

不同品种甘薯生湿面条品质特性及加工适宜性分析

范会平^{1,2}, 许梦言¹, 马静一³, 王雪竹^{4*}, 艾志录^{1,2*}

1(河南农业大学 食品科学技术学院, 河南 郑州, 450002) 2(农业部大宗粮食加工重点实验室, 河南 郑州, 450002)
3(河南农业大学 信息与管理科学学院, 河南 郑州, 450002) 4(河南省食品药品审评查验中心, 河南 郑州, 450004)

摘要 为了研究不同甘薯品种加工甘薯生湿面的适宜性, 以 38 个甘薯为原料制作生湿面, 分别测定甘薯的质构(texture profile analysis, TPA)、水分、灰分、淀粉、还原糖和总糖等加工指标以及甘薯生湿面的质构(TPA)和蒸煮损失率等品质指标, 采用相关性分析、主成分分析和回归分析方法建立甘薯生湿面综合评价指标与甘薯原料加工指标之间的回归模型, 然后通过 K-means 聚类法对 38 个甘薯品种的生湿面综合评价指标进行初步聚类。结果表明, 适宜加工甘薯生湿面的品种有 17 个, 基本适宜加工甘薯生湿面的有 12 个, 不适宜加工成甘薯生湿面的品种有 9 个, 评价结果与实际应用相符合。该研究可为甘薯生湿面加工专用品种的筛选提供一定的理论依据。

关键词 甘薯; 生湿面; 相关性分析; 加工适宜性

甘薯是世界上重要的粮食、饲料和工业原料作物, 普遍种植于世界上热带和亚热带地区的 100 多个国家, 且甘薯营养丰富、养分均衡, 营养价值不低于米、面^[1]。甘薯被誉为世界第七大重要作物, 在发展中国家, 被誉为第三位最具有价值产品和第五位热量的主要来源物质^[2]。在中国甘薯产量仅次于水稻、小麦和玉米, 位居第四, 所以甘薯是我国主要的粮食作物之一^[3]。

刘鲁林等^[4]从食品加工角度对 35 个甘薯品种的淀粉、还原糖、粗蛋白等营养成分和相关性进行了分析和探讨, 为不同品种甘薯在食品加工领域的应用提供了数据参考。余树玺等^[5]研究结果表明, 不同品种间甘薯淀粉由于化学成分的不同而使其物化特性和粉条品质都发生不同程度的变化, 甘薯淀粉的成分和物化性质与其粉条品质之间存在相关性。谭洪卓等^[6]研究表明淀粉理化性质对粉丝品质影响较大, 回生对粉丝品质的影响远远大于糊化对其的影响, 淀粉分子结构对粉丝品质影响更大。范会平等^[7]研究当紫薯全粉添加量为 80% 时制作的紫薯全粉面条品质最佳。甘薯泥是甘薯经过蒸煮而得到的泥状物, 甘薯泥在营养方面和甘薯全粉无差异, 在用途方面甘薯泥可以完全代替甘薯全粉, 并且甘薯泥在使用上更灵

活, 操作更方便, 根据薯泥的不同性状, 可以加工成不同的产品^[8]。苑建伟等研究了紫薯泥和小麦粉质量比为 3:7 时, 生产的紫薯挂面品质最佳^[9]。目前, 关于不同品种甘薯泥面条品质特性的差异情况, 甘薯面条加工的专用品种并不清楚。因此, 开发适合我国居民饮食习惯的面条、馒头等满足一日三餐消费的新型主食产品, 筛选适合加工新型主食产品的专用品种, 培育具有新型主食产品加工需求特性的新品种, 将是我国薯类加工业的重点发展方向^[10]。

本文在前期工艺优化的基础上, 以 38 个甘薯品种为原料, 加工成薯泥面条, 采用相关性分析、主成分分析和聚类分析对 38 个品种面条品质特性进行分析及综合评价, 为甘薯的加工利用及适宜加工的薯泥面条品种选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

甘薯品种及来源见表 1; 小麦粉(特一粉), 由郑州金苑面业有限公司提供; 谷朊粉, 由封丘县华丰粉业有限公司提供; 食盐(市售), 食品级。

1.2 仪器与设备

DMT-5 型电动面条机, 山东龙口复兴机械有限公司; B5A 变频调速搅拌机, 广州威尔宝酒店设备有限公司; DHG-9245A 鼓风干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司; 电磁炉(美的 RH2145E), 广东美的生活电器制造有限公司; TA-XA Plus 质构仪, 英国 Stable Micro System 公司。

第一作者: 博士, 副教授(艾志录教授和王雪竹副主任技师为共同通讯作者, E-mail: zhilafood@sina.com, zzulisp@126.com)
基金项目: 科技部“十三五”国家重点研发计划重点专项(2016YFD0401303); 河南省薯类产品加工工艺与设备研发创新型科技团队, 豫科人组[2017]6 号
收稿日期: 2019-04-15, 改回日期: 2019-10-14

表 1 样品种类

Table 1 Sample types

编号	样品种类	样品来源	编号	样品种类	样品来源	编号	样品种类	样品来源
1	南紫薯 008 号	南充	14	济薯 25 号	济南	27	禹州烟薯 25 号	许昌
2	广薯 87 号		15	普 32 号	郑州	28	苏薯 16 号	南京
3	渝薯 7 号		16	郑 20 号		29	福薯 24	
4	南紫薯 18		17	徐薯 6 号		30	福薯 604	
5	南薯 99		18	徐薯 8 号		31	龙津薯 1 号	
6	绵紫薯 9 号		19	徐薯 32 号		32	龙紫 4 号	
7	南薯 88 号		20	徐薯 34 号		33	泉薯 19 号	
8	南紫薯 014 号		21	徐渝薯 35 号	徐州	34	广薯 87 号	厦门
9	南薯 017 号		22	徐薯 37 号		35	福薯 90 号	
10	龙薯 9 号		23	徐薯 38 号		36	福薯 16 号	
11	商薯 19 号	南阳	24	徐薯 39 号		37	福薯 404	
12	烟薯 25 号		25	济薯 26 号		38	龙薯 28 号	
13	商薯 19 号	周口	26	徐烟薯 25 号				

1.3 实验方法

1.3.1 甘薯基本指标的测定

水分含量参照 GB 5009.3—2016,采用直接干燥法(105 ℃);灰分含量参照 GB 5009.4—2016,采用食品中总灰分的测定;淀粉含量参照 GB 5009.9—2016,采用酸水解法;还原糖含量参照 GB/T 5009.7—2016;甘薯质构(texture profile analysis,TPA)的测定参照陈丽^[11]方法进行。

