

盐量对盐煮干制方竹笋品质的影响

Effect of salt amount on the quality of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots dried by salt boiling

吕朝燕^{1,2} 高智席^{1,2} 刘德粉¹ 蒋琪¹

LV Chao-yan^{1,2} GAO Zhi-xi^{1,2} LIU De-fen¹ JIANG Qi¹

王秘¹ 马云飞¹ 蔡春¹

WANG Mi¹ MA Yun-fei¹ CAI Chun¹

(1. 遵义师范学院生物与农业科技学院, 贵州 遵义 563006;

2. 遵义师范学院方竹笋综合利用工程研究中心, 贵州 遵义 563006)

(1. College of Biology and Agriculture, Zunyi Normal College, Zunyi, Guizhou 563006, China;

2. Engineering Research Center of *Chimonobambusa Quadrangularis* Shoots' Comprehensive Utilization, Zunyi Normal College, Zunyi, Guizhou 563006, China)

摘要: 设置不同食盐添加量(10%, 15%, 20%, 25%, 30%)对方竹笋进行蒸煮处理, 研究其对盐笋干总糖、还原糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、NaCl、亚硝酸盐含量以及含水率、复水比、色泽和感官评分等的影响。结果表明: 含水率随蒸煮时间的增加而下降, 食盐添加量越大, 下降速度越快; 复水比随复水时间的增加而增大, 当复水比基本不再增加时, 其由大到小依次为 10% > 15% > 20% > 30% > 25%; 总糖、还原糖、可溶性蛋白和游离氨基酸含量均随盐量的增加而减小; 不同盐量处理盐笋干 NaCl 含量差异显著 ($P < 0.05$), 随盐量的增加而增大, 且不同盐量处理亚硝酸盐含量均低于 1.39 mg/kg, 含量较低且随盐量的增加而减小; 同时, 不同盐量处理盐笋干的色差 (ΔE) 值与鲜方竹笋相差均大于 2, 差异显著, 且食盐添加量低的处理盐笋干感官评分更高。综上, 当盐煮干制方

竹笋盐量控制为 10%~15% 时, 更有利于保持盐笋干的营养和感官品质及复水性能。

关键词: 方竹笋; 盐煮干制; 营养; 感官; 复水比

Abstract: Different amounts of salt (10%, 15%, 20%, 25%, and 30%) were set to cook *Chimonobambusa quadrangularis* shoots. The effects of salt amount on total sugar, reducing sugar, soluble protein, free amino acid, NaCl, nitrite, as well as moisture content, rehydration ratio, color, sensory score, were studied. The results showed that the water content decreases with the increase of boiling time, showing the salt amount dependent. The rehydration rate increased with the rehydration time, and when it basically stops increasing, the rehydration ratio was 10% > 15% > 20% > 30% > 25% in descending order. The total sugar, reducing sugar, soluble protein, and free amino acid content all decreased with the increase of salt amount. The NaCl content of salt-dried bamboo shoots with different salt amounts was significantly different ($P < 0.05$), increased with the increase of salt amount. The content of nitrite was lower than 1.39 mg/kg in different salt amounts, and decreased with the increase of salt amount. Moreover, the color difference (ΔE) of salt-dried bamboo shoots with different salt amounts was greater than 2, compared with that of fresh bamboo shoots. A significant difference, and the sensory score of salt-dried bamboo shoots with low salt addition was relative higher than the high salt addition. It was found that the nutritional and sensory qualities of the salt-dried bamboo shoots and its rehydration performance could be maintained, when the salt rate was controlled at 10%~15%.

Keywords: *Chimonobambusa quadrangularis* shoots; salt boiled

基金项目: 贵州省高层次创新人才培养项目(编号: 遵师科合人才[2016]3号); 贵州省高校第一批服务农村产业化项目(编号: 遵师合农村产业字 201906); 遵义师范学院 2017 年学术新苗培养及创新探索项目培育项目(编号: 黔科合平台人才[2017 年]5727-17 号); 贵州省教育厅自然科学基金项目(编号: 黔教合 KY 字[2015]409 号); 遵义师范学院博士启动基金项目(编号: 遵师 BS[2014]17 号); 贵州省教育厅创新群体重大项目(编号: 黔教合 KY 字[2016]047 号); 贵州省科技支撑计划项目(编号: 黔科合 NY 字[2016]3013 号); 贵州省科技厅科技合作计划(编号: 黔科合 LH 字[2015]7029 号)

