

不同品种小麦粉品质特性对馒头品质的影响

Effects of different wheat flour quality characteristics on steamed bread quality

雍雅萍¹ 高翠霞² 王艳茹²

YONG Ya-ping¹ GAO Cui-xia² WANG Yan-ru²

李云玲¹ 朱效兵¹ 苏靖¹

LI Yun-ling¹ ZHU Xiao-bing¹ SU Jing¹

(1. 河套学院农学系, 内蒙古 巴彦淖尔 015000; 2. 内蒙古兆丰河套面业有限公司, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

(1. Department of Agriculture, Hetao College, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China;

2. Inner Mongolia Zhaofeng Hetao Flour Co., Ltd., Bayannur, Inner Mongolia 015000, China)

摘要:以14种河套小麦粉作为研究对象,采用主成分和聚类统计分析小麦粉品质指标、拉伸指标、吹泡指标对馒头品质的影响。结果表明:湿面筋、蛋白质与馒头弹性、回复性呈显著正相关,相关系数分别为0.822, 0.791, 0.643, 0.752;吹泡指标 P 值、 W 值与馒头比容呈极显著正相关(相关系数为0.768和0.709)。前5个主成分方差贡献率分别为41.7%, 17.3%, 14.2%, 13.5%, 11.2%且累计贡献率达97.9%,可以较好地反映小麦粉品质的综合信息。聚类分析表明第4类小麦粉的形成时间、稳定时间、最大拉伸阻力、最大拉伸比、 L 值、 G 值、 W 值较小,弱化度较大,而馒头硬度最大。

关键词:小麦粉;馒头;品质特性;质构;相关性分析;主成分分析;聚类分析

Abstract: With fourteen kinds of Hetao wheat flour as the research object, the effects of wheat flour quality indexes, stretching indexes and alveograph indexes on steamed bread quality indexes were analyzed by principal component analysis and clustering analysis. The results showed that wet gluten and protein were positively correlated with the elasticity and resilience of steamed bread, and the correlation coefficients were 0.822, 0.791, 0.643 and 0.752, respectively. The alveograph index P value, W value and I_e value were significantly positively correlated with the specific volume of steamed bread (the correla-

tion coefficient was 0.768 and 0.709). The contribution rate of variance of the first five principal components was 41.7%, 17.3%, 14.2%, 13.5% and 11.2% respectively, and the cumulative contribution rate was 97.9%, which can better reflect the comprehensive information of wheat flour quality. Cluster analysis showed that the formation time, stability time, maximum tensile resistance, maximum tensile ratio, L value, G value and W value of the fourth type of wheat flour were smaller, and the degree of weakening was larger, while the hardness of steamed bread was the largest.

Keywords: wheat flour; steamed bread; quality characteristics; texture; correlation analysis; principal component analysis; clustering analysis

河套小麦粉具有优越的蒸煮特性,烘烤品质上乘是面制品生产工业的上佳原料,主要品质指标已达到了国标一级优质强筋麦标准。面筋仪、粉质仪、拉伸仪、吹泡仪是评价小麦粉品质国际公认的检测仪器,可获得较多的小麦粉品质评价指标^[1-2];利用物性仪对馒头质构评价可以最大限度地减少感官误差,提高评价的准确性和可靠性,是一个重要的辅助手段^[3-5]。众多学者^[6-8]研究表明小麦粉品质指标间既独立存在又密切相关,且小麦粉品质特性对馒头质构具有重要影响。利用小麦粉多指标评价面粉品质时,由于指标数量级有较大的差异和不同程度的相关性,采用主成分降维思想将多个存在一定相关关系的变量减少为几个彼此互不相关又能反映原变量信息的新的综合变量,从而简化数据,便于寻求变量间的线性关系^[9-10],避免了人为选择评价指标的主观性。近年来,大量研究者将主成分分析法应用于梨酒品质^[11]、

基金项目:河套学院自然科学项目(编号:HYZQ201831, HYZQ201717)