1.3.2 甘薯泥的制备

选取无损伤、无发芽、无虫害、无腐烂的新鲜甘薯,清洗去皮切块后放入蒸锅中蒸 20min,冷却后置于研钵中加适量的水用研磨棒捣成甘薯泥,使薯泥含水量达到 60% 左右,备用。

1.3.3 生湿面制作工艺

生湿面制作工艺:

原料→加水→和面→静置→压面→切条

以小麦粉和甘薯泥为原料,小麦粉和薯泥的质量比为 7:3,添加 1.5% 食盐,6% 的谷朊粉,和成絮状的面絮,将面絮用保鲜膜密封好,室温条件下静置 20 min 熟化。熟化后的面絮放入面条机反复压延至面片光滑、组织细密,将压好的面片用压面机切割成宽度 3 mm、长度 220 mm、厚 1 mm 的面条备用^[12]。

1.3.4 甘薯生湿面感官评价

参照 LS/T 3202—1993《面条用小麦粉》的方法,甘薯面条评分项目及分数分配如表 2 所示,总分 100 分。

1.3.5 甘薯生湿面最佳蒸煮时间测定

最佳蒸煮时间的确定:取长度为 220 mm 的面条 10 根,放入 500 mL 沸水中,同时开始计时。保持水处于 98~100℃ 微沸状态下煮制,从 1 min 开始,每隔 30 s 取出 1 根面条,用透明玻璃片压开观察面条中间

白芯的有无,白芯刚消失时的时间即为面条的最佳煮制时间^[13]。每个样品重复 3 次平行试验。

表 2 甘薯生湿面条评分标准

Table 2 Grading criteria for sweet potato raw wet noodles		
项目	满分	评价标准
色泽	10	面条呈现甘薯特有的颜色,均匀一致,光亮 8.5~10 分;亮度一般,色泽不太均匀 6~8.4 分;色泽发暗,不均匀,亮度差 1~6 分
外观状态	10	表面结构细密,光滑 8.5~10 分;中间 6.0~8.4 分;表面粗糙,膨胀,变形严重 1~6 分
适口性	20	力适中得分 17~20 分;稍偏硬或软 12~17 分;太硬或太软 1~12 分
韧性	25	有咬劲、富有弹性 21~25 分;一般 15~21 分;咬劲差、弹性不足 1~15 分
黏性	25	咀嚼时爽口、不粘牙 21~25;较爽口、稍粘牙 15~21 分;不爽口、发黏 10~15 分
光滑性	5	光滑 4.3~5 分;中间 3~4.3 分;光滑程度差 1~3 分
食味	5	具有甘薯的香味 4.3~5 分;基本无异味 3~4.3 分;有异味为 1~3 分

1.3.6 甘薯生湿面熟断条率的测定

从制作好的面条中取出 40 根,放入 500 mL 的沸水中煮 3 min,观察面条有无断条,记录断条根数,根据公式(1)进行计算:

$$\text{熟断条率} / \% = \frac{N}{40} \times 100 \quad (1)$$

式中: N 为断条根数。

1.3.7 甘薯生湿面蒸煮损失率的测定

根据沈耀衡等^[14]的方法加以改进。称取 5 根湿面条(总质量为 M_2),放入已煮沸的蒸馏水中煮制 3 min,捞出面条,面汤冷却至室温后,转移至 500 mL 容量瓶中定容,混匀,量取 50 mL 面汤至烘至恒重的 250 mL 烧杯中,放入 105 ℃ 烘干至恒重,测面汤中固体物的含量。按公式(2)进行计算:

$$\text{蒸煮损失率} / \% = \frac{M_1}{M_2 \times (1 - W)} \times 100 \quad (2)$$

式中: M_1 , 面条固形物的质量, g; M_2 , 面条质量, g; W , 面条水分含量, g。

1.3.8 甘薯生湿面质构(TPA)的测定

参照 JRIDI 等^[15] 方法加以改动, 面条在最佳蒸煮时间条件煮好后, 用流动的自来水冲淋 10 s, 放在质构仪载物台上, 选用 P50 探头, 选取 TPA 模式进行试验。质构仪设定参数为: 测前速度 2 mm/s, 测试速度 0.8 mm/s, 测后速度 0.8mm/s 触发力 4.5 g, 压缩时间 1s, 压缩比 75%。测定指标为: 硬度、咀嚼性、弹性、内聚力、黏结性, 每个样品重复 7 次平行试验。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2016 和 SPSS 16.0 软件对数据进行描述统计分析、相关性分析、主成分分析和 K-means 聚类分析。

2 结果与分析

2.1 甘薯指标统计分析

测得甘薯品质指标见表 3。甘薯指标的变异系数越大, 波动性越大。样品的不同品质指标的变异程度不同, 可能是因为品种之间存在基因差异, 由于各品种是从不同地区收集的, 可能存在环境因素引起的差异^[16]。淀粉含量为 5.63 ~ 24.90g/100g, 淀粉含量的高低对面条品质影响极大, 淀粉对面条烹煮品质及食用品质的影响至少与面筋具有同等重要的地位, 不同面条不同的口感要求对淀粉特性的要求不同, 有时甚至相反^[17]。除了甘薯的水分含量与弹性, 其他指标的变异系数均超过了 20%, 所选择的甘薯品种的加工品质会有差异, 所选样品代表性较好。

表 3 甘薯品质指标统计

Table 3 Statistics on sweet potato quality indicators				
指标	均值 ± 标准差	变幅	极差	变异系数/%
水分	71.49 ± 5.95	56.36 ~ 80.57	24.21	8.32
灰分	0.89 ± 0.38	0.23 ~ 2.27	2.04	42.54
还原糖	2.62 ± 1.10	1.01 ~ 5.94	4.93	42.01
淀粉	12.49 ± 4.52	5.63 ~ 24.90	19.27	36.20
总糖	15.11 ± 4.08	8.32 ~ 26.16	17.84	27.02
硬度	13 709.09 ± 7 781.71	5 774.82 ~ 39 895.27	34 120.45	56.76
脆度	12 177.14 ± 5 436.45	1 035.28 ~ 24 379.12	23 343.84	44.64
弹性	0.50 ± 0.08	0.31 ~ 0.68	0.36	15.79
内聚性	0.13 ± 0.04	0.08 ~ 0.27	0.19	28.79
胶黏性	1 703.26 ± 1 194.32	375.55 ~ 5 682.71	5 307.16	70.12
咀嚼性	1 029.41 ± 900.20	100.04 ~ 3 679.42	3 579.39	87.45
回复性	0.06 ± 0.02	0.03 ~ 0.13	0.10	31.71