作者简介: 吕朝燕(1985—), 男, 遵义师范学院副教授, 博士。
E-mail: lvvey@zync.edu.cn

收稿日期: 2020-04-21

and dried; nutrition; sensory; rehydration ratio

金佛山方竹 [*Chimonobambusa utilis* (Keng) Keng f.] 因其竹竿方形而得名, 广泛分布于黔北大娄山, 多成片生长于 1 300~2 200 m 海拔的无风多雾、阴湿的河谷和山坡地^[1]。其竹笋兼具“鲜、嫩、香、脆”的特点, 素有“竹类之冠”的美誉^[2-3]。目前, 方竹笋加工仍多采用传统盐煮干制方式, 产品以盐笋干为主。与一般蔬菜传统盐腌和盐渍方法均有所不同, 盐煮干制是先将去壳的新鲜方竹笋整齐地码放在大锅中, 每码 1 层方竹笋撒 1 层食盐, 码放至接近锅口, 最上层撒放较多食盐, 盖上锅盖或覆盖塑料薄膜以减少水分蒸发, 其下用柴火或煤火加热蒸煮至方竹笋明显皱缩, 锅内有大量盐水渗出, 所含水分难以再被煮出为止, 捞出晒干或烘干。传统的盐煮干制方法虽然加工简易且成本低廉, 但是基于延长保藏时间的目的, 大多采用重盐(食盐添加量 20% 以上)蒸煮, 且添加量多凭经验, 盐笋干食用前通常需要反复复水脱盐, 已不能适应当今趋向低盐和方便即食消费的需求。

汪莉莎等^[4]发现腌制会使大叶麻竹笋失去原有色泽, 食盐浓度越高, 失色越严重。郑炯等^[5]发现麻竹笋经腌制后其总氨基酸含量明显下降。然而, 有关竹笋盐煮干制加工的研究极少, 且仅为定性描述, 尤其是盐煮干制方竹笋干营养成分、色泽、复水性能、亚硝酸盐含量等品质变化以及适宜盐用量方面仍缺乏定量研究。试验拟以新鲜方竹笋为原料, 通过设置不同食盐添加量对方竹笋进行蒸煮, 分析盐量对方竹笋感官品质、营养品质以及亚硝酸盐含量的影响, 以期改造传统盐煮干制加工工艺, 提升其加工水平提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

方竹鲜笋笋: 其基本特征如表 1 所示, 采自贵州省遵义市桐梓县楚米镇大娄山南侧;

食盐: 含量 ≥ 98.5%, 贵州盐业(集团)有限责任公司;

萘酚、盐酸、硫酸、葡萄糖、氢氧化钠、乙醇、磷酸、考马斯亮蓝 G-250、牛血清蛋白、茚三酮、磷酸二氢钾、磷酸二氢钠、冰醋酸、亮氨酸、亚铁氰化钾、乙酸锌、亚硝酸钠、硝酸钾、盐酸萘乙二胺、对氨基苯磺酸、氨水、硫酸锌、正辛醇等: 分析纯, 国药集团化学试剂(上海)有限公司。

1.2 仪器与设备

紫外分光光度计: T9CS 型, 北京普析通用仪器有限

公司;

光栅分光测色仪: YS3060 型, 深圳市三恩驰科技有限公司;

烘箱: DHG-9625A 型, 上海一恒科学仪器有限公司;

数显游标卡尺: Mitutoyo 型, 日本三丰公司。

1.3 方法

1.3.1 样品的制备 选择大小相对一致、新鲜、无损伤的方竹笋, 清洗干净; 带壳称量, 并测量高度和地径; 去除笋箨, 称量可食部分; 应用四分法采样, 人工纵切竹笋, 并进一步切成 1~2 cm 宽的细丝后, 放入大小一致的锅中, 分别加入 10%, 15%, 20%, 25%, 30% 的食盐, 盖上锅盖煮制。每隔 1 h 取样称量, 至重量不再减少为止, 室温下晾干备用。

1.3.2 可食率的测定 按式(1)计算可食率。

$$c = \frac{m_1}{m_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c ——可食率, %;

m_1 ——鲜笋去壳净质量, g;

m_0 ——鲜笋总质量, g。

1.3.3 含水率的测定 按 GB 5009.3—2016 执行。

1.3.4 色泽的测定 采用光栅分光测色仪进行测量。测定前先用白色校准板对测色仪进行校准, 每个样品重复 6 次, 记录其亮度 (L^*) 值、红度 (a^*) 值和黄度 (b^*) 值。其中, L^* 值表征样品的明亮程度, $L^* = 0$ 表示黑色, $L^* = 100$ 表示白色。 a^* 值为正表示红色, 值越大表示红色越深; a^* 值为负表示绿色, 值越小表示绿色越深。 b^* 值为正表示黄色, 值越大表示黄色越深; b^* 值为负值表示蓝色, 值越小表示蓝色越深^[6]。 ΔE 表征样品与对照(鲜竹笋, 用 L_0^* 、 a_0^* 和 b_0^* 表示)之间的色差值, 按式(2)计算。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}. \quad (2)$$

