

灭酶菠菜汁对甘薯粉条品质的影响^①

陈 兵, 田俊青, 刘 雄

西南大学 食品科学学院, 重庆 400715

摘要: 菠菜灭酶后榨汁, 使用菠菜汁和甘薯淀粉制作出菠菜粉条, 以膨润度、煮沸损失率、断条率、色泽、感官评价等为质量评价指标, 考察菠菜甘薯粉条的品质。结果显示: 90 ℃ 漂烫 80 s 后的菠菜其酶活低; 与对照组相比, 随着菠菜添加量增加, 菠菜粉条的膨润度、弹性和粘结性降低, 煮沸损失和断条率增加; 剪切强度和剪切形变随着菠菜汁添加先增大后减小; L^* , a^* 随着菠菜汁的添加而降低, b^* , c^* 随着菠菜汁的添加而升高。综合考虑, 添加 25% 的菠菜汁制作的菠菜粉条品质好。

关 键 词: 菠菜汁; 甘薯淀粉; 粉条品质

中图分类号: TS201.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)12-0024-08

菠菜(*Spinacia oleracea* L.)在我国许多地区均有种植, 是人们日常生活中的美味佳肴, 菠菜含有较多的蛋白质、多种维生素、膳食纤维和铁、钙、镁等多种矿物质^[1], 同时菠菜中含有叶绿素、叶黄素、胡萝卜素等多种天然色素。

甘薯(*Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill)又称红薯、地瓜、红苕和山芋等, 我国甘薯年产量约 1.17 亿 t, 占世界总产量 90% 以上^[2], 甘薯含有丰富的淀粉, 是生产淀粉的主要原料。用甘薯淀粉制作粉条在中国已经有 400 多年的历史, 甘薯粉条(丝)作为我国的一种传统食品, 柔润嫩滑, 爽口宜人, 深受人们喜爱。粉丝主要含淀粉, 其他营养成分质量分数比较低, 粉条中加入菠菜汁即能提高粉条的营养价值, 又可以改变粉条颜色, 丰富粉条色泽。

本文以甘薯淀粉为原料, 讨论不同的菠菜汁添加量对粉条蒸煮性质、质构性质、感官评价和色泽的影响, 客观反映不同菠菜汁添加量对粉条品质的影响, 从而确定菠菜汁在粉条中的最佳添加量, 为菠菜粉条的研制提供指导意见。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料和试剂

甘薯淀粉: 山东圣琪生物有限公司; 云南菠菜: 重庆永辉超市购买; 邻苯二酚: 分析纯, 上海冀轧实业有限公司; 磷酸二氢钾: 分析纯, 天津市鼎盛鑫化工有限公司。

1.2 主要仪器与设备

色差仪: UltraScan, HunterLab; 超声波清洗器: KQ-100, 昆山市超声仪器有限公司; 分析天平:

① 收稿日期: 2016-07-31

基金项目: 重庆市科委民生专项一般项目(cstc2015shmszx0367); 重庆市社会事业与民生保障科技创新专项(cstc2015shms-ztxx01113; cstc2015shms-ztxx80013)。

作者简介: 陈 兵(1987-), 男, 湖北荆门人, 硕士研究生, 主要从事食品化学与营养的研究。

通信作者: 刘 雄, 教授, 博士研究生导师。

IA2003A, 上海精天科技股份有限公司; 电子天平: BS223S, 北京赛多利斯仪器系统有限公司; 超纯水机: Elix10, 美国密理博公司; 料理机: JYL-350, 山东九阳小家电有限公司; 电热恒温鼓风干燥箱: DHG-9240A, 上海一恒科学仪器有限公司; 质构仪, TA-XT2i, 英国 Stable Micro Systems; 数显恒温水浴锅: HH-6 型, 金坛市富华仪器有限公司; 台式离心机: TDL80-2B, 上海安亭科学仪器厂; 高压均质机: FJ-200, 杭州齐威仪器有限公司; (0-200/0.02) mm 游标卡尺: 上海量具刀具厂; YJC-100 多功能杂粮面条机: 邢台佳创机械; JMS-50 胶体磨: 通益机械有限公司.