作者简介:雍雅萍,女,河套学院讲师,硕士。

通信作者:苏靖(1984—),女,河套学院讲师,硕士。

E-mail: 165634113@qq.com

收稿日期:2020-07-15

小米淀粉理化特性分析^[12]、大米品质^[13]、大豆品质^[14]、花生品质^[15]、小麦品质^[16]等的综合分析。

研究拟通过测定 14 种河套小麦粉的粉质指标、拉伸指标、吹泡指标、馒头体积、比容、质构指标,采用主成分分析和聚类分析的统计学方法评价小麦粉品质指标与馒头品质之间的关系,旨在为河套小麦粉加工提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鸡鹿塞兆丰十年粉系列(N1、N2、N3):内蒙古兆丰河套面业有限公司;

鸡鹿塞兆丰有机粉系列(X1、X2、X3):内蒙古兆丰河套面业有限公司;

鸡鹿塞兆丰富硒小麦粉系列(FX1、FX2):内蒙古兆丰河套面业有限公司;

乌拉特中旗石哈河大小红麦粉(H1、H2):河套学院小麦育种中心;

农大 3753(Z2):河套学院小麦育种中心;

乌拉特中旗黑小麦高筋粉(Z1):乌拉特中旗好联丰有机农牧业专业合作社;

弘盛石磨粉(H3):内蒙古亨得利食品工业有限责任公司;

套外香农家面(H4):巴彦淖尔市飞宏兄弟食品有限公司;

法国乐思福活性干酵母:乐思福(明光)有限公司;

粉质仪:NHS99046 型,德国布拉班德公司;

拉伸仪:NHS02001 型,德国布拉班德公司;

吹泡仪:NG 型,法国肖邦公司;

质构仪:TA.XT.Pluse 型,英国 Stable Micro System 公司;

谷物近红外分析仪:9500 型,瑞典波通仪器公司;

面筋仪:JZSM 型,上海嘉定粮油仪器公司;

体积测定仪:BVM6630 型,瑞典波通公司;

醒发箱:JXFD 7 型,北京东孚久恒仪器技术有限公司;

切片机:SM-302 型,新麦机械(无锡)有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 小麦粉品质指标测定

(1) 小麦粉吹泡指标:按 GB/T 14614.4—2005 执行。

(2) 面团粉质指标:按 GB/T 14614—2006 执行。

(3) 面团拉伸指标:按 GB/T 14615—2006 执行。

(4) 湿面筋含量:按 GB/T 5506.2—2008 执行。

(5) 蛋白质含量:采用谷物近红外分析仪测定。

1.2.2 馒头的制作 取面粉 200 g,水 96 g,酵母 1.6 g,将酵母用水溶解按上述比例和面,将和好的面团置于压片

机上对折压 10 次,将压好的面片分割成质量相同的 2 个面团,搓圆成型,放置在 38 ℃、相对湿度 85% 的醒发室 40 min,蒸 25 min,取出后室温冷却。

1.2.3 馒头比容和体积的测定 取冷却后的待测馒头样品 3 个,分别置于体积测定仪进行测定,取平均值。

1.2.4 馒头质构的测定 取冷却 1 h 后的待测馒头样品各 2 个,用切片机分别将馒头样品切成馒头片,每个样品取中间 3 片,共 6 片,用质构仪测定馒头片的质构参数,取其平均值。测前速度 3.0 mm/s,测试速度 1.0 mm/s,测后速度 1.0 mm/s,时间 2 s,感应力 5 g。

1.3 数据处理

采用 SAS 9.3 对试验数据进行分析与处理。

2 结果分析

2.1 小麦粉品质指标与馒头品质指标间相关性分析

测定了 14 种不同小麦粉的粉质指标、拉伸指标及吹泡指标等 19 个品质指标数据,由于数据量纲不一致,将数据进行标注化处理后获得小麦粉品质指标间相关系数矩阵,结果见表 1。

由表 1 可知,小麦粉品质指标间具有良好的相关性,蛋白质与湿面筋之间呈显著相关性,面团拉伸能量和延伸度与蛋白质和面筋呈极显著正相关;弱化度与形成时间、稳定时间呈极显著负相关;面团吹泡指标 P 值、 W 值与小麦粉中破损淀粉含量呈极显著负相关,说明破损淀粉含量增加会导致面团延伸性降低,所制产品组织变软且支撑力减小^[17-18]。 W 值与形成时间、稳定时间、拉伸能量、延伸度呈显著正相关,且与小麦粉湿面筋和蛋白质呈显著正相关。