2.2 38 个甘薯生湿面品质特性分析

不同品种甘薯泥制作的生湿面的蒸煮品质和质构特性如表 4 和表 5 所示。

表 4 38 个品种甘薯生湿面条的蒸煮品质

Table 4 Cooking quality of sweet potato raw wet noodles of 38 varieties

序号	最佳蒸煮时间/min	蒸煮损失率/%	断条率/%	感官评价/分
1	3.00 ± 0.10 ^{efgh}	12.57 ± 0.63 ^{hi}	1.11 ± 1.92 ^{bc}	73.80 ± 1.40 ^{ijklm}
2	1.65 ± 0.04 ^l	13.34 ± 1.04 ^h	0.00 ± 0.00 ^c	73.27 ± 1.45 ^{klm}
3	1.50 ± 0.01 ^{lm}	22.11 ± 0.21 ^{cd}	2.22 ± 1.92 ^{bc}	73.63 ± 0.85 ^{ijklm}
4	2.00 ± 0.00 ^k	4.97 ± 0.21 ^l	0.00 ± 0.00 ^c	72.87 ± 1.21 ^{lm}
5	1.18 ± 0.02 ^m	9.59 ± 0.80 ^j	3.33 ± 0.00 ^{bc}	74.27 ± 0.45 ^{hijklm}
6	1.59 ± 0.37 ^l	6.84 ± 0.61 ^k	0.00 ± 0.00 ^c	78.03 ± 1.36 ^{bcde}
7	2.03 ± 0.06 ^k	11.28 ± 0.15 ⁱ	2.22 ± 3.85 ^{bc}	74.20 ± 0.26 ^{hijklm}
8	2.97 ± 0.06 ^{efgh}	8.27 ± 1.03 ^{jk}	2.22 ± 1.92 ^{bc}	75.40 ± 1.57 ^{efghijkl}
9	3.70 ± 0.61 ^{bc}	8.98 ± 0.55 ^j	3.33 ± 3.34 ^{bc}	74.20 ± 0.72 ^{hijklm}
10	2.89 ± 0.96 ^{fg}	29.09 ± 1.36 ^a	0.00 ± 0.00 ^c	75.87 ± 0.31 ^{defghijkl}
11	3.50 ± 0.01 ^{cd}	15.69 ± 1.34 ^g	2.22 ± 1.92 ^{bc}	73.07 ± 0.45 ^{klm}
12	2.50 ± 0.02 ^{ij}	16.18 ± 0.35 ^g	1.11 ± 1.92 ^{bc}	76.93 ± 0.81 ^{cdefghi}
13	3.05 ± 0.05 ^{efgh}	13.81 ± 0.97 ^h	6.67 ± 0.00 ^a	73.67 ± 1.00 ^{ijklm}
14	2.83 ± 0.01 ^{ghi}	15.83 ± 0.30 ^g	1.11 ± 1.92 ^{bc}	74.70 ± 1.21 ^{efghijklm}
15	2.02 ± 0.03 ^k	18.39 ± 0.91 ^c	4.44 ± 1.93 ^{ab}	80.70 ± 5.57 ^{ab}
16	2.83 ± 0.01 ^{ghi}	11.72 ± 0.68 ^j	0.00 ± 0.00 ^c	76.10 ± 0.72 ^{defghijk}
17	2.50 ± 0.00 ^{ij}	13.88 ± 0.93 ^h	1.11 ± 1.92 ^{bc}	77.40 ± 0.72 ^{cdefg}
18	2.67 ± 0.01 ^{hij}	4.60 ± 0.96 ^l	0.00 ± 0.00 ^c	78.80 ± 1.80 ^{bcd}
19	2.34 ± 0.01 ^{ijk}	9.02 ± 0.83 ^j	1.11 ± 1.92 ^{bc}	76.40 ± 0.36 ^{cdefghij}
20	2.52 ± 0.02 ^{ij}	8.86 ± 0.18 ^j	0.00 ± 0.00 ^c	77.20 ± 1.66 ^{cdefgh}
21	2.67 ± 0.01 ^{hij}	17.06 ± 0.17 ^{efg}	3.33 ± 3.34 ^{bc}	79.27 ± 0.78 ^{bc}
22	4.00 ± 0.02 ^{ab}	9.25 ± 0.43 ^j	1.11 ± 1.92 ^{bc}	75.37 ± 1.07 ^{efghijkl}
23	3.25 ± 0.01 ^{def}	6.89 ± 0.23 ^k	0.00 ± 0.00 ^c	74.70 ± 0.36 ^{efghijklm}
24	4.00 ± 0.02 ^{ab}	12.39 ± 0.60 ^{hi}	0.00 ± 0.00 ^c	74.77 ± 0.93 ^{efghijklm}
25	3.21 ± 0.19 ^{defg}	23.62 ± 1.13 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	75.40 ± 2.09 ^{efghijkl}
26	3.15 ± 0.02 ^{defg}	23.74 ± 1.37 ^c	1.11 ± 1.92 ^{bc}	77.17 ± 1.15 ^{cdefgh}
27	3.33 ± 0.02 ^{de}	12.28 ± 0.44 ^{hi}	2.22 ± 3.85 ^{bc}	77.60 ± 0.90 ^{cdef}
28	4.06 ± 0.10 ^a	22.67 ± 0.68 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	82.83 ± 0.75 ^a
29	3.00 ± 0.00 ^{efgh}	23.10 ± 1.44 ^c	2.22 ± 1.92 ^{bc}	71.73 ± 0.71 ^m
30	2.67 ± 0.01 ^{hij}	22.16 ± 1.96 ^{cd}	0.00 ± 0.00 ^c	74.40 ± 1.21 ^{ghijklm}
31	2.43 ± 0.19 ^j	17.84 ± 1.13 ^{cf}	0.00 ± 0.00 ^c	78.33 ± 0.38 ^{bcde}
32	2.84 ± 0.01 ^{ghi}	13.70 ± 1.62 ^h	0.00 ± 0.00 ^c	82.33 ± 1.29 ^a
33	2.66 ± 0.01 ^{hij}	22.58 ± 0.73 ^c	1.11 ± 1.92 ^{bc}	74.63 ± 1.27 ^{efghijklm}
34	2.67 ± 0.01 ^{hij}	16.31 ± 0.18 ^{fg}	0.00 ± 0.00 ^c	73.00 ± 0.36 ^{lm}
35	3.00 ± 0.01 ^{efgh}	26.51 ± 0.81 ^b	0.00 ± 0.00 ^c	73.17 ± 2.81 ^{klm}
36	2.67 ± 0.02 ^{hij}	20.82 ± 0.84 ^d	2.22 ± 3.85 ^{bc}	74.33 ± 1.42 ^{hijklm}
37	2.30 ± 0.01 ^{jk}	17.11 ± 0.44 ^{efg}	2.22 ± 1.92 ^{bc}	71.97 ± 2.70 ^m
38	3.07 ± 0.02 ^{efg}	13.39 ± 0.38 ^h	0.00 ± 0.00 ^c	73.93 ± 1.85 ^{ijklm}