1.3 试验方法

1.3.1 菠菜汁的制作

菠菜漂烫后, 流水冲洗冷却沥干水分, 按漂烫后菠菜与水 1:1 的质量比混合榨汁, 3 层纱布过滤并挤压出汁液, 并过胶体磨, 放 4 °C 冰箱保藏备用.

1.3.2 菠菜粉条的制作工艺

淀粉→菠菜汁→制芡→调粉团→漏粉→煮熟→冷却→冷冻→解冻

将制备好的菠菜汁按淀粉总量的 15%, 20%, 25%, 30%, 35% 比例加入, 再加入水按比例配好淀粉浆, 挤压制成粉丝.

1.3.3 粉条蒸煮性质试验

1.3.3.1 粉丝断条率的测定^[3]:

取 20 根长度为 10 cm 的无机械损伤的粉丝, 在 500 mL 蒸馏水中煮沸 15 min, 滤去水分, 计其总条数为 X , 计算断条率 R . 以上操作重复 5 次, 取平均值.

$$R = \frac{(X - 20)}{20} \times 100$$

式中: R 为粉条断条率, %; X 为粉条总条数, 根.

1.3.3.2 粉条蒸煮特性^[4-5]

将长 3 cm 左右的粉条 3.00 g 于常压下以 105 °C 烘 4 h, 测定干物质质量 m_1 , 然后在 100 mL 沸腾的蒸馏水中加热 15 min, 并轻轻搅拌之后捞取粉丝迅速冷却, 用滤纸吸去粉条表面附着的水分, 测定含水物质量 m_2 , 再以 105 °C 烘 4 h, 测定干物质质量 m_3 . 以上操作重复 3 次, 取平均值, 膨润度、煮沸损失用以下公式表示:

$$W_1 = \frac{m_2}{m_3} \times 100$$

$$W_2 = \frac{(m_1 - m_3)}{m_1} \times 100$$

式中: m_1 为未煮沸前粉条干物质质量, g; m_2 为煮沸后粉条含水质量, g; m_3 为煮沸后粉条干物质质量, g; W_1 为煮沸后粉条膨润度, %; W_2 为煮沸后粉条蒸煮损失, %.

1.3.4 粉条物性的测定

选取无裂纹、无弯曲、粗细均匀的粉条样品 10 根, 每根长 10 cm, 在 200 mL 沸腾的蒸馏水中煮 10 min, 捞出放入冷的蒸馏水中待测定. 测定时先用滤纸吸去粉条表面水分, 并用游标卡尺在粉条的 3 个不同部位量取直径, 取平均值, 记录 d . 在 TA.XT2i 物性测定仪上用 A/LKB-F 探头按以下条件进行测量: 感应力为 20 g, 测试形变为 100%, 测试前速度为 2.0 mm/s, 测试速度为 0.8 mm/s, 测试后速度为 2.0 mm/s. 每次测量 1 根, 重复测试 10 次, 取平均值. 由仪器可获得最大剪切力、剪切形变、弹性系数以及粘结性. 剪切强度和剪切形变分别用以下公式计算:

$$\sigma_c = \frac{F}{S}$$

式中: F 为最大剪切力, 即剪切粉条全部断裂(即测试形变 100%)所达到的力, g; σ_c 为剪切强度, g/mm²;

S 为每根粉条的横截面积, mm².

$$P=\frac{D}{d}$$

式中: D 为最大剪切力所在的粉条厚度, mm; d 为每根粉条的直径, mm. P 为剪切形变.

1.3.5 粉条感官测试

邀请接受过感官评定培训的食品专业人士 8 人组成评定小组, 选择不同菠菜汁添加量的粉条对试验品尝小组人员进行先期培训 5 次, 熟悉粉条感官评价项目及过程. 培训后的感官评定员根据表 1 的感官评定标准对不同品种的粉丝进行感官评定, 开始评定时, 先用纯净水嗽口, 然后评定经烹煮后冷却的菠菜粉条, 评价标准如表 1.