小麦粉品质指标与馒头质构指标间的相关性分析见表 2。馒头的弹性、回复性与小麦粉的蛋白质含量和湿面筋含量呈显著正相关;而馒头体积与蛋白质含量相关但不显著,与 Hou 等^[19]的结果一致。馒头体积与吸水率、吹泡指标 I_e 值呈显著正相关。有研究^[20]指出吸水率通过影响馒头的质量和孔隙度,与馒头体积呈正比。馒头硬度与 P/L 值呈显著正相关;馒头的黏着性与蛋白质、吸水率、最大拉伸阻力、 P/L 值呈显著负相关;弱化度显著影响馒头内聚性(呈显著负相关)。面团拉伸阻力、拉伸比、 P 值、 W 值、 I_e 值显著影响馒头的比容(呈正相关)。李树高等^[22-24]研究发现馒头比容与蛋白质含量、面团筋力高度相关,麦谷蛋白对馒头醒发过程中保持面团高度具有相关性。馒头内聚性与弱化度呈显著负相关,与拉伸阻力、拉伸比、最大拉伸比呈显著正相关。

由表 3 可知,馒头质构指标间具有密切的相关性,馒头硬度与比容、馒头体积、黏着性、回复性呈极显著负相关,与咀嚼性呈极显著正相关。说明馒头硬度越小,咀嚼性越好;咀嚼性与馒头体积、馒头比容、黏着性呈极显

著负相关;回复性与内聚性呈极显著正相关关系;馒头弹性与黏着性呈极显著正相关。

2.2 小麦粉品质指标主成分分析

从上述结果可以看出,小麦粉 19 个品质指标间既有

独立性也有密切相关性,采用变量相关系数矩阵对小麦粉的 19 个品质指标进行主成分分析,以提高小麦粉品质评价效率。

对小麦粉品质19个指标进行主成分分析,由表4可

表 1 小麦粉品质指标间相关矩阵[†]

Table 1 Correlation matrix between wheat flour quality Indicators

品质指标	蛋白质	破损淀粉	吸水率	形成时间	稳定时间	弱化度	拉伸能量	延伸度	拉伸阻力
湿面筋	0.774 *	0.306	0.139	0.763 *	0.631 *	0.359	0.833 * *	0.633 * *	0.037
蛋白质	1.000	0.030	0.023	0.028	0.609 *	0.052	0.737 * *	0.671 * *	0.228
破损淀粉		1.000	0.076	0.449	0.426	0.493	0.391	0.078	0.379
吸水率			1.000	0.291	0.247	0.167	0.146	0.737 *	0.235
形成时间				1.000	0.955 * *	-0.927 * *	0.659 *	0.044	0.609 *
稳定时间					1.000	-0.879 * *	0.673 * *	0.150	0.566 *
弱化度						1.000	-0.664 * *	0.112	-0.571 *
拉伸能量							1.000	0.171	0.881 * *
延伸度								1.000	0.282
拉伸阻力									1.000
最大拉伸阻力									
拉伸比									
最大拉伸比									
P									
L									
G									
W									
P/L									

品质指标	最大拉伸阻力	拉伸比	最大拉伸比	P	L	G	W	P/L	Ie
湿面筋	0.266 *	0.116	0.128	0.529	0.084	0.085	0.517 *	0.166	0.287
蛋白质	0.297 *	0.249	0.057	0.187	0.033	0.030	0.283	0.075	0.323
破损淀粉	0.349	0.312	0.322	-0.704 * *	0.013	0.024	-0.719 * *	0.284	0.001
吸水率	0.833 *	0.248	0.129	0.087	0.177	0.139	0.011	0.016	0.431
形成时间	0.671 * *	0.519	0.639 *	0.470 *	0.299	0.325	0.634 *	0.079	0.82 * *
稳定时间	0.679 * *	0.459	0.614 *	0.490	0.276	0.298	0.631 *	0.037	0.623 *
弱化度	-0.658 *	0.462	-0.613 *	0.385	0.463	0.492	-0.658 *	0.248	0.519 *
拉伸能量	0.971 * *	0.709 * *	0.901 * *	0.212	0.325	0.356	0.813 * *	0.230	0.558 *
延伸度	0.042	-0.555 *	0.253	0.028	0.326	0.597 *	0.623 *	0.165	-0.620 * *
拉伸阻力	0.934 * *	0.952 * *	0.965 * *	0.229	0.105	0.142	0.669 *	0.072	0.707 *
最大拉伸阻力	1.000	0.823 * *	0.974 * *	0.201	0.794 *	0.329	0.418	0.227	0.685 *
拉伸比		1.000	0.914 * *	0.215	0.002	0.041	0.837 * *	0.419 *	0.394
最大拉伸比			1.000	0.187	0.235	0.270	0.795 *	0.691 *	0.208
P				1.000	0.339	0.312	0.816 * *	0.626 *	0.030
L					1.000	0.996 * *	0.178	-0.887 * *	0.230
G						1.000	0.216	-0.901 * *	0.196
W							1.000	0.117	0.201
P/L								1.000	0.067