注: 表中的小写字母为同一列的显著性差异 ($P < 0.05$)。下同。

生湿面最佳蒸煮时间的长短与原料特性及品质密切相关^[10]。生湿面蒸煮时间的长短可能是因为甘薯淀粉颗粒大小不同, 大颗粒淀粉有助于水分渗透进入面条内部, 加速熟化过程, 缩短煮面时间^[18]。由表 4 可知, 38 个品种面条的最佳蒸煮时间在 1.18 ~ 4.06 min。其中 5 号南薯 99 生湿面的最佳蒸煮时间最短为 1.18 min, 低于纯小麦粉生湿面的最佳蒸煮时间(4 min)。28 号苏薯 16 生湿面的最佳蒸煮时间最长, 为 4.06 min。

蒸煮损失率是评价面条蒸煮品质的关键指标, 蒸煮损失率越高, 浑汤现象越严重, 说明面条的蒸煮品质越差^[19]。国家面条生产标准中最大蒸煮损失率为 10%, 由表 4 可知, 38 个品种生湿面的蒸煮损失率在 4.60% ~ 26.51%, 其中 4、5、6、8、9、18、19、20、22 和 23 号(南紫薯 18、南薯 99、绵紫薯 9 号、南紫薯 014、

南薯 017、徐薯 8 号、徐薯 32 号、徐薯 34 号、徐薯 37 号和徐薯 38 号)的蒸煮损失率低于 10%。10 号(龙薯 9 号)和 35 号(福薯 90 号)生湿面的蒸煮损失率较大,可能是因为甘薯原料中所含的纤维物质较高,且不含面筋蛋白,甘薯泥的添加会稀释弱化面团中的面筋蛋白,使面筋的弹性、韧性及延伸性降低,破坏了水分在蛋白和淀粉之间的分配,增大了蒸煮损失率和

断条率^[20-21]。由表 4 可知,38 个品种甘薯生湿面的断条率在 0% ~6.67%。

感官指标是描述和判断食品质量最直观的指标,直接影响人们对面条品质优劣的判断。不同品种生湿面感官评分在 71.73 ~82.83 分(如表 4 所示),其中 28 号苏薯 16 号生湿面的感官评分最大,37 号福薯 404 生湿面的感官评分最小。