表 1 感官评分表^[6]

项 目	满 分	评 价 标 准
色泽	20	指粉条的颜色和亮度. 粉条呈绿色, 颜色鲜艳, 有光泽, 15~20 分; 粉条呈绿色, 亮度、光泽一般 10~14 分; 粉条色泽暗淡或根本看不出绿色, 色泽灰暗, 1~9 分.
粘性	20	指在咀嚼过程中, 粉条粘牙强度. 咀嚼时爽滑, 不粘牙, 15~20 分; 较爽滑, 稍粘牙, 10~14 分; 不爽口, 发粘, 1~9 分.
弹性	20	粉条在咀嚼时咬劲和弹性的大小. 有咬劲, 富有弹性, 15~20 分; 一般, 10~14 分; 咬劲差, 弹性不足, 1~9 分.
硬度	20	用牙咬断 1 根粉条所需力的大小. 力适中, 15~20 分; 稍偏硬或软, 10~14 分; 太硬或太软, 1~9 分.
表观状态	20	指粉条的光滑和膨润度. 表面结构细密, 光滑, 15~20 分; 中间, 10~16 分; 表面粗糙, 膨胀, 严重变形, 1~9 分.

1.3.6 色差值的测定

参考 WANG 等^[7]的方法. 按照 1.3.2 的配方制成厚薄均匀粉片, 低温老化 24 h 后取 4 个区域, 在每个区域内随机取点测量色泽值. 色泽的测定采用 UltraScan 色差仪, 选择镜面反射测定每个样品的 L^* , a^* , b^* 值. 每个检测点重复读数 3 次, 以 4 个检测点的平均值表示 1 个样品的色泽值; 作 3 个平行样. 漂烫前菠菜色泽为 $L^*(0)$, $a^*(0)$, $b^*(0)$, 漂烫后的色泽为 $L^*(1)$, $a^*(1)$, $b^*(1)$, 结果用以下公式计算:

$$\Delta L^*=L^*(1)-L^*(0)$$

$$\Delta a^*=a^*(1)-a^*(0)$$

$$\Delta b^*=b^*(1)-b^*(0)$$

$$\Delta E^*=\sqrt{(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2+(\Delta L^*)^2}$$

式中: L^* 坐标的范围从 0(黑)到 100(白), a^* 坐标表示的是红色到绿色, b^* 坐标表示的是黄色到蓝色.

1.3.7 PPO 酶的提取和测定^[8-10]

取 20 g 菠菜样品, 加入适量 0.2 mol/L 的 pH 值为 6.5 的磷酸盐缓冲液, 快速冰浴匀浆, 将匀浆液全部转入离心管, 在 12 000 r/min 下离心 20 min, 上清液转入 25 mL 容量瓶, 用 0.2 mol/L pH 值为 6.5 磷酸盐缓冲液定容, 4 ℃保存至 PPO 活性测定.

向比色皿中依次加入 0.2 mol/L 的邻苯二酚 1.0 mL, 1.8 mL 磷酸缓冲液(pH 值为 6.8)和 0.2 mL 酶液, 以不加酶液的上述混合液为空白, 420 nm 波长处每隔 30 s 记录 1 次吸光度, 计时 3 min. 以初始直线段的斜率($\Delta OD/t$)计算酶活力, 1 个相对酶活力单位定义为在测定条件下, 每分钟引起吸光度改变 0.001 所需的酶量.

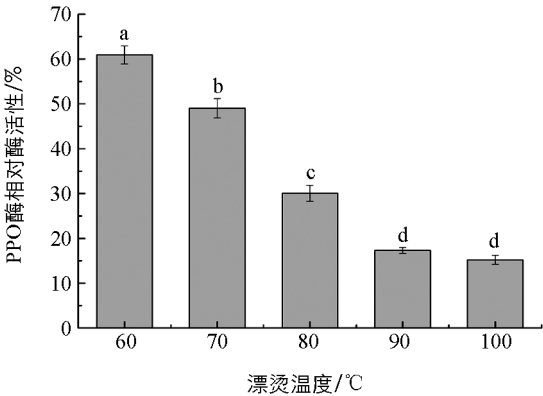
1.4 数据处理

利用 Excel 2007 软件处理试验数据, 用 SPSS 17.0 软件对数据进行分析, 用 Origin7.5 作图.