1.3.5 复水比的测定 分别取不同盐量盐煮干制样品 5 g, 称量其初始质量, 然后放入 60 °C 水浴恒温的装有 150 mL 水的烧杯中, 间隔 15 min 捞出样品, 沥水并用滤纸擦干表面水分, 称重。以连续 2 次称重差值 < 1 g 作为复水已完成的标准, 每个盐量处理重复 4 次。应用复水比来度量盐笋干的复水性^[7], 并按式(3)计算复水比。

$$R_f = G_f / G_g, \quad (3)$$

式中:

表 1 方竹笋基本特征

Table 1 Basic characteristics of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots

笋基径/cm	笋高度/cm	去壳净质量/g	总质量/g	可食率/%	含水率/%
24.25±1.17	31.25±3.34	45.21±8.19	82.50±9.41	54.57±4.77	92.26±0.43

R_f ——复水比;
 G_f ——复水后样品沥干质量,g;
 G_g ——干制品样品质量,g。

1.3.6 总糖、还原糖、可溶性蛋白、游离氨基酸的测定

- (1) 总糖、还原糖:采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法(DNS)。
- (2) 可溶性蛋白:采用考马斯亮蓝法。
- (3) 游离氨基酸:采用茚三酮法。

1.3.7 氯化钠和亚硝酸盐的测定

- (1) 氯化钠含量:按 GB 5009.44—2016 中的银量法执行。
- (2) 亚硝酸盐含量:按 GB 5009.33—2016 中的分光光度法执行。

1.3.8 感官评价 不同盐量处理盐笋干经完全复水后,随即进行感官评定。参照绿竹笋干制品的感官评价指标^[8],由 40 名具备感官评鉴知识的人员组成评价小组,包括 20 男 20 女,对不同盐量处理方竹笋盐笋干的外观、色泽、香味和滋味 4 项指标进行品评,满分 100 分。感官评价标准见表 2。

1.4 数据处理

采用 Excel 2019 软件对所有数据进行统计分析并作图,采用 SPSS 22.0 统计软件对不同盐量处理盐笋干的总糖、还原糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、NaCl 和亚硝酸盐含量以及色泽和感官指标分别进行方差分析(one-way-

ANOVA),并应用最小显著差异法(LSD)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 对盐笋干含水率的影响

由图 1 可知,方竹笋含水率随蒸煮时间的增加而快速降低,当蒸煮时间为 10 h 时,方竹笋含水率不再随蒸煮时间的增加而继续降低,基本保持稳定,此时不同盐量处理方竹笋含水率平均值由大到小依次为 10% > 15% > 20% > 30% > 25%,且 30%,25% 盐量处理差异不显著($P>0.05$)。蒸煮过程中,由于食盐的不断扩散和渗透,竹笋细胞内的盐浓度低于细胞膜外,造成水分大量渗出。食盐添加量越高,失水就越多,笋体的水分含量就越低^[9-10]。陈光静等^[11]研究表明,不同食盐浓度处理笋体含水率随腌制时间逐渐降低,且食盐浓度越大,其水分含量降低越多,与试验研究结果一致。不同盐量处理方竹笋水分含量下降趋势有所不同,食盐添加量越大的含水率下降曲线越陡峭,而食盐添加量越低,最终水分含量反而相对较高^[12]。对不同盐量处理方竹笋含水率随蒸煮时间的下降曲线进行线性拟合,结果表明,10%,15%,20%,25%,30% 盐量处理,其含水率下降曲线斜率分别为 -1.21, -1.09, -1.25, -1.26, -1.41,其绝对值随盐量的增加而增大,说明方竹笋含水率降低速度随盐量的增加而增大。陈光静等^[11]研究表明,随腌制时间的增加,不同食盐浓度下笋体含水率下降曲线均较为平缓,最大食盐浓度(19 g/100 mL)下腌制 63 d,笋体含水率最低降至 88% 左右,远低于试验盐煮干制结束时笋体含水率(最低 67% 左右),可能是因为方竹笋盐煮干制过程与腌制过程不同,除笋体内外的盐分渗透压差异造成笋体含水率下降外,高温煮制加速了笋体含水率的降低,并使笋体含水率降至更低水平。

2.2 对盐笋干色泽的影响

由表 3 可知,不同盐量添加处理方竹笋的 L^* 、 b^* 和 a^* 均发生了明显变化,高盐处理(25% 和 30%)的 L^* 值较低盐处理(10%)和鲜竹笋的升高;低盐处理(10%)的