表 5 38 个品种甘薯生湿面条质构特性

Table 5 Texture characteristics of sweet potato raw wet noodles

序号	硬度/g	弹性/mm	内聚力	黏结性	咀嚼性
1	6 496.70 ±88.44 ^l	0.81 ±0.00 ^{ijkl}	0.63 ±0.00 ^{no}	4 301.90 ±62.90 ^{ijklm}	3 442.80 ±44.99 ^p
2	6 417.70 ±177.68 ^l	0.83 ±0.01 ^{efghij}	0.67 ±0.01 ^{efgh}	4 458.80 ±148.79 ^{hij}	3 594.80 ±50.02 ^o
3	5 054.00 ±45.46 ^p	0.73 ±0.01 ^{op}	0.64 ±0.01 ^{klmn}	3 152.40 ±14.48 ^v	2 277.10 ±46.92 ^x
4	7 111.10 ±54.14 ^{hi}	0.76 ±0.00 ^{nop}	0.70 ±0.00 ^{cd}	4 584.50 ±13.03 ^{gh}	3 851.70 ±41.23 ^{fghi}
5	4 343.00 ±95.71 ^r	0.78 ±0.00 ^{lmn}	0.69 ±0.00 ^{def}	2 790.90 ±83.57 ^w	2 264.20 ±26.42 ^x
6	5 509.20 ±86.83 ^o	0.85 ±0.01 ^{defg}	0.71 ±0.01 ^b	4 005.90 ±122.92 ^{opq}	2 742.00 ±79.99 ^{tu}
7	5 035.20 ±198.56 ^p	0.86 ±0.02 ^{cdefg}	0.68 ±0.01 ^{efgh}	3 327.30 ±144.62 ^{tu}	2 832.10 ±137.55 st
8	8 134.70 ±42.30 ^d	0.87 ±0.01 ^{abcde}	0.67 ±0.00 ^{hi}	5 111.30 ±90.26 ^{cd}	5 283.00 ±125.86 ^b
9	9 023.00 ±140.39 ^c	0.84 ±0.05 ^{efghi}	0.67 ±0.00 ^h	5 992.50 ±155.84 ^b	3 972.10 ±53.68 ^{defg}
10	5 503.00 ±89.68 ^o	0.76 ±0.00 ^{nop}	0.66 ±0.01 ^j	3 431.00 ±8.05 st	2 563.60 ±53.46 ^{vw}
11	9 552.50 ±21.82 ^b	0.90 ±0.02 ^{ab}	0.62 ±0.01 ^o	6 109.80 ±154.28 ^b	5 378.10 ±45.25 ^b
12	6 129.30 ±84.06 ^m	0.80 ±0.01 ^{ijklm}	0.63 ±0.01 ^{no}	4 046.10 ±119.47 ^{opq}	3 027.80 ±93.14 ^r
13	10 611.00 ±344.57 ^a	0.91 ±0.01 ^a	0.67 ±0.01 ^{efgh}	6 889.60 ±78.36 ^a	5 947.50 ±121.92 ^a
14	8 159.40 ±175.76 ^d	0.87 ±0.01 ^{bcde}	0.59 ±0.00 ^p	4 941.40 ±33.58 ^c	4 245.70 ±78.49 ^c
15	5 660.80 ±47.74 ^o	0.49 ±0.01 ^q	0.68 ±0.01 ^{efgh}	3 611.40 ±55.10 ^r	2 843.90 ±94.71 st
16	6 899.30 ±36.12 ^{jk}	0.78 ±0.01 ^{lmn}	0.73 ±0.01 ^a	4 450.00 ±35.76 ^{hijk}	4 108.00 ±56.54 ^d
17	7 452.20 ±135.43 ^{fg}	0.83 ±0.01 ^{gijk}	0.67 ±0.01 ^{efgh}	4 990.60 ±28.32 ^{cde}	4 054.30 ±106.50 ^{de}
18	7 412.40 ±21.02 ^{fg}	0.85 ±0.00 ^{defgh}	0.64 ±0.00 ^{mno}	4 749.50 ±45.36 ^f	4 074.30 ±11.54 ^{de}
19	7 695.60 ±103.29 ^e	0.90 ±0.00 ^{abc}	0.65 ±0.01 ^{jk}	4 970.80 ±118.21 ^{de}	3 701.00 ±128.04 ^{lmno}
20	7 276.00 ±126.20 ^{gh}	0.79 ±0.01 ^{klmn}	0.64 ±0.00 ^{ijklmn}	5 147.00 ±3.20 ^c	4 338.70 ±20.81 ^c
21	5 532.60 ±49.52 ^o	0.76 ±0.01 ^{mno}	0.71 ±0.01 ^{bc}	4 032.10 ±59.55 ^{opq}	3 030.70 ±17.54 ^r
22	6 472.40 ±37.59 ^l	0.84 ±0.00 ^{defghi}	0.65 ±0.01 ^{jkl}	3 963.10 ±20.55 ^{pq}	3 444.60 ±47.91 ^p
23	7 044.10 ±28.94 ^{ijk}	0.88 ±0.01 ^{abcd}	0.65 ±0.01 ^{jk}	4 111.60 ±91.79 ^{nop}	3 771.20 ±64.08 ^{ilmn}
24	6 857.10 ±47.13 ^k	0.81 ±0.02 ^{hijkl}	0.65 ±0.00 ^{ijklm}	4 401.30 ±82.31 ^{ijkl}	3 686.80 ±29.77 ^{mno}
25	6 074.10 ±181.30 ^{mn}	0.83 ±0.01 ^{ghijk}	0.69 ±0.00 ^{defg}	3 195.90 ±112.15 ^{uv}	2 551.40 ±137.34 ^w
26	6 447.50 ±150.43 ^l	0.72 ±0.01 ^p	0.65 ±0.01 ^j	4 140.30 ±153.02 ^{mno}	2 961.40 ±145.41 ^{rs}
27	7 082.80 ±44.67 ^{hij}	0.87 ±0.02 ^{abcde}	0.64 ±0.00 ^{lmno}	4 575.10 ±45.54 ^{gh}	3 837.20 ±32.31 ^{ghil}
28	7 486.20 ±49.31 ^f	0.87 ±0.01 ^{bcdef}	0.69 ±0.00 ^{de}	4 662.40 ±27.71 ^{fg}	3 987.80 ±97.52 ^{def}
29	5 934.20 ±52.75 ⁿ	0.75 ±0.01 ^{nop}	0.64 ±0.01 ^{lmn}	4 243.10 ±48.08 ^{lmn}	2 880.80 ±26.66 ^s
30	6 206.60 ±148.34 ^m	0.86 ±0.01 ^{defg}	0.58 ±0.00 ^q	3 892.90 ±8.23 ^q	3 940.80 ±98.23 ^{efgh}
31	6 531.20 ±24.90 ^l	0.84 ±0.01 ^{defghi}	0.71 ±0.01 ^b	4 110.50 ±111.82 ^{nop}	3 258.00 ±80.19 ^q
32	6 413.80 ±12.48 ^l	0.85 ±0.00 ^{defghi}	0.67 ±0.01 ^{hi}	4 288.50 ±46.48 ^{klm}	3 813.60 ±62.60 ^{hilm}
33	5 617.90 ±47.49 ^o	0.77 ±0.00 ^{lmn}	0.69 ±0.01 ^{de}	3 452.60 ±39.62 ^{rst}	2 663.80 ±35.58 ^{uvw}
34	7 126.40 ±98.59 ^{hi}	0.80 ±0.07 ^{ijklm}	0.62 ±0.00 ^o	3 521.40 ±145.63 ^{rs}	2 696.90 ±55.29 ^{uv}
35	4 833.30 ±15.68 ^q	0.78 ±0.03 ^{lmn}	0.67 ±0.01 ^{gh}	3 244.80 ±20.40 ^{uv}	2 644.30 ±22.27 ^{uvw}
36	5 689.00 ±49.56 ^o	0.76 ±0.02 ^{nop}	0.63 ±0.00 ^{no}	3 579.90 ±37.59 ^{rs}	2 604.20 ±41.77 ^{uvw}
37	7 582.90 ±78.60 ^{ef}	0.84 ±0.03 ^{efghi}	0.66 ±0.01 ^{ij}	4 346.50 ±192.82 ^{jkl}	3 460.30 ±118.12 ^p
38	7 221.20 ±104.83 ^{hi}	0.84 ±0.06 ^{defghi}	0.67 ±0.00 ^{hi}	4 546.70 ±118.71 ^{ghi}	3 641.80 ±40.09 ^{no}

TPA 是评价面条品质常用的方法,TPA 参数与面条的蒸煮品质之间存在的显著的相关性。TPA 测试指

标能较好地反应面条感官评价的适口性、韧性、黏性和总评分^[20-22]。因此,测定面条的 TPA 参数比感官评

价结果更加客观。由表 5 可知,38 个甘薯生湿面的硬度、咀嚼性、弹性、内聚力和黏结性等指标之间存在一定的差异性。其中硬度最大和最小的品种分别是周口商薯 19 号(10 611.00 g)和福薯 90 号(4 833.30 g);弹性最大和最小的品种分别是周口商薯 19 号(0.91 mm)和郑州普 32 号(0.49 mm);内聚力最大和最小的品种分别是郑 20 号(0.73)和济薯 25 号(0.59);黏结性最大和最小的品种分别是周口商薯 19 号(6 889.60)和南薯 99 号(2 790.90);咀嚼性最大和最小的品种分别是周口商薯 19 号(5 947.50)和南薯 99 号(2 264.20)。

2.3 甘薯品质特性与生湿面品质相关性分析

甘薯品质特性与生湿面品质之间的相关性分析结果见表 6。水分含量与生湿面的蒸煮损失率、感官评分和内聚力呈显著的正相关($P<0.05$),与面条硬度、弹性、黏结性和咀嚼性呈极显著的负相关($P<0.01$)。甘薯灰分与生湿面的最佳蒸煮时间、硬度、黏结性和咀嚼性呈显著的正相关($P<0.05$),与内聚力呈极显著的负相关($P<0.01$)。甘薯还原糖与生湿面蒸煮损失率和感官评分呈极显著的正相关($P<$