2 结果与分析

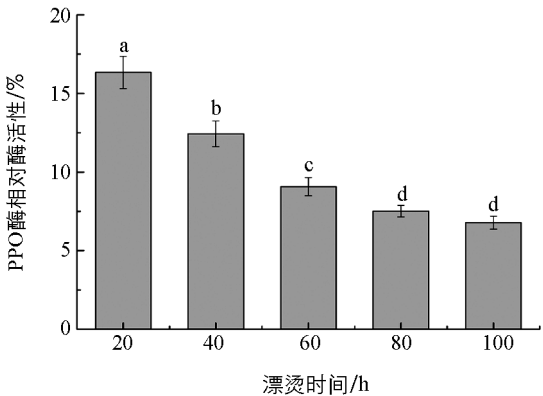
2.1 不同漂烫温度和漂烫时间对酶活性的影响

PPO(Polyphenylene Oxide)广泛存在于各种植物体内,将其组织中的酚类物质通过生化反应在一定的条件下(氧气、温度)转变成褐色的醌及其聚合物^[11],不仅影响果蔬的外观,而且风味和营养成分也随之下降.常见的酶钝化处理方式有热水烫漂、蒸汽烫漂、微波烫漂等^[12],其中热水漂烫是最简单易行的方法.本试验用不同温度的热水对菠菜漂烫不同时间,由图 1 可知随着漂烫温度的升高,PPO 酶活性在 80~90℃呈显著下降趋势($p<0.05$),温度 90~100℃后 PPO 活性降低无统计学意义($p>0.05$).图 2 是在 90℃温度下漂烫不同时间,PPO 酶相对活性的变化.由图 2 可知,漂烫时间在 20~80 s 时,PPO 酶活性呈显著下降趋势($p<0.05$),漂烫时间在 80~100 s 时,延长漂烫时间,PPO 酶活性降低无统计学意义,要保证漂烫时间短,且在尽量低的温度下漂烫菠菜,由于 90℃及 80 s 后 PPO 酶活差异无统计学意义,故可以选择在 90℃下漂烫时间 80 s 灭 PPO 酶活.



用 LSD 法进行多重比较,小写字母不同表示组间差异有统计学意义 ($p<0.05$);小写字母相同表示组间差异无统计学意义($p>0.05$).

图 1 不同漂烫温度对 PPO 酶活性影响



用 LSD 法进行多重比较,小写字母不同表示组间差异有统计学意义 ($p<0.05$);小写字母相同表示组间差异无统计学意义($p>0.05$).

图 2 不同漂烫时间对 PPO 酶活性影响

2.2 漂烫对色泽的影响

表 2 是菠菜在不同漂烫温度下漂烫 60 s 的色泽变化,由表 2 可以看出,随着漂烫温度升高和漂烫时间的延长,菠菜的 Δa^* 显著变小($p<0.05$),说明漂烫使菠菜绿色在增加;褐变 ΔE^* 值有增大趋势,漂烫使菠菜颜色发生变化;黄度 Δb^* 显著增加($p<0.05$),漂烫使菠菜黄度增加; ΔL^* 值显著减小($p<0.05$),菠菜亮度减小颜色变暗; ΔE^* 值在不同漂烫温度下对比差异有统计学意义,这是由于在热处理中,菠菜组织中的空气被排出,使组织更加透明、色彩更加鲜艳,完整的叶绿体组织受热处理破坏,释放出叶绿素 a (蓝绿色)和叶绿素 b(黄绿色),这两种叶绿素的释放使菠菜热处理后颜色发生变化^[13-14].

表 2 不同漂烫温度对菠菜色泽的影响

漂烫温度/℃	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
60	$-2.25 \pm 0.45a$	$-0.83 \pm 0.06a$	$0.66 \pm 0.05c$	$2.48 \pm 0.60d$
70	$-3.15 \pm 0.31b$	$-2.02 \pm 0.11b$	$0.31 \pm 0.04d$	$3.76 \pm 0.32c$
80	$-3.22 \pm 0.12b$	$-3.37 \pm 0.35d$	$1.22 \pm 0.08ab$	$4.82 \pm 0.31b$
90	$-4.03 \pm 0.44c$	$-3.50 \pm 0.26d$	$1.14 \pm 0.03b$	$5.45 \pm 0.49b$
100	$-4.84 \pm 0.22d$	$-4.08 \pm 0.14c$	$1.25 \pm 0.06a$	$6.45 \pm 0.24a$

注:用 LSD 法进行多重比较,小写字母不同表示组间差异有统计学意义($p<0.05$);小写字母相同表示组间差异无统计学意义($p>0.05$).