表 2 盐笋干感官评价标准
Table 2 Sensory evaluation criteria of dried salt bamboo shoots

项目	标准	评分	等级
色泽	呈淡黄色	35~40	一级
	呈棕黄色	30~34	二级
	呈红褐色	<30	三级
香味	具浓郁竹笋香味	17~20	一级
	稍具竹笋香味	14~16	二级
	熟味,无笋香味	<14	三级
滋味	具鲜竹笋滋味,口感细腻,质地脆嫩,微甜,无异味	17~20	一级
	具鲜竹笋滋味,质地较软,无明显脆度,甜酸适口,无异味	14~16	二级
	口味淡,无明显鲜竹笋风味	<14	三级
外观	表面平滑,组织细密,笋片具透明晶莹质感	17~20	一级
	表面较平滑,组织较细密,笋片稍具透明质感	14~16	二级
	表面有凹凸,笋片不具透明质感	<1	三级

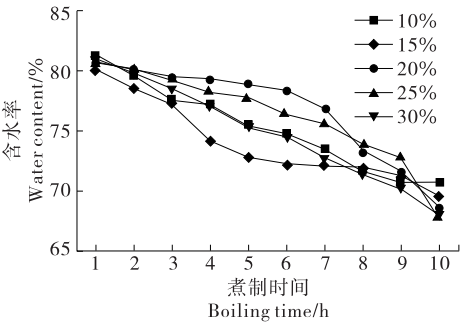


图 1 不同盐量处理对方竹笋含水率的影响
Figure 1 Effects of different salt amounts on water content of Chimonobambusa quadrangularis shoots

表 3 不同盐量对方竹笋色泽的影响[†]Table 3 Effects of different salt amounts on color of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots

盐量/%	L^*	a^*	b^*	ΔE
鲜竹笋	51.94±1.67 ^a	3.96±0.89 ^b	19.88±2.26 ^b	—
10	46.47±1.18 ^b	5.94±0.93 ^a	22.29±3.52 ^{ab}	7.06±1.61 ^b
15	54.51±2.53 ^a	4.63±1.11 ^b	23.87±4.08 ^a	6.33±1.95 ^{bc}
20	41.67±1.28 ^c	5.58±1.18 ^{ab}	16.20±2.00 ^c	11.22±1.40 ^a
25	53.29±4.79 ^a	3.68±1.28 ^b	21.01±2.01 ^{ab}	4.68±2.50 ^c
30	52.18±2.75 ^a	3.76±1.02 ^b	19.55±2.13 ^b	3.17±1.15 ^c

[†] 字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

a^* 值大于高盐处理 (25% 和 30%) 和鲜竹笋的; 低盐处理 (10% 和 15%) 的 b^* 值大于高盐处理 (25% 和 30%) 和鲜竹笋的。说明低盐处理的 b^* 值大于高盐处理的, L^* 值低于高盐处理的, 且 a^* 值大于高盐处理的。汪莉莎等^[4] 研究表明, 随着食盐浓度的升高, 笋体的 L^* 值下降, a^* 值的绝对值增加, 而 b^* 值下降, 其 b^* 值的变化与试验结果一致, 而 L^* 值和 a^* 值与试验研究结果不一致, 可能是试验处理差异较大, 试验更加类似于在盐渍处理的基础上增加了高温蒸煮条件, 且处理时间短于腌制和盐渍处理。腌制条件下竹笋色泽变化是一系列微生物和化学反应共同作用的结果, 包括叶绿素的分解、美拉德反应和维生素氧化等非酶促褐变、单宁和酚类物质氧化等酶促褐变^[13-15]。而盐煮干制处理, 除食盐的作用外, 高温蒸煮也起到了重要的作用。一般认为, 当色差 (ΔE) 值 > 2 时, 可以判定样品间颜色存在显著差异^[16-17]。不同盐量处理盐笋干 ΔE 值均与鲜竹笋差异显著 ($P < 0.05$), 且低盐处理 (10% 和 15%) 与鲜竹笋的差异大于高盐处理 (25% 和 30%) 的。

2.3 对盐笋干复水性的影响

由图 2 可知, 不同盐量处理盐笋干复水比随复水时间的增加而逐渐增大。当复水时间 < 60 min 时, 各盐量处理复水比均快速增大, 其后复水比增速放缓, 直至复水

