60℃左右。60℃以上的高温，都有可能破坏果脯的组织结构和风味。60℃、65℃温度高，梯度升温比直接升温的温度上升的更加缓慢，直接升温的菠萝表皮组织被破坏更严重，所以 60℃之前菠萝表皮组织受到温度影响不大，直接升温比梯度升温菠萝表皮水分蒸发得多，使菠萝果脯中的糖含量多。因此，可以通过温度和烘烤方式控制菠萝果脯的含水量和风味。为了获得糖含量较高的菠萝果脯产品，采用梯度升温的烘烤方式，可以将温度控制在 60℃；采用直接升温的烘烤方式，可以将温度控制在 55℃。

3.2. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯酸含量变化

不同烘烤方式下菠萝果脯总酸含量差别较大，随着温度的升高，酸含量先上后升减少。

Table 3. Changes of prochloric acid content of pineapple fruit at different baking methods and different temperatures
表 3. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯酸含量变化

烘烤日期(相同采收期的样品)	温度℃	烘烤方式	酸/mg/L
10 月 29 日	45	直升	3.36 ± 0.049
		梯升	5.56 ± 0.075
11 月 2 日	50	直升	5.60 ± 0.17
		梯升	6.22 ± 0.37
11 月 13 日	55	直升	3.64 ± 1.31
		梯升	2.48 ± 0.62
11 月 14 日	60	直升	2.44 ± 0.25
		梯升	0.96 ± 0.26
11 月 12 日	65	直升	2.16 ± 0.26
		梯升	3.24 ± 0.26

由表 3 可知，烘烤方式为直接升温菠萝果脯酸含量随着温度的升高增加，但当温度上升到 55℃时，菠萝果脯酸含量下降，通过观察果脯表面和分析认为，过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，使菠萝中水分含量蒸发少，影响菠萝果脯中酸的浓缩，导致酸含量较低；烘烤方式为梯度升温的菠萝果脯酸含量得到了同样的结果；同时梯度升温的果脯酸含量高于直接升温；55℃、60℃直接升温比梯度升温菠萝果脯酸含量多，并且分别低于 55℃和高于 65℃的果脯的酸含量，采用梯度升温效果好于直接升温，梯度升温的酸浓度高于直接升温，表明烘烤方式和烘烤温度影响菠萝果脯的烘烤效果和酸的浓缩。主要是低于 55℃的烘烤温度不会对果脯表皮组织造成破坏，而高于 60℃的高温尽管破坏了组织结构，但也有部分水分蒸发，导致果脯酸浓度减少，对果脯品质的破坏性较强。50℃和 55℃之间菠萝表皮组织气孔打开，有利于菠萝体内水分的蒸发，菠萝果脯中的酸含量增多。从菠萝果脯的品质上考虑，如果采用直接升温，温度建议控制在 55℃以下，采用梯度升温，温度建议控制在 50℃左右。60℃以上的高温，都有可能破坏

果脯的组织结构和风味，梯度升温比直接升温的温度上升的更加缓慢，烘烤方式为直接升温菠萝表皮组织被破坏更严重，所以低于 60℃的菠萝表皮组织受到温度影响不大，但是梯度升温比直接升温菠萝果脯酸含量多。

3.3. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯水分含量变化

不同烘烤方式下，60℃和 65℃的菠萝果脯含水量相差最大，55℃时菠萝果脯含水量最低；在相同烘烤方式下，两种烘烤方式的果脯在 55℃的水分含量均最少，因此，55℃两种烘烤方式的菠萝果脯的烘干效果均较好。

Table 4. Changes in moisture content of pineapple preserved fruit at different baking methods and different temperatures
表 4. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯水分含量变化

烘烤日期(相同采收期的样品)	温度℃	烘烤方式	水分/mg/L
10 月 29 日	45	直升	14.0
		梯升	19.6
11 月 2 日	50	直升	20.0
		梯升	18.0
11 月 13 日	55	直升	6.0
		梯升	8.0
11 月 14 日	60	直升	10.0
		梯升	18.0
11 月 12 日	65	直升	16.0
		梯升	10.0