表 3 是菠菜在 90℃下漂烫不同时间的色泽变化.由表 3 可以看出,随着漂烫时间延长,菠菜的亮度

ΔL * 显著增加 ($p < 0.05$); 绿色值 Δa * 显著降低 ($p < 0.05$), 漂烫时间的延长菠菜绿色增加; 黄度值 Δb * 显著增大 ($p < 0.05$), 说明漂烫使菠菜黄度增加, 漂烫时间延长菠菜颜色变为深绿色, 可能是加热使叶绿素酶和脂肪氧化酶等酶失去活性, 起到了防止氧化变色和酶解脱色反应的进行^[15].

表 3 不同漂烫时间对菠菜色泽的影响

漂烫时间/s	ΔL *	Δa *	Δb *	ΔE *
20	-4.03±0.38d	-3.42±0.25a	1.14±0.06d	5.41±0.30b
40	-3.31±0.21c	-4.07±0.12b	2.13±0.11a	5.66±0.17ab
60	-3.03±0.11ab	-4.31±0.21bc	1.44±0.08c	5.46±0.21ab
80	-2.89±0.08a	-4.89±0.24d	1.53±0.05c	5.88±0.23a
100	-3.07±0.09b	-4.54±0.18c	1.94±0.07b	5.81±0.16ab

注: 用 LSD 法进行多重比较, 小写字母不同表示组间差异有统计学意义 ($p < 0.05$); 小写字母相同表示组间差异无统计学意义 ($p > 0.05$).

2.3 不同菠菜汁添加量对粉条蒸煮性质影响

粉条的复水性可用膨润度和煮沸损失来表示. 膨润度反映的是粉条干燥后复水时吸水膨胀的程度, 它是粉条是否泡开的直接指标, 煮沸损失反映的是粉条干燥后复水时混汤的程度^[16]. 由表 4 可知, 随着菠菜汁加量增多, 粉条的煮沸损失是在不断增加的, 并且添加量在 0~25%, 煮沸损失显著增加 ($p < 0.05$), 添加量在 30%~35%变化无统计学意义, 膨润度随着菠菜汁添加显著变小 ($p < 0.05$), 说明粉条的复水性变差, 有研究^[17]结果显示, 膨润度小, 表明粉条持水能力弱, 食之干涩. 一般粉条膨润度愈大, 其食用品质越佳; 也有研究表明, 膨润度与硬度、筋道感有显著的负相关, 硬度越小, 膨润度越大, 越有筋道感的粉条膨润度也越小^[18]. 可以看出膨润度并非越大越好, 也不是越小越好, 煮沸损失大说明粉丝溶解度大, 易糊汤, 不耐煮, 食之黏滞而不光滑, 菠菜汁的添加量提高, 粉条断条率有增加趋势但差异无统计学意义. 根据 GB/T23587-2009 粉条的规定^[13], 当粉条的断条率 $\leq 10\%$ 为合格, 当菠菜汁添加量为 35%时, 粉条断条率为 12.00% $>10\%$, 为了避免煮沸损失过高、膨润度过低、断条率过高, 应该控制菠菜汁的添加量.

表 4 菠菜汁对粉条烹煮性质影响

菠菜汁添加量/%	煮沸损失/%	膨润度/%	断条率/%
0	7.13±0.15d	363.99±6.47a	1.00±2.24b
15	7.42±0.11c	349.94±6.25b	3.00±2.74ab
20	7.74±0.13b	335.74±4.46c	5.00±3.54ab
25	7.92±0.17ab	324.48±9.68cd	7.00±2.74a
30	8.09±0.11a	315.15±6.07d	7.00±4.47a
35	8.12±0.16a	301.77±7.53e	12.00±2.74a

注: 用 LSD 法进行多重比较, 小写字母不同表示组间差异有统计学意义 ($p < 0.05$); 小写字母相同表示组间差异无统计学意义 ($p > 0.05$).