† * * 表示 P<0.01; * 表示 P<0.05。

表 2 小麦粉品质指标与馒头质构指标间相关性[†]

指标	馒头体积	馒头比容	硬度	黏着性	内聚性	弹性	咀嚼性	回复性
湿面筋	0.114	0.088	0.143	0.121	0.178	0.822 *	0.130	0.643 *
蛋白质	0.313	0.202	0.280	-0.356 *	0.030	0.791 *	0.325	0.752 *
破损淀粉	0.048	0.059	0.226	0.336	0.307	0.284	0.259	0.055
吸水率	0.566 *	0.471	0.427	-0.519 *	0.340	0.248	0.432	0.440
形成时间	0.255	0.356	0.222	0.053	0.312	0.013	0.191	-0.617 *
稳定时间	0.268	0.324	0.185	0.024	0.203	0.101	0.170	0.023
弱化度	0.265	0.415	0.303	0.185	-0.722 *	0.142	0.277	0.172
拉伸能量	0.264	0.415	0.429	0.101	0.436	0.155	0.400	0.266
延伸度	0.339	0.358	0.274	0.080	0.365	0.132	0.269	-0.602 *
拉伸阻力	0.377	0.539 *	0.452	0.150	0.583 *	0.068	0.420	0.481
最大拉伸阻力	0.343	0.493	0.512	-0.865 *	0.493	0.089	0.487	0.376
拉伸比	0.460	0.599 *	0.473	0.104	0.600 *	0.005	0.446	0.587 *
最大拉伸比	0.374	0.529	0.526	0.059	0.541 *	0.060	0.500	0.469
<i>P</i>	0.173	0.768 * *	0.292	-0.307	0.100	0.200	0.310	0.010
<i>L</i>	0.045	0.041	0.269	0.459	0.118	0.405	0.224	0.068
<i>G</i>	0.018	0.102	0.327	0.497	0.152	0.439	0.280	0.130
<i>W</i>	0.436	0.709 * *	0.063	0.126	0.296	0.089	0.027	0.223
<i>P/L</i>	0.089	0.184	0.518 *	-0.616 *	0.130	-0.493 *	0.488	0.237
<i>Ie</i>	0.793 * *	0.773 * *	0.482	0.540 *	0.243	0.004	0.519	0.422

[†] * * 表示 $P<0.01$; * 表示 $P<0.05$ 。

表 3 馒头质构指标间相关矩阵[†]

质构指标	馒头体积	馒头比容	硬度	黏着性	内聚性	弹性	咀嚼性	回复性
馒头体积	1.000	0.918 * *	-0.668 * *	0.551 *	0.341	0.227	-0.684 * *	0.497
馒头比容		1.000	-0.768 * *	0.528	0.425	0.303	-0.780 * *	0.549 *
硬度			1.000	-0.687 * *	-0.562 *	0.472	0.993 * *	-0.733 * *
黏着性				1.000	0.259	0.666 * *	-0.671 * *	0.480
内聚性					1.000	0.344	0.480	0.848 * *
弹性						1.000	0.413	0.469
咀嚼性							1.000	-0.671 * *