由表 4 可知，烘烤方式为直接升温的菠萝果脯水分含量随着温度升高而增加，但当温度上升到 55℃时，菠萝果脯水分含量下降，通过分析认为，菠萝表皮组织气孔张开，菠萝中水分含量蒸发增多。温度上升到 65℃时，直接升温的菠萝果脯水分含量增加，通过观察果脯表面和分析认为，过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，导致菠萝中水分含量蒸发少；烘烤方式为梯度升温的菠萝果脯水分含量随温度的升高而降低，但当温度上升到 60℃时，菠萝果脯水分含量增加，原因是过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，导致菠萝中的水分不易蒸发，菠萝果脯的水分含量增加，50℃、65℃直接升温比梯度升温菠萝果脯水分含量多，45℃、55℃、65℃梯度升温比直接升温菠萝果脯水分含量多。直接升温是快速的缩短了水分的蒸发时间，而梯度升温是缓慢的升温，低于 55℃，菠萝表皮组织气孔未打开，水分不易蒸发，菠萝果脯水分含量多；高于 55℃，菠萝表皮组织被高温破坏，严重破坏了菠萝表皮组织，使菠萝中水分含量蒸发少，水分不易蒸发，所以菠萝果脯水分含量升高。从菠萝果脯的品质上考虑，温度 55℃左右，菠萝果脯水分含量少，菠萝品质也较好。

3.4. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯蛋白质含量变化

不同烘烤方式、不同温度对菠萝果脯蛋白质含量影响不大。

由表 5 可知，烘烤方式为直接升温的菠萝果脯蛋白质含量随温度的升高减少，但当温度上升到 65℃时，菠萝果脯蛋白质含量上升，通过观察果脯表面和分析认为，过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，形成一种保护膜，导致菠萝中蛋白质增加；烘烤方式为梯度升温的菠萝果脯蛋白质含量也随温度的升高减少，但当温度分别上升到 60℃、65℃时，菠萝果脯蛋白质含量上升，通过分析认为，同样是过高的温度严重破坏

了菠萝表皮组织，形成一种保护膜，导致菠萝中蛋白质增加。45℃、50℃、55℃、60℃、65℃梯度升温比直接升温菠萝果脯蛋白质含量多，梯度升温是缓慢的升高温度，菠萝果脯中的蛋白质不易受到短时间温度升高的破坏，直接升温是快速的升温，蛋白质受到严重的破坏，导致菠萝果脯中蛋白质含量减少；50℃、60℃直接升温与梯度升温差距很大，温度的快速升高，蛋白质被破坏，导致菠萝果脯中蛋白质含量降低。因为温度 40℃蛋白质开始有变性的趋势，60℃蛋白质开始变性，所以温度低于 60℃菠萝果脯蛋白质可以更好储存在菠萝果脯中，并且菠萝果脯品质较好。烘烤方式为梯度升温的菠萝果脯蛋白质的含量比直接升温的含量高，梯度升温的菠萝果脯蛋白质含量比直接升温的菠萝果脯蛋白质受到温度的影响小，所以从菠萝果脯的品质上考虑，采用梯度升温的烘烤方式温度可控制在 55℃最佳，并且菠萝果脯的蛋白质含量较好。

Table 5. Changes in protein content of pineapple preserved fruit at different baking methods and different temperatures
表 5. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯蛋白质含量变化

烘烤日期(相同采收期的样品)	温度℃	烘烤方式	蛋白质/mg/L
10 月 29 日	45	直升	0.0591 ± 0.04
		梯升	0.0593 ± 0.05
11 月 2 日	50	直升	0.0580 ± 0.06
		梯升	0.0582 ± 0.04
11 月 13 日	55	直升	0.0560 ± 0.03
		梯升	0.0568 ± 0.07
11 月 14 日	60	直升	0.0554 ± 0.06
		梯升	0.0578 ± 0.64
11 月 12 日	65	直升	0.0573 ± 0.03
		梯升	0.0574 ± 0.04

3.5. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯 PH 变化

温度低于 55℃直接升温的 PH 含量高于梯度升温；温度高于 55℃，梯度升温与直线升温菠萝果脯 pH 含量相差不大。

Table 6. pH changes of pineapple preserved fruit at different baking methods and different temperatures
表 6. 不同烘烤方式、不同温度菠萝果脯 pH 变化