0.01),与面条硬度、黏结性和咀嚼性呈极显著的负相关($P<0.01$)。甘薯淀粉和总糖与生湿面感官评分呈极显著的负相关($P<0.01$)。甘薯硬度与面条的最佳蒸煮时间、蒸煮损失率和感官评分呈极显著的负相关($P<0.01$),与生湿面的断条率呈显著的正相关($P<0.05$)。甘薯脆度和胶黏性与生湿面的最佳蒸煮时间、蒸煮损失率和感官评分呈显著的负相关($P<0.05$)。甘薯弹性、内聚性、咀嚼性和回复性与生湿面蒸煮损失率和感官评分呈极显著的负相关($P<0.01$),甘薯弹性与生湿面弹性呈显著的正相关($P<0.05$),甘薯咀嚼性和回复性与面条硬度、弹性、黏结性呈显著的正相关($P<0.05$)。说明甘薯品质与生湿面品质指标之间相互关联,甘薯品质的改变可能导致生湿面品质发生变化,有必要进一步探究甘薯生湿面品质与原料品质间的模型关系。为了能更好的评价不同甘薯指标对生湿面品质的贡献作用更大,不同品种甘薯品质特性的差异,将进行主成分分析^[10]。

表 6 甘薯品质特性与生湿面条品质特性相关性分析

Table 6 Correlation between sweet potato quality characteristics and raw wet noodle quality characteristics

指标	最佳蒸煮时间	蒸煮损失率	断条率	感官评分	硬度	弹性	内聚力	黏结性	咀嚼性
水分	0.051	0.230 *	-0.02	0.371 **	-0.372 **	-0.374 **	0.257 **	-0.335 **	-0.288 **
灰分	0.186 *	-0.102	-0.007	0.042	0.354 **	0.113	-0.249 **	0.289 **	0.299 **
还原糖	0.172	0.420 **	-0.01	0.242 **	-0.245 **	-0.173	0.147	-0.372 **	-0.322 **
淀粉	-0.172	-0.042	0.09	-0.332 **	-0.007	0.055	-0.016	0.027	-0.051
总糖	-0.125	0.03	0.075	-0.344 **	0.009	0.073	-0.015	0.004	-0.08
硬度	-0.254 **	-0.472 **	0.197 *	-0.246 **	0.115	0.101	-0.008	0.168	0.074
脆度	-0.211 *	-0.366 **	0.15	-0.328 **	0.074	0.109	-0.052	0.068	0.023
弹性	-0.077	-0.318 **	-0.023	-0.241 **	-0.099	0.191 *	-0.158	-0.114	-0.162
内聚性	-0.082	-0.313 **	-0.035	-0.354 **	-0.005	0.081	0.012	-0.011	-0.063
胶黏性	-0.223 *	-0.403 **	0.078	-0.325 **	0.166	0.133	-0.065	0.177	0.063
咀嚼性	-0.092	-0.443 **	0.09	-0.280 **	0.213 *	0.246 **	-0.092	0.221 *	0.16
回复性	-0.137	-0.450 **	0.056	-0.285 **	0.265 **	0.237 *	-0.115	0.265 **	0.209 *

注: * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关; ** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

2.4 甘薯品质指标主成分分析

图 1 为主成分分析碎石图,表 7 为主成分方差的累积贡献率。由表 7 和图 1 可知,前 3 个主成分的特征值均大于 1,方差贡献率分别为 49.383%、22.040%、8.973%,累积贡献率为 80.395%,综合了甘薯品质特性的主要信息^[20]。说明前 3 个主成分概括了原始数据的主要信息,能很好地解释甘薯的品质特性,可以采用前 3 个主成分进行分析。

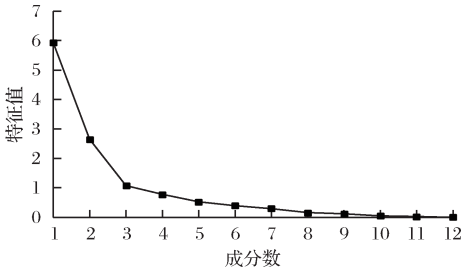


图 1 主成分分析碎石图

Fig. 1 Principal component analysis gravel diagram

表 7 主成分分析解释总变量

Table 7 Interpretation of total variables by principal component analysis

主成分数	初始特征值	累计方差贡献率/%
1	5.926	49.383
2	2.645	71.423
3	1.077	80.395

表 8 为主成分载荷矩阵。由表 8 可知,第 1 主成分中起主要作用的是硬度、咀嚼性、胶黏性、回复性、脆度、内聚性和弹性,即反应了甘薯质构特性;第 2 主成分主要是淀粉、还原糖、总糖和水分,即反应了甘薯碳水化合物特性;第 3 主成分主要是灰分,即反映了甘薯灰分特性;在每个主成分中,载荷值越高,表明贡献性越大^[23]。

表 8 主成分载荷矩阵

Table 8 Main component load matrix

指标	因子 1	因子 2	因子 3
硬度	0.953	0.053	0.068
咀嚼性	0.948	0.216	0.003
胶黏性	0.927	0.082	-0.05
回复性	0.897	-0.034	-0.148
脆度	0.851	0.261	0.136
内聚性	0.808	0.235	-0.183
弹性	0.622	0.415	0.081
淀粉	0.349	-0.851	0.365
总糖	0.292	-0.783	0.528
还原糖	-0.353	0.588	0.461
水分	-0.57	0.585	0.227
灰分	-0.186	-0.515	-0.559