2.4 不同菠菜汁添加量对粉条质构性质影响

剪切强度和剪切形变反应粉条的硬度, 剪切强度和剪切形变越大, 粉条的硬度就越大^[18], 由表 5 可知, 随菠菜汁的加入, 粉条的剪切强度和剪切形变是先增加后减小, 并且剪切强度和剪切形变变化趋势相同. 在菠菜汁添加量在 0~25%时, 剪切强度和剪切形变显著增加 ($p < 0.05$); 添加量在 25%~30%时, 剪切强度和剪切形变变化无统计学意义 ($p > 0.05$); 添加量在 20%~35%时, 剪切强度和剪切形变显著减小 ($p < 0.05$). 菠菜汁加入在 0~25%时, 能提高粉条剪切强度和剪切形变, 从而提高粉条硬度, 可能的原因是菠菜汁中含有的纤维素阻止了淀粉颗粒的溶胀, 提高了粉条的硬度值, 并且纤维提高了粉团的持水性, 增强了粉团的网络结构; 在添加量为 30%~35%时, 剪切强度和剪切

形变减小, 粉条硬度降低, 可能是由于过多的菠菜汁加入, 纤维素相互作用力增强, 扩大了淀粉分子之间的空间距离, 妨碍淀粉分子微晶束的形成, 降低了粉丝的凝胶强度, 从而导致菠菜粉条的硬度降低, 菠菜汁的加入增大, 粉条的粘结性和弹性有降低趋势; 菠菜汁添加量为 20%~30%时, 粉条粘结性和弹性都显著降低($p<0.05$), 可能的原因是菠菜汁中的纤维增强了直连淀粉间的缔合程度, 减少了直连淀粉的浸出, 从而降低粉条弹性和粘结性^[19].

表 5 菠菜汁对粉条质构性质影响

菠菜汁添加量/%	剪切强度/(g·mm ⁻²)	剪切形变	弹性/mm	粘结性/mJ
0	31.46±1.42d	0.32±0.04c	2.10±0.18b	0.38±0.03a
15	35.45±2.22c	0.39±0.02b	2.50±0.13a	0.40±0.02a
20	38.15±2.82bc	0.43±0.03ab	2.23±0.15ab	0.37±0.02a
25	43.23±1.76a	0.47±0.04a	1.62±0.11c	0.32±0.01b
30	41.88±2.77a	0.44±0.02a	1.2±0.09d	0.31±0.02bc
35	36.43±1.01b	0.37±0.03bc	1.32±0.10d	0.28±0.02c

注: 用 LSD 法进行多重比较, 小写字母不同表示组间差异有统计学意义($p<0.05$); 小写字母相同表示组间差异无统计学意义($p>0.05$).

2.5 不同菠菜汁添加量对粉条色泽影响

菠菜汁中富含叶绿素、类胡萝卜素、黄酮类色素等多种色素物质, 将其加入粉条中, 必然会引起菠菜粉条的色泽变化. 由表 6 可知, 与对照组相比, 添加菠菜汁对粉条色泽有显著的影响, 随着菠菜汁添加, 粉条的亮度 L^* 是在减小的, 菠菜汁添加量在 0~25%时, L^* 显著降低($p<0.05$), 在 25%~35%时, L^* 变化无统计学意义($p>0.05$); 绿色 a^* 随着菠菜汁加入显著减小($p<0.05$), 粉条绿色增加; 与对照组相比, 添加菠菜汁的 b^* 是减小的, 菠菜汁添加量在 0~30%时, b^* 显著增加($p<0.05$), 粉条黄度有增加的趋势. 菠菜汁添加量在 0~35%时, c^* 显著增大($p<0.05$), 除添加量 35%的 c^* 值大于对照组外, 其他添加量都比对照组小, 并且随着菠菜汁的添加量增加, c^* 值是在增大的. 表色系统中 a^* 、 b^* 绝对值越大(即 c^* 值越大), 色彩越饱和、越纯正^[20], 菠菜粉条需要调整 a^* 、 b^* 的值, 使菠菜粉条色泽变的更加纯正.