[†] * * 表示 $P<0.01$; * 表示 $P<0.05$ 。

知,前 5 个主成分特征值均大于 1 且特征值最大,前 5 个主成分方差贡献率分别为 41.7%,17.3%,14.2%,13.5%,11.2%且累计贡献率达 97.9%,故前 5 个主成分可以较好地解释 19 个品质指标所包含的大部分信息,因此提取前 5 个主成分对 14 种小麦粉品质进行概括。

表 5 为主成分载荷矩阵,可以揭示主成分与变量之间的线性组合关系。由表 5 可知,第 1 主成分形成时间、稳定时间、拉伸能量、拉伸阻力、最大拉伸阻力、最大拉伸比的系数绝对值较大,反映小麦粉粉质拉伸特性;第 2 主成分 *L* 值、*G* 值系数绝对值较大;第 5 主成分中 *P* 值和拉

表 4 相关矩阵特征根及累积贡献率

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	7.927	41.7	41.7
2	3.286	17.3	59.0
3	2.702	14.2	73.2
4	2.567	13.5	86.8
5	2.125	11.2	97.9

表 5 主成分载荷矩阵

Table 5 Component matrix of principal component analysis

品质指标	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分
湿面筋	0.206	0.191	0.340	0.282	-0.169
蛋白质	0.168	0.147	0.305	0.216	-0.224
破损淀粉	0.081	-0.040	-0.305	0.385	-0.428
吸水率	0.131	0.159	-0.089	0.129	-0.082
形成时间	0.311	-0.039	-0.055	-0.104	-0.069
稳定时间	0.310	-0.004	0.039	-0.087	-0.153
弱化度	-0.144	0.316	-0.070	0.588	0.309
拉伸能量	0.350	-0.027	0.026	0.015	-0.126
延伸度	0.096	0.324	0.353	0.004	-0.325
拉伸阻力	0.312	-0.135	-0.156	-0.043	0.011
最大拉伸阻力	0.340	-0.004	-0.245	-0.023	-0.024
拉伸比	0.261	-0.180	-0.166	0.226	0.314
最大拉伸比	0.314	-0.187	-0.057	-0.052	0.024
<i>P</i>	0.149	0.103	0.344	0.033	0.495
<i>L</i>	0.127	0.473	-0.234	-0.131	0.132
<i>G</i>	0.116	0.495	-0.159	-0.128	0.096
<i>W</i>	0.284	-0.017	0.322	-0.248	0.254
<i>P/L</i>	0.075	-0.376	0.262	0.383	0.097
<i>Ie</i>	0.205	0.024	-0.265	0.212	0.199

伸比系数绝对值最大,故第 2 和第 5 主成分反映面团延展性;第 3 主成分中湿面筋、蛋白质含量、延伸度、*W* 值系数绝对值较大,反映小麦蛋白质特性;第 4 主成分中破损淀粉、弱化度、*P/L* 值系数绝对值较大,反映面团机械承受能力。由此可见,5 个主成分可以较全面地反映小麦粉品质信息。

2.3 不同品种小麦粉的聚类分析

结合主成分分析结果,使用 Ward 法对小麦粉样品进行系统聚类,结果如图 1 所示。由图 1 可知,在类间距离为 20 时,14 种样品可分为 4 类,第 1 类聚集 3 个样品(N1、N2、N3);第 2 类聚集 5 个样品(X1、X2、H1、H4、Z2);第 3 类聚集 5 个样品(FX1、FX2、H2、H3、Z1);第 4 类 1 个样品(X3)。

由表 6 可知,第 1、第 4 类与第 2、第 3 类的小麦粉的吸水率、稳定时间有显著差异($P<0.05$);第 1、第 2 类与第 3、第 4 类小麦粉的弱化度、延伸度、拉伸阻力、最大拉伸阻力、拉伸比之间存在显著差异;馒头内聚性与弱化度呈显著负相关;而第 4 类小麦粉的最大拉伸比与其他 3 类有显著差异;小麦粉吹泡指标中第 4 类面粉中的 *P* 值、*L* 值、*P/L* 值、*Ie* 值与其他类之间具有显著差异;第 1 类小麦粉的 *G* 值与其他 3 类的 *G* 值具有显著差异,而 4 类小麦粉的 *W* 值之间具有显著差异。对比 4 类小麦粉的馒头质构指标可知,馒头比容具有显著差异,第 4 类小麦粉