165 min 时基本保持稳定, 此时不同盐量处理复水比由大到小依次为 $10\% > 15\% > 20\% > 30\% > 25\%$, 随盐量的增加整体呈减小的趋势。30% 盐量处理复水比大于 25% 处理的, 其可能的原因是高盐处理会使竹笋的细胞壁受到一定程度的破坏, 导致其细胞壁失去部分透性功能, 进而导致水分进入细胞受细胞壁的限制减少, 复水比增加^[18-19]。同时, 对不同盐量处理盐笋干复水比随复水时间变化的上升曲线进行线性拟合, 结果表明, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% 盐量处理, 其复水比上升曲线斜率分别为 0.16, 0.15, 0.10, 0.09, 0.10, 其值随盐量的增加而减小, 说明方竹笋盐笋干复水速度随盐量的增加而下降。马先英等^[20] 研究表明, 随着复水时间的增加, 胡萝卜干复水比快速增大, 与试验结果一致。但胡萝卜干复水比增加速度远大于方竹笋盐笋干, 当复水时间为 30 min 时, 其复水比已增加到 4 以上, 至 60 min 时达到 5 以上, 而方竹笋盐笋干复水时间为 160 min 以上, 且复水比最高值 < 4 。这主要是由于盐煮干制与普通热风干燥工艺差别较大, 盐笋干含水率并未降低至与普通热风干燥制品相当的含水率水平 (10% 左右), 导致复水时复水比相对较低且复水速度较慢。

2.4 对盐笋干营养成分含量的影响

由图 3~4 可知, 不同盐量处理盐笋干的总糖和还原糖含量均随食盐添加量的增加而降低, 30% 盐量处理的总糖含量较 10% 的减少了 0.90%, 还原糖含量降低了 0.18%, 且差异显著 ($P < 0.05$), 与周美琪等^[21] 的结果类似。

由图 5~6 可知, 不同盐量处理盐笋干的可溶性蛋白和游离氨基酸含量随食盐添加量的增加而降低, 30% 盐量处理的可溶性蛋白含量较 10% 的减少了 4.94%, 游离氨基酸含量降低了 21.94 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 且差异显著 ($P < 0.05$), 与郑炯等^[6] 的研究结果一致。综上, 高盐量处理盐笋干营养成分含量整体少于低盐量处理, 可能与高盐量添加形成的高盐浓度会抑制微生物的发酵活动有关。

2.5 对盐笋干氯化钠和亚硝酸盐含量的影响

由图 7 可知, 方竹笋盐笋干含盐量随食盐添加量的

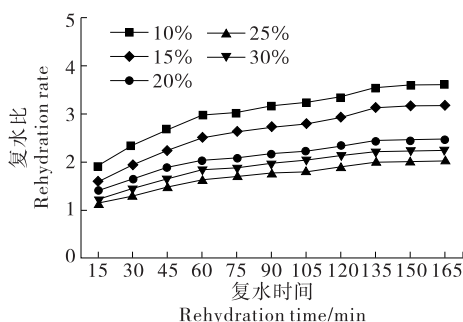


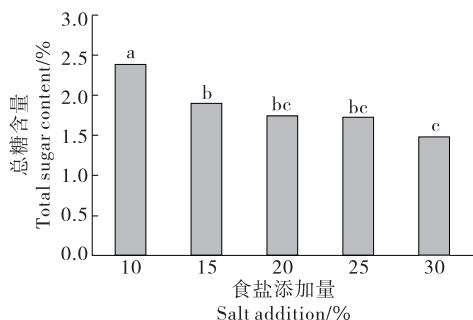
图 2 不同盐量处理对方竹笋复水比的影响

Figure 2 Effects of different salt amounts on rehydration rate of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots

增加而升高,30%盐量处理的氯化钠含量较10%的增加7.33%,与陈小雷等^[22]、邢云霞等^[9]的研究结果一致。研究^[23]表明,当含盐量>13%时,绝大多数微生物的生长受到完全抑制。由于不同盐量处理盐笋干含盐量均>15%,说明方竹笋盐笋干传统加工方式有利于增强产品

的安全性和贮藏性。同时,一般认为含盐量为12%~15%的盐渍菜属于高盐类渍菜^[24]。不同盐量处理盐笋干含盐量均超过了高盐类渍菜,方竹笋传统盐煮加工方式存在增加食盐摄入量的风险^[23]。

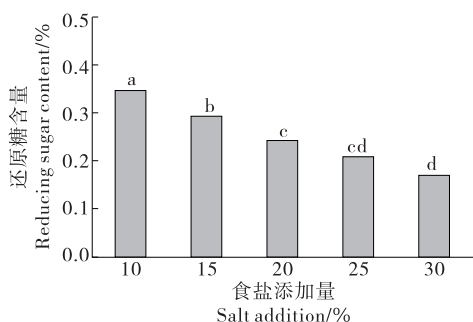
由图8可知,方竹笋盐笋干亚硝酸盐含量随食盐添加量的增加而减小,30%盐量处理的亚硝酸盐含量较



字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图3 不同盐量处理对方竹笋总糖含量的影响

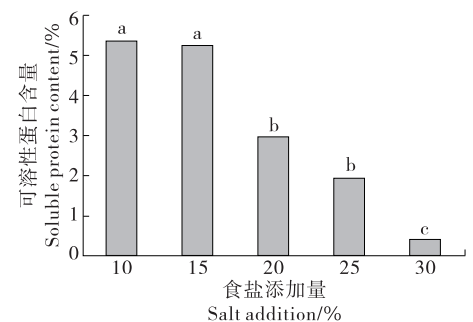
Figure 3 Effects of different salt amounts on total sugar content of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots



字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图4 不同盐量处理对方竹笋还原糖含量的影响

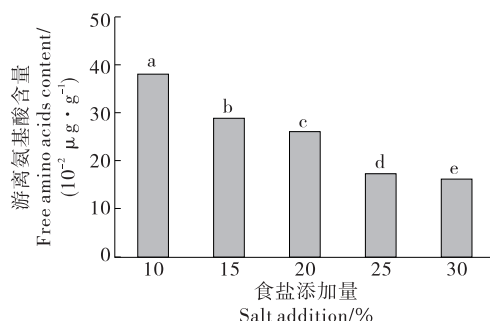
Figure 4 Effects of different salt amounts on reducing sugar content of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots



字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图5 不同盐量处理对方竹笋可溶性蛋白含量的影响

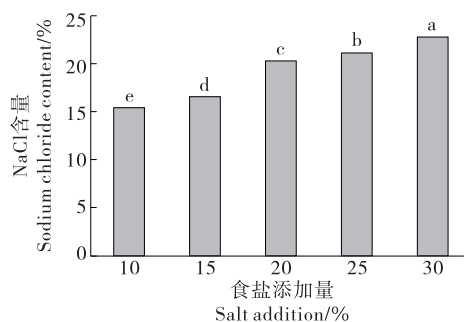
Figure 5 Effects of different salt amounts on soluble protein content of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots



字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图6 不同盐量处理对方竹笋游离氨基酸含量的影响

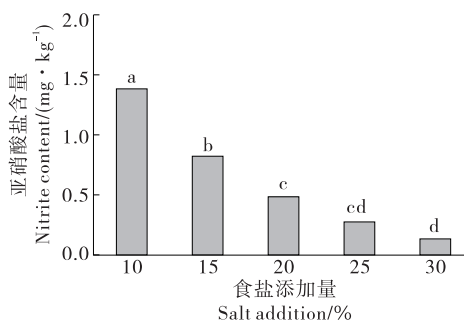
Figure 6 Effects of different salt amounts on free amino acid content of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots



字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图7 不同盐量处理对方竹笋中氯化钠含量的影响

Figure 7 Effects of different salt amounts on sodium chloride content of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots



字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图8 不同盐量处理对方竹笋中亚硝酸盐含量的影响

Figure 8 Effects of different salt amounts on nitrite content of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots

10%的减少了 1.26 mg/kg,与汪莉莎等^[25]研究结果类似,主要是由于高盐度对微生物尤其是硝酸还原菌的抑制作用所导致的。同时,GB 2714—2015 中规定亚硝酸盐含量不得超过 20 mg/kg,NY/T437—2012 中规定亚硝酸盐含量不得超过 4 mg/kg,方竹笋盐笋干中亚硝酸盐含量均<1.39 mg/kg,满足亚硝酸盐限量的要求。

2.6 对盐笋干感官评分的影响

由表 4 可知,不同盐量处理盐笋干的感官评分差异明显,低盐(10%)处理在香味、滋味和外观等方面评分均

高于高盐(25%和 30%)处理的。不同盐量处理方竹笋盐笋干感官评分总分呈先减小后增加的趋势,与陈小雷等^[22]研究结果一致。10%盐量处理盐笋干含盐量较低,香味和滋味均较好,随着食盐添加量的增大,20%盐量处理的部分营养成分分解,口感变差,评分降低。当食盐添加量为 25%,30%时,可能因为盐笋干含盐量的提高伴随着一些其他风味物质的产生,所以感官评价总分略有升高。综上,不同盐量处理感官评分总分均处于 72~86 分,处于二级分类水平。

表 4 不同盐量处理对方竹笋感官品质的影响[†]

Table 4 Effects of different salt amounts on sensory quality of *Chimonobambusa quadrangularis* shoots

盐量/%	色泽	香味	滋味	外观	总分
10	34.80±2.66 ^a	14.50±2.17 ^b	16.10±3.07 ^a	15.70±3.09 ^a	81.10±7.43 ^a
15	30.20±2.78 ^b	18.30±2.83 ^a	13.80±1.93 ^{ab}	13.30±1.49 ^b	75.60±6.82 ^{ab}
20	27.70±1.89 ^c	14.90±2.60 ^b	15.10±2.60 ^{ab}	14.60±2.22 ^{ab}	72.30±7.63 ^b
25	32.30±1.64 ^b	13.90±2.60 ^b	13.30±2.50 ^b	14.90±2.60 ^{ab}	74.40±8.09 ^{ab}
30	34.80±2.66 ^a	14.10±2.60 ^b	14.70±3.06 ^{ab}	14.10±2.33 ^{ab}	77.70±10.30 ^{ab}