表 6 菠菜汁对粉条色泽影响

菠菜添加量	色 泽			
	L^*	a^*	b^*	c^*
0	43.38±3.14a	1.68±0.11a	11.62±0.79a	13.3±0.35b
15	35.53±2.12b	-0.39±0.02b	3.55±0.04e	3.94±0.12e
20	30.86±1.01c	-1.80±0.13c	5.45±0.32d	7.25±0.41d
25	26.43±2.41d	-3.41±0.21d	6.26±0.32c	9.67±0.32c
30	25.80±0.95d	-3.89±0.19e	8.87±0.45b	12.76±0.52b
35	24.35±1.42d	-4.35±0.23f	10.56±0.59a	14.91±0.22a

注: 同列小写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.05$); $c^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$.

2.6 不同菠菜汁添加量对粉条感官品质的影响

感官指标是食品质量标准的重要组成部分, 本试验依据粉丝品质结果, 采用综合评分方法对粉丝品质做出相应评价. 由表 7 可知, 与对照组相比, 菠菜汁加入从色泽、弹性、粘性、硬度 4 个方面提高了粉条的感官品质, 但降低外观状态, 总体上粉条感官综合得分是提高的, 对改善粉条感官有利, 并且随着菠菜汁加入, 感官综合得分呈现先增加后减少的趋势, 菠菜汁添加量在 0~25%时, 菠菜粉条感官综合得分升高, 添加量在 30%~35%时, 感官综合得分降低, 菠菜汁添加量在 25%时, 粉条感官综合得分最高, 因此菠菜汁添加量为 25%较适宜.

表 7 菠菜汁对粉条感官的影响

项 目	菠菜汁添加量/%					
	0	15	20	25	30	35
色泽	5.00	11.50	14.00	16.25	16.25	17.25
粘性	10.00	11.75	14.00	18.00	16.50	14.75
弹性	17.00	14.50	15.75	17.50	16.00	13.00
硬度	11.50	13.75	15.25	16.25	17.50	13.50
表观状态	17.50	11.50	14.75	16.00	15.50	11.50
综合得分	61.00	63.00	73.75	84.25	81.75	70.00

3 结 论

通过试验发现漂烫对菠菜色泽和酶活有很大影响,漂烫温度高于 90 ℃或漂烫时间 80 s 以上,对 PPO 酶活性降低无统计学意义($p<0.05$);漂烫温度和漂烫时间都能显著改变菠菜的色泽,综合色泽和酶活变化,菠菜漂烫条件选择温度在 90 ℃热水中漂烫 80 s.

菠菜汁添加对粉条品质影响:一方面,添加菠菜汁粉条 Δa^* 显著变小($p<0.05$), c^* 显著增大($p<0.05$);菠菜汁添加量在 0~25 % 时,剪切强度、剪切形变和感官指标增大,添加量在 30~35 % 时,剪切强度、剪切形变和感官指标减小,说明一定范围内添加能提高粉条硬度,改善粉条色泽和感官品质;另一方面,粉条中添加菠菜汁,粉条断条率有增加趋势,粉条煮沸损失显著增加($p<0.05$),粉条膨润度显著降低($p<0.05$),菠菜粉条复水率、膨润度、弹性降低,复水性变差,易断条,降低了粉条品质;综合考虑,菠菜在 90 ℃下漂烫 80 s 制作成的菠菜汁,添加 25 % 到粉团中制成的菠菜粉条有很好的可接受性,口感佳,色泽墨绿.

参考文献:

[1] 崔彦玲. 菠菜的营养价值与食用方法 [J]. 中国食物与营养, 2003, 9(2): 57.

[2] ZHU F, YANG X S, CAI Y Z, et al. Physicochemical Properties of Sweet Potato Starch [J]. Starch-Starke, 2011, 63(5): 249—259.

[3] 国家农副加工产品及白酒质量监督检验中心. 粉条 GB/T 23587-2009 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[4] 金茂国, 吴嘉根. 粉丝生产用淀粉性质及其与粉丝品质关系的研究 [J]. 无锡轻工大学学报(食品与生物技术), 1995, 14(4): 307—312.