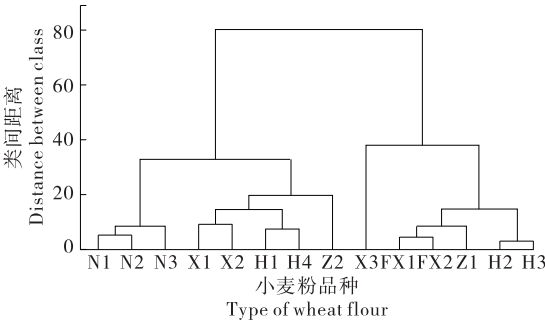


图 1 聚类分析群集图

Figure 1 Diagram of cluster analysis

馒头的黏着性、内聚性、咀嚼性与第 1 类之间具有显著差异。与其他 3 类相比,第 4 类面粉的形成时间、稳定时间、最大拉伸阻力、最大拉伸比、*L* 值、*G* 值、*W* 值、*Ie* 值较小,弱化度较大,制作的馒头硬度最大。说明第 4 类小麦粉筋力较弱,面团在搅拌过程中易流变,其中的麦谷蛋白二硫键结合不牢固,面团在发酵过程中保持二氧化碳气体能力较弱,蒸制的馒头品质较差^[25]。

3 结论

通过对 19 个小麦粉品质指标进行相关性分析、主成分分析、聚类分析,评价馒头品质。结果表明,综合反映面团筋力指标的蛋白质、湿面筋、形成时间、稳定时间、*P*

表 6 小麦粉聚类分析和馒头质构指标统计值[†]

Table 6 Cluster analysis of wheat flour and statistical values of texture indexes of steamed bread

指标	第 1 类	第 2 类	第 3 类	第 4 类
湿面筋	33.267±0.462	31.140±1.736	31.140±1.736	31.150±0.007
蛋白质	15.033±0.252	14.880±1.165	14.880±1.165	15.000±0.141
破损淀粉	19.667±4.545	23.960±1.588	23.960±1.588	23.100±0.282
吸水率	58.133±0.666 ^a	59.280±2.435 ^b	59.280±2.435 ^b	59.200±0.849 ^c
形成时间	8.433±1.450 ^a	4.500±0.880 ^b	4.500±0.880 ^b	3.200±0.141 ^b
稳定时间	14.367±2.739 ^c	5.640±1.474 ^b	5.640±1.474 ^b	3.700±0.989 ^a
弱化度	48.000±8.185 ^a	77.600±14.758 ^a	77.600±14.758 ^b	104.000±2.828 ^b
拉伸能量	110.000±13.115	76.800±5.805	76.800±5.805	66.000±4.243
延伸度	154.000±8.000 ^a	157.400±6.465 ^a	157.400±6.465 ^b	154.000±5.657 ^b
拉伸阻力	383.333±20.817 ^a	271.600±25.667 ^a	271.600±25.667 ^b	276.000±4.243 ^b
最大拉伸阻力	528.333±35.838 ^a	345.000±23.087 ^a	345.000±23.087 ^b	289.000±11.314 ^b
拉伸比	2.533±0.058 ^a	1.740±0.251 ^a	1.740±0.251 ^b	1.800±0.141 ^b
最大拉伸比	3.433±0.115 ^a	2.180±0.164 ^b	2.180±0.164 ^b	1.900±0.283 ^{ab}
<i>P</i>	121.333±19.218 ^a	70.400±8.792 ^a	70.400±8.792 ^a	97.000±2.828 ^b
<i>L</i>	100.667±6.807 ^a	109.200±16.453 ^a	109.200±16.453 ^a	39.000±2.828 ^b
<i>G</i>	22.267±0.777 ^a	23.140±1.812 ^b	23.140±1.812 ^b	13.900±0.141 ^b
<i>W</i>	433.667±72.196 ^b	232.000±56.661 ^{bc}	232.000±56.661 ^c	136.000±1.414 ^a
<i>P/L</i>	1.210±0.207 ^a	0.662±0.161 ^a	0.662±0.161 ^a	2.445±0.021 ^b
<i>Ie</i>	0.617±0.015 ^a	0.512±0.059 ^a	0.512±0.059 ^a	0.280±0.071 ^b
馒头体积	328.167±25.467	337.000±49.992	304.500±15.435	271.000±1.532
馒头比容	2.197±0.186 ^{ab}	2.296±0.284 ^a	2.024±0.111 ^{ab}	1.790±0.042 ^b
硬度	4 036.350±1 594.960 ^b	2 362.360±732.167 ^b	4 001.670±817.956 ^b	3 703.420±18.265 ^a
黏着性	-39.323±21.434 ^a	-31.064±14.830 ^a	-23.322±7.317 ^a	-74.970±0.325 ^b
内聚性	0.807±0.021 ^a	0.804±0.027 ^a	0.776±0.044 ^a	0.760±0.463 ^b
弹性	88.393±1.792	89.390±2.841	89.320±0.841	84.910±0.396
咀嚼性	2 849.870±1034.700 ^b	1 689.880±521.131 ^b	2 753.730±438.277 ^b	4 309.140±4.469 ^a
回复性	40.807±1.627	41.910±3.561	39.084±4.306	34.250±1.350