烘烤日期(相同采收期的样品)	温度℃	烘烤方式	蛋白质/mg/L	PH
10 月 29 日	45	直升	0.0591 ± 0.04	3.54
		梯升	0.0593 ± 0.05	3.44
11 月 2 日	50	直升	0.0580 ± 0.06	3.61
		梯升	0.0582 ± 0.04	3.45
11 月 13 日	55	直升	0.0560 ± 0.03	3.80
		梯升	0.0568 ± 0.07	3.72
11 月 14 日	60	直升	0.0554 ± 0.06	3.63
		梯升	0.0578 ± 0.64	3.72
11 月 12 日	65	直升	0.0573 ± 0.03	3.77
		梯升	0.0574 ± 0.04	3.71

由表 6 可知，烘烤方式为直接升温的菠萝果脯 PH 随温度的升高增加，但当温度上升到 60℃时，菠萝果脯 PH 含量下降，通过观察果脯并分析认为，过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，菠萝中水分含量蒸发少，影响菠萝果脯中的 PH 含量。但当温度上升到 65℃时，菠萝果脯 PH 含量增加，并且发现 60℃、65℃直接升温和梯度升温，菠萝果脯 PH 含量在 3.70 左右。烘烤方式为梯度升温的菠萝果脯 PH 含量随温度的升高而增加；温度低于 55℃，直接升温比梯度升温菠萝果脯 PH 含量大，原因是快速升温缩短了水分的蒸发时间，导致直接升温的菠萝果脯中的水分在短时间内蒸发量高于梯度升温，使菠萝果脯中 PH 浓缩；温度低于 55℃，菠萝果脯表皮组织细胞气孔关闭，水分蒸发量少，导致菠萝果脯 PH 含量低；温度高于 55℃，60℃梯度升温比直接升温菠萝果脯 PH 含量大，菠萝果脯表皮组织受到破坏，水分蒸发减少，菠萝果脯 PH 含量降低。适当地降低 PH 值有助于减少维生素 C 的损失和延长维生素 C 保存时间，中性及偏酸性环境也可提高多酚稳定性[19] [20]，结合表 5 可知，温度低于 55℃采用直接升温效果好于梯度升温，直接升温的 PH 含量高于梯度升温；温度高于 55℃，梯度升温与直线升温菠萝果脯 PH 含量相差不大。因此采用直接升温的烘烤方式，温度低于 55℃，采用梯度升温的烘烤方式可将温度控制为 60℃较为最佳。

3.6. 不同温度下梯度升温时间间隔菠萝果脯糖含量、酸含量变化

Table 7. Changes in pineapple fruit preserved sugar content and acid content at gradient heating intervals at different temperatures

表 7. 不同温度下梯度升温时间间隔菠萝果脯糖含量、酸含量变化

温度℃	时间间隔/h	糖/mg/L	酸/mg/L
45	1	15.88 ± 1.33	1.64 ± 0.075
	2	5.56 ± 0.08	5.56 ± 0.08
50	1	16.31 ± 2.03	1.96 ± 0.37
	2	15.28 ± 1.29	6.22 ± 0.37
55	1	20.35 ± 0.23	4.14 ± 0.54
	2	21.75 ± 1.10	2.48 ± 0.62
60	1	21.25 ± 0.23	4.46 ± 0.55
	2	22.89 ± 0.72	0.96 ± 0.26
65	1	13.65 ± 0.49	3.42 ± 0.43
	2	22.50 ± 0.36	3.24 ± 0.26