以甘薯硬度(X_1)、咀嚼性(X_2)、胶黏性(X_3)、回复性(X_4)、脆度(X_5)、内聚性(X_6)、弹性(X_7)、淀粉(X_8)、总糖(X_9)、还原糖(X_{10})、水分(X_{11})和灰分(X_{12})为初始自变量,经过主成分分析,最终得出 3 个主成分因子的方程表达式如 $Y_1 \sim Y_3$ 所示,这 3 个主成分因子将原来 12 个初始指标作线性变换,重新组合成一组新的互相无关的综合指标,消除了甘薯原料 12 个指标间的相关性,涵盖了甘薯原料指标的大部分信息,可代替 12 个初始指标进行甘薯面条评价模型的建立。

$$Y_1 = 0.953X_1 + 0.948X_2 + 0.927X_3 + 0.897X_4 + 0.851X_5 + 0.808X_6 + 0.622X_7 + 0.349X_8 + 0.292X_9 - 0.353X_{10} - 0.57X_{11} - 0.186X_{12}$$

$$Y_2 = 0.053X_1 + 0.216X_2 + 0.082X_3 - 0.034X_4 + 0.261X_5 + 0.235X_6 + 0.415X_7 - 0.851X_8 - 0.783X_9 + 0.588X_{10} + 0.585X_{11} - 0.515X_{12}$$

$$Y_3 = 0.068X_1 + 0.003X_2 - 0.05X_3 - 0.148X_4 + 0.136X_5 -$$

$$0.183X_6 + 0.081X_7 + 0.365X_8 + 0.528X_9 + 0.461X_{10} + 0.227X_{11} - 0.559X_{12}$$

2.5 甘薯生湿面加工适宜性评价

2.5.1 甘薯生湿面品质评价模型

以 3 个主成分因子 Y_1 、 Y_2 和 Y_3 为自变量,归一化后的生湿面综合加工指标 F 为因变量,采用回归分析方法建立多元线性回归方程。得到的回归方程为:

$$F = 47\,239.61 - 0.395Y_2 - 15.710Y_3$$

回归模型的决定系数 $R^2 = 0.985$,调整后 $R^2 = 0.964$,Sig < 0.05,说明模型拟合度较高,能满足实际要求。将 Y_2 和 Y_3 替换成初始自变量 $X_1 \sim X_{12}$,整理得甘薯生湿面综合指标与原料品质的回归模型为:

$$F = 47\,239.61 - 1.22X_1 - 0.12X_2 + 0.76X_3 + 2.34X_4 - 2.23X_5 + 2.79X_6 - 1.42X_7 - 5.43X_8 - 8.01X_9 - 7.45X_{10} - 4.56X_{11} + 8.97X_{12}$$

2.5.2 甘薯生湿面加工适宜性评价

对模型中的 38 个甘薯生湿面综合评价指标进行排序,结果如表 9 所示。排在前 3 位的品种是徐渝薯 35 号、福薯 24 号、龙津薯 1 号。

表 9 甘薯生湿面条综合评价指标排序

Table 9 Sorting of comprehensive evaluation indicators of sweet potato raw wet noodles

排序	品种	综合评价指标	排序	品种	综合评价指标
1	徐渝薯 35 号	25 151.71	20	福薯 404 号	10 972.56
2	福薯 24 号	25 097.86	21	徐薯 37 号	9 940.23
3	龙津薯 1 号	24 660.17	22	周商薯 19 号	9 750.52
4	济薯 26 号	24 511.30	23	徐薯 32 号	8 546.30
5	郑 20 号	23 876.55	24	济薯 25 号	5 217.17
6	福薯 16 号	23 868.55	25	龙薯 9 号	5 164.27
7	禹州烟薯 25 号	22 804.02	26	徐薯 39 号	-43.60
8	龙紫 4 号	22 664.08	27	普 32	-868.24
9	福薯 604 号	21 893.97	28	南充广薯 87 号	-2 940.45
10	福薯 90 号	21 523.51	29	南薯 017 号	-11 145.48
11	泉薯 19 号	20 736.49	30	南薯 88 号	-18 169.65
12	苏薯 16 号	17 131.70	31	绵紫薯 9 号	-18 257.16
13	徐烟薯 25 号	15 685.83	32	南紫薯 008 号	-20 001.33
14	徐薯 6 号	15 159.09	33	南薯 99 号	-22 267.51
15	厦门广薯 87 号	14 531.47	34	商薯 19 号	-29 618.77
16	徐薯 34 号	14 248.12	35	渝薯 7 号	-30 053.77
17	龙薯 28 号	12 846.66	36	龙薯 9 号	-30 769.05
18	周烟薯 25 号	11 573.38	37	南紫薯 014 号	-33 148.62
19	徐薯 8 号	11 400.01	38	南紫薯 18 号	-49 534.17

采用 K-means 对表 9 中的 38 个甘薯生湿面综合品质指标进行聚类分析,设置 $K = 3$,将 38 个甘薯生湿面综合品质初步分为适宜、基本适宜和不适宜三类,如表 10 所示,筛选出适宜加工甘薯生湿面的品种

有 17 个,基本适宜加工甘薯生湿面的有 12 个,不适宜加工成生湿面的品种有 9 个。

表 10 甘薯生湿面条综合品质指标分类

Table 10 Comprehensive quality indexes classification of sweet potato raw wet noodles

聚类类别	分类标准	品种个数	品种名称
适宜	$F \geq 12\ 846.66$	17	徐渝薯 35 号、福薯 24 号、龙津薯 1 号、济薯 26 号、郑 20 号、福薯 16 号、禹州烟薯 25 号、龙紫 4 号、福薯 604 号、福薯 90 号、泉薯 19 号、苏薯 16 号、徐烟薯 25 号、徐薯 6 号、厦门广薯 87 号、徐薯 34 号、龙薯 28 号
基本适宜	$-11\ 145.48 \leq F \leq 11\ 573.38$	12	周烟薯 25 号、徐薯 8 号、福薯 404 号、徐薯 37 号、周商薯 19 号、徐薯 32 号、济薯 25 号、龙薯 9 号、徐薯 39 号、普 32、南充广薯 87 号、南薯 017 号
不适宜	$F \leq -18\ 169.65$	9	南薯 88 号、绵紫薯 9 号、南紫薯 008 号、南薯 99 号、商薯 19 号、渝薯 7 号、龙薯 9 号、南紫薯 014 号、南紫薯 18 号

注: F 甘薯面生湿面的综合评价指标。

3 结论

本试验对 38 个甘薯品质指标进行了统计分析,甘薯指标极差和变异系数相差较大,样品代表性较好。相关性分析表明,不同品种甘薯的水分、灰分、还原糖、总糖、淀粉以及质构指标与甘薯面条品质之间存在显著的相关性($P < 0.05$)。

通过数据指标归一化方法将甘薯生湿面条各个指标转化为一组具有代表性的综合评价指标,并将综合评价指标 F 与原料主成分因子 Y_1 、 Y_2 和 Y_3 进行回归分析,得出甘薯生湿面综合品质评价指标与甘薯原料品质的回归方程。通过 K-means 聚类分析法对 38 个甘薯品种的生湿面综合指标进行初步聚类,筛选出适宜加工甘薯生湿面的品种 17 个,基本适宜加工甘薯生湿面的有 12 个,不适宜加工成生湿面的品种有 9 个。本研究结果可为甘薯在生湿面加工应用方面提供一定的参考。

参 考 文 献

- [1] 张立明,王庆美,王荫墀. 甘薯的主要营养成分和保健作用[J]. 园艺与种苗, 2003, 23(3): 162 - 166.
- [2] MOHAN C. Advances in Horticultur Biotechnology: Molecular Markers and Marker Assisted Selection-Vegetable, Ornamentals and Tuber Crops [M]. New Delh: Westville Publishing House, 2011: 187 - 230.
- [3] 王丽,王辉,段丽丽,等. 甘薯品质相关性及其主成分分析[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 286 - 290.
- [4] 刘鲁林,木泰华,孙艳丽. 不同品种甘薯块根营养成分及相关性分析[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(1): 39 - 43.
- [5] 余树玺,邢丽君,木泰华,等. 4 种不同甘薯淀粉成分、

物化特性及其粉条品质的相关性研究[J]. 核农学报, 2015, 29(4): 734 - 742.