[†] 字母不同表示均值间存在显著差异($P<0.05$)。

值、*L* 值、*W* 值、弱化度显著影响馒头品质,弱化度较大的小麦粉制作的馒头内聚性较差,硬度也较大,咀嚼性较差,说明面团筋力可以显著影响馒头品质,是评价馒头品质最重要的因素。后续可采用感官评价和质构相结合综合评价小麦粉品质对馒头品质的影响,为馒头品质改良提供理论支撑。

参考文献

- [1] 张强涛,周玲,曹阳,等. 不同类型小麦粉吹泡特性指标与品质指标间相关性分析[J]. 现代面粉工业, 2018(4): 23-27.
- [2] AHMAD M. Genetic evaluation of gliadin and glutenin sub-units and their correlation to rheological properties in bread wheat[J]. Genet Breed, 2000, 54: 143-147.
- [3] 王军,程晶晶,岳田利,等. 黑小豆超微全粉对面团流变学特性及馒头品质的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(1): 104-110.
- [4] 贾凤娟,王文亮,弓志青,等. 毛木耳粉对小麦面团、馒头质构特性及馒头品质的影响[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(3): 83-87.
- [5] 吴青兰,江昊,郭鑫,等. 脱皮率对小麦粉、面团及馒头品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(10): 46-50.
- [6] 姜小苓,张强涛,田红玉,等. 面团流变学特性分析方法比较及其主要参数相关性分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 257-261.
- [7] 付苗苗,黄社章,王晓曦. 小麦粉品质与馒头质构特性的关系研究[J]. 河南工业大学(自然科学版), 2013, 34(4): 48-51.
- [8] 彭义峰,刘彦军,班进福,等. 面粉流变学特性相关性及馒头高度的通经分析[J]. 华北农学报, 2011, 26(增刊): 291-301.
- [9] 于秀林,任雪松. 多元统计分析[M]. 中国统计出版社, 1999: 154-170.
- [10] 裴喜春. SAS 及应用[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2007: 205-207.

(下转第 62 页)

表 7 槟榔半成品转运检测结果表

Table 7 Test results of areca semi-finished products during transportation process CFU/g

序号	转运时间/h	菌落数			霉菌			大肠菌群		
		出厂前	低温转运	常温转运	出厂前	低温转运	常温转运	出厂前	低温转运	常温转运
企业 1	1.5	110	200	230	<10	<10	<10	<10	<10	<10
企业 2	2.0	810	1 200	1 800	<10	10	<10	<10	<10	<10
企业 3	1.0	55	100	110	10	<10	<10	<10	<10	<10
企业 4	0.5	40	65	70	10	10	<10	<10	<10	<10
企业 5	0.5	10	25	30	<10	<10	<10	<10	<10	<10
企业 6	0.5	15	30	35	<10	<10	<10	<10	<10	<10

较,结果见表 7。由表 7 可知,转运时间越长,低温转运和常温转运菌落总数差别越大,原因是转运时间越长,温度越高,微生物繁殖能力越快。建议槟榔生产企业统一用较低温度转运半成品,以保证产品质量。

3 结论

对食用槟榔加工过程微生物指标进行了检测及分析,结果表明:① 槟榔青干果对贮藏条件要求高;② 生产清洁作业区配备空气净化系统空气洁净度比无空气净化系统的高;③ 加强工器具消毒灭菌,做好人员卫生管理、减少各阶段产品暴露时间、降低转运温度,可以有效控制生产过程微生物增长。

参考文献

[1] 颜炳稳. 漫话海南的槟榔[J]. 生物学教, 2000, 25(9): 43-44.