[5] 谭洪卓, 陈素芹, 谷文英. 粉丝品质评价标准的补充建议 [J]. 粮油加工, 2006(3): 78—81, 84.

[6] 刘婷婷, 宋春春, 王大为. 无矾马铃薯粉条的研究 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(21): 262—265, 277.

[7] WANG Man-jun, CHEN Cong-gui, SUN Gao-jun, et al. Effects of Curdlan on the Color, Syneresis, Cooking Qualities, and Textural Properties of Potato Starch Noodles [J]. Starch-Starke, 2010, 62(8): 429—434.

[8] PEDRO W E, MORRIS W M. Strawberry Polyphenol Oxidase: Extraction and Partial Characterization [J]. Journal of Food Science, 1990, 55(5): 1320—1324.

[9] CANO M P, ANCOS B D, LOBO G. Peroxidase and Polyphenol Oxidase Activities in Papaya During Postharvest Ripening and After Freezing/Thawing [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(4): 815—817.

[10] COSETENG M Y, LEE C Y. Changes in Apple Polyphenoloxidase and Polyphenol Concentrations in Relation to Degree of Browning [J]. Journal of Food Science, 1987, 52(4): 985—989.

[11] CHENG X F, ZHANG M, ADHIKARI B. The Inactivation Kinetics of Polyphenol Oxidase in Mushroom (*Agaricus bisporus*) During Thermal and Thermosonic treatments [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2013, 20(2): 674—679.

[12] 涂行浩, 郑 华, 张 弘, 等. 高温短时蒸汽处理对玛咖黑芥子酶活性及品质的影响 [J]. 中国农业科学, 2012, 45(21): 4447—4456.

[13] 吴远远, 孟 哲, 刘红云, 等. 蔬菜漂烫过程对营养性成分保持的影响 [J]. 理化检验—化学分册, 2008, 44(4):

366—368.

- [14] 高海生. 蔬菜加工中营养素损失及产品变色问题分析 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(1): 110—113.
- [15] 魏宝峰, 赵世匡, 黄 捷. 叶绿素的化学变化机理及其绿色保护途径 [J]. 大连轻工业学院学报, 1994, 13(3): 49—54.
- [16] GARTI N, SLAVIN Y, ASERIN A. Portulaca Oleracea Gum and Casein Interactions and Emulsions Stability [J]. Food Hydrocolloids, 1999, 13(2): 127—138.
- [17] CHARUTIGON C, JITPUPAKDREE J, NAMSREE P, et al. Effects of Processing Conditions and the Use of Modified Starch and Monoglyceride on Some Properties of Extruded Rice Vermicelli [J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(4): 642—651.
- [18] 谭洪卓, 陈素芹, 谷文英. 粉丝品质评价标准的补充建议 [J]. 粮油加工与食品机械, 2006(3): 78—81, 84.
- [19] 蒋雅茜. 米糠膳食纤维对大米淀粉理化特性的影响 [D]. 株州: 中南林业科技大学, 2014.
- [20] 李云飞, 殷涌光, 徐树来, 等. 食物物性学 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.

Effect of Enzyme Inactivation Spinach Juice on Quality of Sweet Potato Starch Noodle

CHEN Bing, TIAN Jun-qing, LIU Xiong

School of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Spinach was squeezed after enzyme inactivation, and the resulting spinach juice was added in sweet potato starch noodle production. Then, swelling degree, cooking loss, breaking rate, color, and sensory evaluation indicators were used to investigate the effects of spinach juice on the quality of the sweet potato starch noodle. The results showed that the spinach blanched in 90℃ water for 80s had a low enzyme activity. The swelling degree, the springiness and the cohesiveness of the spinach-added noodle were reduced significantly, compared with those of the noodle free of spinach juice, and its cooking loss and breaking rate increased significantly due to the addition of spinach juice. However, the change trend of the shear strength and the shear deformation revealed an initial increase and a final decrease. L^* and a^* values of the spinach noodle showed a gradual reduction, and its b^* and c^* value exhibited a gradual increase. With the above indexes considered, the spinach noodle with 25% spinach juice had good acceptability.

Key words: spinach juice; sweet potato starch; noodle quality

责任编辑 周仁惠