由表 7 可知，烘烤方式为梯度升温的每隔 1 h 升温 5℃和每隔 2 h 升温 5℃，菠萝果脯糖含量均随温度升高而增加，但当温度上升到 65℃时，梯度升温每隔 1 h 升温 5℃和每隔 2 h 升温 5℃菠萝果脯糖含量均下降，通过观察果脯和分析，认为过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，使菠萝中水分含量蒸发少，影响菠萝果脯中的糖浓缩，导致糖含量较低；烘烤方式为梯度升温的每隔 1 h 升温 5℃，菠萝果脯酸含量随温度升高而增加，但当温度上升到 60℃时，菠萝果脯酸含量下降，原因是过高的温度严重破坏了菠萝表皮组织，使菠萝中的水分含量蒸发量少，影响菠萝果脯中酸的浓缩，导致酸含量较低；而烘烤方式为梯度升温的每隔 2 h 升温 5℃菠萝果脯酸含量随温度升高而增加，但是当温度为 55℃、60℃时，菠萝果脯酸含量下降，原因是菠萝组织结构遭到破坏，水分蒸发量减少，菠萝果脯中的酸减少。温度低于 55℃，梯度升温每隔 1 h 升温 5℃比每隔 2 h 升温 5℃菠萝果脯酸含量低，原因是梯度升温为每隔 2 h 升温 5℃菠萝中水分蒸发的多，菠萝果脯中的酸浓缩，导致酸含量较高；温度低于 55℃和温度为 65℃时，每隔 1 h

升温 5℃菠萝果脯水分蒸发的比每隔 2 h 升温 5℃的多，导致菠萝果脯中的糖浓缩，糖含量升高。所以结合菠萝果脯品质方面的考虑，采用每隔 1 h 升温 5℃和每隔 2 h 升温 5℃至 55℃的烘烤方式，菠萝果脯的糖含量、酸含量较好。

3.7. 感官评价

不同烘烤方式、不同温度下菠萝果脯产品的色泽、口感、香气、外形四个方面进行综合感官评价，见表 8。

Table 8. Sensory evaluation of color, taste, aroma and appearance of pineapple preserved fruit
表 8. 菠萝果脯色泽、口感、香气、外形感官评价

	色泽/30 分		口感/30 分		香气/30 分		外形/10 分		总分 (100 分)
	得分 (分)	评价	得分 (分)	评价	得分 (分)	评价	得分 (分)	评价	
45℃ (直升)	18	柠檬黄，颜色透亮	21	口感微甜，质地较软，好咀嚼	18	有菠萝香气和淡淡蜂蜜香气，	7	片状，形状完整	64
45℃ (梯升)	16	柠檬色，颜色较透亮	18	口感微甜，质地较软，好咀嚼	15	有菠萝香气和淡淡蜂蜜香气	7	片状，形状完整	56
50℃ (直升)	17	柠檬色，颜色微暗	22	酸甜可口，质地较软，口感清爽	16	有蜂蜜香气	7	片状，形状完整	62
50℃ (梯升)	18	柠檬色，颜色略浅	18	口感偏酸，质地较软，细致绵密	15	有蜂蜜香气	7	片状，形状完整	58
55℃ (直升)	20	金黄色，颜色明亮	20	口感微甜，质地偏硬，细腻	20	香气较浓郁，带有焦糖香味	7	片状，形状完整	67
55℃ (梯升)	21	金黄色，颜色明亮	21	酸甜可口，质地偏硬，口感清爽	21	香气较浓郁，带有焦糖香味	7	片状，形状完整	70
60℃ (直升)	18	暗黄色，颜色微暗	19	酸甜可口，质地偏硬，口感清爽	16	带有焦糖香味，气味较浓郁	7	片状，形状完整	60
60℃ (梯升)	17	暗黄色，颜色微暗	18	酸甜可口，质地偏硬，口感清爽	17	带有焦糖香味，气味较浓郁	7	片状，形状完整	59
65℃ (直升)	16	暗黄色，颜色微暗	17	酸甜可口，质地较软，口感清爽	16	带有焦糖香味，气味较浓郁	7	片状，形状完整	56
65℃ (梯升)	17	暗黄色，颜色微暗	14	酸甜可口，质地较软，口感清爽	14	带有焦糖香味，气味较浓郁	7	片状，形状完整	52

由表 8 可知，不同烘烤方式、不同温度下菠萝果脯产品的色泽、口感、香气、外形四个方面进行综合感官评价，温度过高，菠萝果脯的色泽有暗黄色、口感会偏硬，并且会伴有焦糖的气味，菠萝表皮受到高温的破坏；温度过低菠萝果脯色泽为金黄、有菠萝和蜂蜜的香气、形状完整但口感较软，所以结合综合感官评价，评分较高的是温度为 55℃采用梯度升温的菠萝果脯。