[†] 字母不同表示差异显著(P<0.05)。

3 结论

不同于传统的腌制和盐渍,方竹笋的盐煮干制过程除了食盐添加所引起的渗透势差异外,还叠加了高温蒸煮的作用,表现为对方竹笋感官和营养品质的影响具有其特殊性。一方面,低盐处理的优势体现在盐笋干复水比、总糖含量、还原糖含量、可溶性蛋白含量、游离氨基酸含量、感官评分高于高盐处理,含盐量低于高盐处理;另一方面,高盐处理的优势体现在含水率下降速率大于低盐处理,干制速率较快,盐笋干亮度值也相对较低盐处理的高,以及亚硝酸盐含量相对较低。综上,低盐处理盐笋干复水性能和感官性状较好,营养成分含量较高且含盐量较低,低盐(10%~15%)处理是方竹笋盐煮干制加工中较为适宜的食盐添加量水平。然而,低盐量处理将直接影响干制速率,增加成本,且不利于产品的贮藏,后续可结合加工品质和贮藏品质进一步探讨盐量对盐笋干品质的影响。

参考文献

[1] 张喜,张佐玉,王先华.林地覆盖糠壳对金佛山方竹笋量的影响[J].竹子研究汇刊,1997,16(3):50-53.
[2] 李睿,吴良如,周昌平.方竹笋矿质元素营养成分的研究[J].竹子研究汇刊,2007,26(4):37-39.
[3] 吴鹏,丁访军,殷建强,等.施肥对金佛山方竹竹笋的影响[J].竹子研究汇刊,2010,29(4):31-35.
[4] 汪莉莎,谭雁文,陈光静,等.不同腌制条件下大叶麻竹笋质构特性及色泽变化规律的研究[J].食品工业科技,2013,34(18):88-92.

[5] 郑炯,夏季,陈光静,等.腌制加工对麻竹笋氨基酸含量的影响[J].食品工业科技,2014,35(3):339-342.
[6] GUI Fen-qi, WU Ji-hong, CHEN Fang, et al. Change of polyphenol oxidase activity, color, and browning degree during storage of cloudy apple juice treated by supercritical carbon dioxide[J]. European Food Research and Technology, 2006, 223(3): 427-432.
[7] MASKAN M. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 48(2): 177-182.
[8] 张伟光,林永生,林雯,等.绿竹笋干制工艺的研究[J].福建农业学报,2005,20(2):56-59.
[9] 邢云霞,马敏杰,巴吐尔·阿不力克木.食盐添加量对草鱼腌制效果的影响[J].肉类研究,2018,32(10):26-31.
[10] 龙门,张文豪,郑素玲,等.基于低场核磁共振技术的咸鸭蛋腌制过程水分及质构特性变化[J].食品与机械,2019,35(2):21-26,106.
[11] 陈光静,汪莉莎,郑炯,等.食盐质量浓度对大叶麻竹笋腌制过程中品质特性的影响[J].食品科学,2013,34(15):55-59.
[12] 陈胜军,杨贤庆,李来好,等.不同盐度腌制对蓝圆鲈相关理化特性的影响[J].现代食品科技,2015,31(12):291-295,317.
[13] GUNAWAN M I, BARRINGER S A. Green color degradation of blanched broccoli (*Brassica oleracea*) due to acid and microbial growth[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2000, 24(3): 253-263.

(下转第 216 页)