- [6] 谭洪卓,谭斌,刘明,等. 甘薯淀粉性质与其粉丝品质的关系[J]. 农业工程学报, 2009, 25(4): 286 - 292.
- [7] 范会平,吴丹,王娜,等. 紫薯全粉面配方及制备工艺的优化[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(9): 159 - 165.
- [8] 徐飞,李洪民,张爱君,等. 甘薯泥的开发及利用[J]. 江苏农业科学, 2010(3): 332 - 334.
- [9] 苑建伟,谢新华,李巍. 紫薯挂面加工工艺研究[J]. 粮油加工(电子版), 2014(8): 45 - 47.
- [10] 王丽,罗红霞,李淑荣,等. 不同品种马铃薯全粉面条品质特性及主成分分析[J]. 现代食品科技, 2018, 34(1): 111 - 118.
- [11] 陈丽. 甘薯块根质构特性的评价研究[D]. 杭州:浙江农林大学, 2013.
- [12] 王乐,黄峻榕,张宁,等. 马铃薯面条制作工艺及品质研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(1): 78 - 82.
- [13] 师俊玲,魏益民,郭波莉,等. 面条食用品质评价方法研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2002(6): 111 - 117.
- [14] 沈耀衡,陆启玉,张珂. 不同马铃薯全粉对马铃薯面条品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 38(3): 38 - 44.
- [15] JRIDI M, ABDELHEDI O, SOUSSI N, et al. Improvement of the physicochemical, textural and sensory properties of meat sausage by edible cuttlefish gelatin addition [J]. Food Bioscience, 2015, 12: 67 - 72.
- [16] 陆国权. 甘薯重要品质性状的基因型差异及其环境效应研究[D]. 杭州:浙江大学, 2002.
- [17] 鲁战会,李里特. 淀粉的功能特性对面条食用品质的影响与评价[J]. 食品科技, 2002(6): 51 - 54.
- [18] JANG A, KIM J Y, LEE S Y. Rheological, thermal conductivity and microscopic studies on porous-structured noodles for shortened cooking time [J]. LWT-Food Science and Technology, 2016.
- [19] 李康,胡宏海,樊月,等. 不同品种小麦粉对马铃薯面条食用品质的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(3): 83 - 89.
- [20] TUDORICA C, KURI V, BRENNAN C. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(2): 347 - 356.
- [21] 王春香. 马铃薯面条的研制[J]. 农产品加工, 2004(6): 30 - 31.
- [22] 陈东升, KIRIBUCHI-OTOBE C, 徐兆华,等. Waxy 蛋白缺失对小麦淀粉特性和中国鲜面条品质的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(5): 865 - 873.
- [23] WOLD S, EABENSEN K, GELADI P. Principal component analysis[J]. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 1987, 2: 37 - 52.

Analysis of the quality characteristics and processing suitability of different varieties of sweet potato raw wet noodles

FAN Huiping^{1,2}, XU Mengyan¹, MA Jingyi³, WANG Xuezu^{4*},
AI Zhilu^{1,2*}

1(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

2(Key Laboratory of Staple Grain Processing, Ministry of Agriculture, Zhengzhou 450002, China)

3(College of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

4(Henan Provincial Food and Drug Evaluation and Inspection Center, Zhengzhou 450004, China)

ABSTRACT 38 varieties of sweet potatoes were processed into raw wet noodles in order to study the suitability for wet noodle processing of different sweet potato varieties. Processing index including texture profile analysis (TPA), moisture, ash, starch, reducing sugar and total sugar of the sweet potatoes as well as quality index such as TPA and steaming loss rate of sweet potato raw wet noodles were respectively measured. The regression model between the comprehensive evaluation index of sweet potato raw wet noodles and the processing index of sweet potato raw materials was established by correlation analysis, main composition analysis and regression analysis methods. Preliminary clustering was then conducted on the comprehensive evaluation index of wet raw noodles processed from 38 sweet potato varieties by K-means clustering method. The results showed that 17 sweet potato varieties were suitable for raw wet noodle processing, 12 varieties were less suitable and 9 varieties were not suitable for such processing. The evaluation results were in line with application in practice. This study may provide certain theoretical basis for the screening of sweet potato varieties for raw wet noodle processing.

Key words sweet potato; raw wet noodle; correlation analysis; processing suitability

(上接第 110 页)

Effects of cereal composition on the quality of extruded products

LIU Chao¹, HE Zhifei^{1,2}, LI Xue¹, ZENG Lingying¹, LI Hongjun^{1,2*}

1(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

2(Chongqing Engineering Research Center for Special Food, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT This research investigates the correlation between the composition of different cereals and the puffing property of cereal products, with six different cereals (rice, wheat, corn, glutinous rice, millet, and oat) as raw materials. The results showed that some indexes of extruded cereal products such as water absorption index and water solubility index were greatly improved. The swelling degree was negatively correlated with protein and fat content, but positively correlated with starch content; protein and fat content should be controlled within a reasonable range; the water solubility index was significantly positively correlated with the protein content, and was strongly negatively correlated with the total starch content; the gelatinization degree was powerfully positively correlated with the total starch content, and significantly negatively correlated with protein and crude fat content. In addition, the puffing characteristics of rice, wheat and glutinous rice were better than those of corn, millet and oats. Among them, glutinous rice showed excellent indexes of expansion, bulk density, water solubility, gelatinization degree, hardness and brittleness, as well as best puffing properties. In summary, among the six kinds of cereal materials, rice, wheat and glutinous rice could be used as the primary raw materials for extrusion due to their excellent extrusion characteristics, with appropriate addition of corn, millet and oat if taking cost into consideration.

Key words cereal materials; extrusion; composition; extrusion properties; correlation analysis