[2] 广东省植物研究所. 海南植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 169-170.

[3] 谭乐和. 世界槟榔加工技术发展现状及其我国槟榔产业化发展对策[J]. 热带农业科学, 2005, 25(4): 40-43.

[4] 严聘, 李彦. 食用槟榔的加工工艺研究[J]. 食品与机械, 2003(6): 34-35.

[5] 黄慧德. 2015 年槟榔产业发展报告及形势预测[J]. 世界热带农业信息, 2017(1): 31-39.

[6] 王友水, 蒋小平, 刘亮, 等. 食用槟榔加工中微生物污染状况调查[J]. 实用预防医学, 2007, 14(3): 795-796.

[7] 邓峥华, 邓春明, 李帮锐. 市售食用槟榔微生物污染状况调查分析[J]. 海峡预防医学杂志, 2015, 21(3): 66-67.

[8] 彭进平, 张兆强, 胡晓红, 等. 湖南省食用槟榔卫生检测结果分析[J]. 实用预防医学, 2005, 12(5): 1 087-1 088.

[9] 陈耕, 刘忠义. 食用青果槟榔加工工艺研究[J]. 食品科技, 2009, 34(8): 80-83.

[10] 邓建阳, 李浩, 蒋雪薇, 等. 食用槟榔加工工艺及其化学与微生物污染研究进展[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 173-176.

[11] 赵国群, 赵一凡, 关军锋, 等. 基于主成分与聚类分析的梨酒品质分析与综合评价[J]. 中国酿造, 2018, 37(2): 111-115.

[12] 张桂英, 张喜文, 杨斌, 等. 不同品种小米淀粉理化特性的主成分分析与聚类分析[J]. 现代食品科技, 2017, 33(11): 224-229.

[13] 邹德堂. 黑龙江省稻米品质形状的主成分分析[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(3): 17-21.

[14] 宋江峰, 刘春泉, 姜晓青, 等. 基于主成分与聚类分析的莱用大豆品质综合评价[J]. 食品科学, 2015, 36(13): 12-17.

[15] 殷冬梅, 张苹果, 王允, 等. 花生主要品质形状的主成分分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 507-512.

[16] 赵鹏涛, 赵卫国, 罗红炼, 等. 小麦主要品质形状相关性主成分分析[J]. 中国农学通报, 2019, 35(21): 7-13.

[17] 朱宝成. 破损淀粉的研究与应用[J]. 现代面粉工业, 2014, 28(6): 9-11.

[18] 张蓓, 张剑, 李梦琴. 小麦粉破损淀粉含量对面团发酵性能的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(12): 70-74.

[19] HOU Li-ming, ZEMETRA R S, BIRZER D. Wheat genotype and environment effects on Chinese steamed bread quality[J]. Crop Science, 1991, 31: 1 279-1 282.

[20] 白建民, 刘长虹, 张运欢. 面团流变学特性与馒头体积之间的关系[J]. 粮油加工, 2009(12): 114-116.

[21] ZHU J, HUANG S, KHAN K, et al. Relationship of protein quantily and dough properties with Chinese steamed bread quality[J]. Journal of Cereal Science, 2001(33): 205-212.

[22] 李树高. 影响馒头品质影响因素探讨[J]. 粮食加工, 2010, 35(4): 72-73.

[23] 张春庆, 李晴旗. 影响普通小麦加工馒头质量的主要品质性状研究. 中国农业科学, 1993, 26(2): 39-46.

[24] HUANG Si-di, YUN Suk-hun, QUAIL K, et al. Establishment of flour quality guidelines for northern style Chinese steamed bread[J]. Journal of Cereal Science, 1996(24): 179-185.

[25] 吕晓亚, 王菲, 张会涛, 等. 中筋小麦粉流品质特性及馒头蒸煮品质研究[J]. 现代面粉工业, 2011(6): 17-22.