- uric acid excretion in the kidney[J]. *Phytomedicine*, 2019, 62: 152975.
- [40] ZHU Li-ran, DONG Yi-fan, NA Sha, et al. Saponins extracted from *Dioscorea collettii* rhizomes regulate the expression of urate transporters in chronic hyperuricemia rats[J]. *Bio-medicine & Pharmacotherapy*, 2017, 93: 88-94.
- [41] METHATHAM T, BOONCHUEN P, JAREE P, et al. Antiviral action of the antimicrobial peptide ALFPm3 from *Penaeus monodon* against white spot syndrome virus[J]. *Developmental & Comparative Immunology*, 2017, 69: 23-32.
- [42] LEE H, VILIAN A E, KIM J Y, et al. Design and development of caffeic acid conjugated with *Bombyx mori* derived peptide biomaterials for anti-aging skin care applications[J]. *RSC Advances*, 2017, 7(48): 30 205-30 213.
- [43] AMEER K, SHAHBAZ H M, KWON J H. Green extraction methods for polyphenols from plant matrices and their byproducts: A review[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety*, 2017, 16(2): 295-315.
- [44] 刘洋. 海洋鱼抗痛风肽的制备及其作用机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014: 43-50.
- [45] HE Wei-wei, SU Guo-wan, SUN Dong-xiao, et al. In vivo anti-hyperuricemic and xanthine oxidase inhibitory properties of tuna protein hydrolysates and its isolated fractions[J]. *Food Chemistry*, 2019, 272: 453-461.
- [46] LI Qing-yong, KANG Xiao-yan, SHI Chuan-chao, et al. Moderation of hyperuricemia in rats via consuming walnut protein hydrolysate diet and identification of new antihyperuricemic peptides[J]. *Food & Function*, 2018, 9(1): 107-116.
- [47] LI Qing-yong, SHI Chuan-chao, WANG Min, et al. Tryptophan residue enhances in vitro walnut protein-derived peptides exerting xanthine oxidase inhibition and antioxidant activities[J]. *Journal of Functional Foods*, 2019, 53: 276-285.
- [48] NONGONIERMA A B, MOONEY C, SHIELDS D C, et al. Inhibition of dipeptidyl peptidase IV and xanthine oxidase by amino acids and dipeptides[J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(1): 644-653.
- [49] WAN Hai-tao, HAN Jiao-jiao, TANG Sha-sha, et al. Comparisons of protective effects between two sea cucumber hydrolysates against diet induced hyperuricemia and renal inflammation in mice[J]. *Food & Function*, 2020, 11(1): 1 074-1 086.
- [50] CHEN Rong-jane, CHEN Mei-huei, CHEN Yen-lin, et al. Evaluating the urate-lowering effects of different microbial fermented extracts in hyperuricemic models accompanied with a safety study[J]. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2017, 25(3): 597-606.
- [51] 陈晓真, 陈彦霖, 许薰尹, 等. 新颖的鼠李糖乳杆菌菌株及其用于抑制黄嘌呤氧化酶及治疗痛风的代谢产物: 中国, 201510519096.7[P]. 2016-04-20.
- [52] LI Ming, YANG Dian-bin, MEI Lu, et al. Screening and characterization of purine nucleoside degrading lactic acid bacteria isolated from Chinese sauerkraut and evaluation of the serum uric acid lowering effect in hyperuricemic rats[J]. *Plos One*, 2014, 9(9): e105577.
- [53] BAI Yun-huan, JIANG Ya-fen, JIANG Yun-sheng. *Lactobacillus bulgaricus* mutants decompose uremic toxins[J]. *Ren Fail*, 2014, 36: 790-794.

(上接第 188 页)

- [14] GARCIA-VIGURRA C, BRIDLE P. Influence of structure on colour stability of anthocyanins and flavylum salts with ascorbic acid[J]. *Food Chemistry*, 1999, 64(1): 21-26.
- [15] 黄群, 王希希, 宋洪波, 等. 食盐添加量对海藻粉鸡肉糜品质的影响[J]. *食品与机械*, 2019, 35(5): 185-190.
- [16] ZHANG Fu-sheng, ZHAO Jun, CHEN Fang, et al. Effects of high hydrostatic pressure processing on quality of yellow peaches in pouch[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(6): 337-343.
- [17] ZHOU Lin-yan, WANG Yuan-yuan, HU Xiao-song, et al. Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2009, 10(3): 321-327.
- [18] PRATIBHA S, KALPANA K, SUDHIR K. Effect of storage on β -carotene content and microbial quality of dehydrated carrot products[J]. *Food Bioscience*, 2013(2): 39-45.
- [19] 王海鸥, 扶庆权, 陈守江, 等. 预处理方式对真空冷冻干燥苹果片品质的影响[J]. *食品与机械*, 2018, 34(11): 126-130.
- [20] 马先英, 赵世明, 林艾光. 不同干燥方法对胡萝卜复水性及品质的影响[J]. *大连水产学院学报*, 2006, 21(2): 68-71.
- [21] 周美琪, 周其德, 田赛莺, 等. 低盐腌制对缙云梅干菜加工品质的影响[J]. *核农学报*, 2018, 32(8): 1 562-1 571.
- [22] 陈小雷, 胡王, 凌俊, 等. 风干鲮鱼腌制过程适宜加盐量的研究[J]. *食品科技*, 2014, 39(8): 127-131.
- [23] 刘大群, 陈文烜, 华颖. 低盐条件下 CO₂置换对汉逊德巴利酵母生长及渍菜品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(12): 307-312.
- [24] 王聘, 郜海燕, 毛金林, 等. 低盐化在腌渍菜中的研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2011, 11(4): 38-42.
- [25] 汪莉莎, 陈光静, 郑炯, 等. 大叶麻竹笋腌制过程中品质变化规律[J]. *食品与发酵工业*, 2013, 39(10): 73-77.