4. 结论

研究不同温度下烘烤方式为直接升温和梯度升温的菠萝果脯中糖、酸、水、蛋白质和 PH 含量，发现温度低于 55℃，采用直接升温的烘烤方式比高温下直接升温的菠萝果脯品质好，因为温度过高会造成

菠萝果脯表皮组织被破坏，导致菠萝果脯品质受到影响；采用梯度升温将 35℃直接升温到 45℃，再每隔 2 h 升温 5℃至 55℃，累计烘烤时间 20 h，菠萝果脯中的各项指标含量比其他温度下的好，并且菠萝果脯的品质较好。

基金项目

本研究受“云南省牟定云牛生物科技有限公司南立军专家基层科研工作站”项目支持。

参考文献

[1] 杜丽娟, 陶窕华. 西番莲果脯的制作工艺研究[J]. 农产品加工, 2020(2): 42-45. https://doi.org/10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2020.01.047

[2] 蔡诗鸿, 黄桂颖, 谭晓燕, 陈俊文, 曾晓房, 叶绍环, 陈悦娇. 圣女果果脯制作过程中的品质控制[J]. 农产品加工, 2019(21): 68-71. https://doi.org/10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2019.11.019

[3] 卫世乾. 我国果脯行业现状、问题及对策[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(8): 212-215.

[4] 李勤勤, 李佳慧, 马晓敏, 苗文娟, 董艺凝. 果脯渗糖工艺研究进展[J]. 食品工业, 2021, 42(6): 362-366.

[5] 苏建勇, 岳华, 石标, 李鑫. 果脯干燥设备结构优化[J]. 中国新技术新产品, 2017(14): 28-29. https://doi.org/10.13612/j.cnki.cntp.2017.14.016

[6] 雷炎, 李华佳, 望诗琪, 侯强川, 石桂芳, 郭壮. 不同干燥方式对猕猴桃果脯品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(24): 103-108.

[7] 刘胜辉, 孙伟生, 陆新华, 吴青松, 魏长宾, 孙光明. 6 个菠萝品种成熟果实香气成分分析[J]. 热带作物学报, 2015, 36(6): 1179-1185.

[8] 刘海清, 刘志颐. 中国菠萝鲜果产业的国际竞争力分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(17): 334-337.

[9] 建忠. 葡萄果脯的制作[J]. 农业知识, 2013(10): 57-58.

[10] 吴佩佩, 谭强, 曾文红, 谢文佩. 改善低糖菠萝果脯质量的研究[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(3): 78-83.

[11] 百忠. 菠萝果脯加工技术[J]. 农家之友, 2018(2): 63.

[12] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T10782-2021 蜜饯质量通则[S]. 国家标准化管理委员会, 2021(03).

[13] 国家市场监督管理总局. GB 12456-2021 食品总酸测定[S]. 国家标准化管理委员会, 2008(06).

[14] 国家卫生和计划生育委员会. GB5009.3-2016 食品水分测定[S]. 国家标准化管理委员会, 2016(08).

[15] 颜李秀, 周邦萌, 苏琳, 李瑜. 食品中蛋白质含量测定方法的研究进展[J]. 中国食品, 2022(3): 95-97.

[16] 杨文博, 刘慧, 刘杰超, 吕真真, 张春岭, 焦中高. 加工条件对青梅果脯营养成分的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(12): 4669-4674.

[17] 盛金凤, 李丽, 孙健, 李昌宝, 李杰民, 郑凤锦, 刘国明, 何雪梅, 廖芬, 张雅媛. 不同渗糖方式对芒果果脯品质及组织细胞的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(6): 202-206. https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.06.037

[18] 张彩, 陈琳, 张凤英, 郭水燕. 刺孔工艺对低糖圣女果果脯感官品质影响研究[J]. 现代食品, 2018(3): 127-130. https://doi.org/10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2018.03.040

[19] 马正强, 张贝贝, 张京芳, 苗修港, 余翔. 热烫温度与 pH 值对香椿维生素 C 稳定性的影响[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(3): 201-205.

[20] 袁歆贻. pH 与光照对苹果多酚稳定性的影响[J]. 现代农业科技, 2014, (19): 297-299, 304.