

山西小米与小麦混合粉流变学特性的分析

张桂英¹, 张喜文¹, 申瑞玲², 李萍¹, 杜文娟¹, 姜龙波¹

(1. 山西省农业科学院谷子研究所, 山西 长治 046011; 2. 郑州轻工业学院, 河南 郑州 450000)

摘要:采用主成分和因子分析方法对山西小米-小麦混合粉的粉质特性和拉伸特性进行分析和评价。结果表明,面团流变学各指标间相关性显著,主成分和因子分析适合于对小米-小麦混合粉粉质特性和拉伸特性进行综合评价。通过分析各成分的特征值和方差贡献率,前2个主成分的累计贡献率已达91.18%,并且总方差73.99%的贡献来自于因子1,所对应的形成时间、稳定时间、弱化度、吸水率是小米-小麦混合粉流变学特性的特征指标。第1、2主成分反映了面团流变学的综合信息,从而体现出山西不同小米品种加工品质优劣,根据主成分的综合得分,长农35和长生07流变学特性好,长农40、112和113流变学特性较差。

关键词:小米;小麦;面团流变学;主成分;因子分析

中图分类号:TS 210.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2018)03-0012-04

Analysis of rheological characteristics of mixed flour of millet and wheat in Shanxi

ZHANG Gui-ying¹, ZHANG Xi-wen¹, SHEN Rui-ling², LI Ping¹, DU Wen-juan¹, JIANG Long-bo¹

(1. Millet Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Changzhi Shanxi 046011;

2. Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou Henan 450000)

Abstract: The farinograph characteristics and stretchability of the mixed flour of millet and wheat produced in Shanxi province were analyzed and evaluated by principal component and factor analysis methods. The results displayed that the correlation among dough rheological indicators was significant, and the methods were suitable to evaluate the characteristics. By calculating eigenvalue and variance contribution of each component, the accumulative contribution rate of the first two principal components reached 91.18%, the first factor accounted for 73.99% of the total variance, indicating that development time, stability time, degree of softening, water absorption were the characteristic multi-index of the rheological properties of the mixed flour. The first two principal components could represent comprehensive information of dough rheology, which showed the processing quality of different variety of millet. Based on the comprehensive scores, the rheological properties of Changnong 35 and Changsheng 07 were good, and Changnong 40, 112 and 113 were poor.

Key words: millet; wheat; dough rheological property; principal component; factor analysis

谷子又名粟,是我国古老的栽培作物之一^[1]。我国谷子的分布面积较广,主产区为华北、西北、东北地区^[2]。其中山西省由于复杂多样的地形和气候,造就了山西不仅是谷子的主产区,也是拥有沁

州黄等多个知名谷子品种的优质产区。谷子脱壳后称为小米,小米富含碳水化合物、蛋白质、脂肪三大营养素和多种维生素、矿物质等微量营养物质,脂肪含量高于大米和小麦,且各种营养成分易被人体吸收^[3-6]。

面团流变学特性不仅决定了加工过程中面团操作性能,而且对产品的品质有重要影响,是评价

收稿日期:2017-06-04

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项基金资助项目(nycytx-13)

作者简介:张桂英,1983年出生,女,助理研究员,硕士。

通讯作者:张喜文,1954年出生,男,研究员。

小麦粉加工品质的重要指标^[7-11]。小米粉不含面筋蛋白,无法形成面团网状结构^[12-13],不能形成具有粘弹性的面团,可塑性极差。将小米粉添加到小麦粉后,从小米-小麦混合粉的角度,研究山西不同品种的小米粉加工特性,对小米的深加工具有重要意义。目前国内外对小米的研究主要集中在品种选育,淀粉特性,挤压膨化等方面,对小米加工品质研究报道较少。本研究是以山西小米品种,按0%~35%的比例添加到小麦粉中,利用主成分和因子分析对小米-小麦混合粉流变学特性进行分析,筛选出特定的品种,确定最佳的添加比例,旨在为小米的深加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

长农35、青谷、长生07、长农40、112、113谷子品种:由山西农科院谷子研究所提供,其中112、113为糯性品种;大同29:由山西农科院高寒区作物研究所提供;晋谷51:由山西农科院作物科学研究所提供;晋谷21:由山西农科院经济作物研究所提供。小麦粉(特一粉):郑州中粮粮油工业有限公司。

1.2 仪器与设备

MF-304磨粉机:广州市雷迈机械设备有限公司;Farinograph-AT粉质仪、Extensograph-E拉伸仪、Brabender微型黏度糊化仪:德国Brabender公司。

1.3 方法

1.3.1 小米粉制备流程

小米→除杂→干燥→磨粉→过筛(100目)→小米粉。

1.3.2 配粉

将小米粉与小麦粉按质量比进行梯度配粉,小米粉所占比例分别为0%、5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%。配粉后充分混匀并过80目筛进行测定。

1.3.3 流变学特性测定

粉质特性参数采用德国布拉本德粉质仪,参照ICC, No. 115和GB/T 14614—2006方法进行测定;拉伸特性参数采用德国布拉本德拉伸仪,参照ICC标准, No. 114和GB/T 14615—2006方法进行测定。

1.3.4 数据处理

每次实验均重复3次,采用SPSS18.0统计分析软件,对小米-小麦混合粉流变学特性的进行主成分分析和因子分析。

2 结果分析

2.1 小米-小麦混合粉流变学特性

将9个品种小米粉以不同比例分别添加到小麦粉中,粉质和拉伸特性参数测定结果见表1,从表1可以看出,吸水率变异系数为3.7%,比较小,其他8项指标的变异系数均较大,特别是形成时间、稳定时间和拉伸曲线面积的变异系数更大,说明不同品种不同添加比例的混合粉品质指标差异较大。

表1 小米-小麦混粉粉质和拉伸特性参数测定结果

指标	最小值	最大值	变异幅度	平均值	变异系数	标准差
吸水率/%	54.6	63.0	8.5	59.5	3.7	2.196
形成时间/min	1.3	4.6	3.3	2.7	45.2	1.211
稳定时间/min	2.6	7.1	4.5	5.3	20.9	1.110
弱化度/FU	89	155	66.5	104.6	12.9	13.471
质量指数	33	79	45.5	60.1	18.2	10.928
拉伸曲线面积/cm ²	21	101	79.5	56.2	43.5	24.463
拉伸阻力/cm	149	351	202.0	256.1	19.7	50.421
延伸度/cm	86	171	85.0	131.5	20.3	26.675
最大拉伸阻力/cm	149	453	304.0	299.5	29.2	87.566

2.2 小米-小麦混合粉流变学特性的因子分析

因子分析是用少量的因子来解释原有变量之间的相关性,要求原有变量之间存在显著的相关性,从中能综合反映某些变量共同特征的少数公共因子^[14]。本研究采用统计软件SPSS18.0的因子分

析法对原始数据进行预处理,将原有9个变量进行标准化处理,得出各变量之间的相关系数见表2,结果表明99%的相关系数大于0.3,9个原始变量存在信息上的重叠,其相关性比较强,因此可以用适当的因子模型解释变量之间的关系^[15]。

表2 各指标间的相关系数

指标	吸水率	形成时间	稳定时间	弱化度	质量指数	拉伸曲线面积	拉伸阻力	延伸度	最大拉伸阻力
吸水率	1.000								
形成时间	0.607 **	1.000							
稳定时间	0.291 *	0.763 **	1.000						
弱化度	0.161	-0.391 **	-0.829 **	1.000					
质量指数	0.327 **	0.798 **	0.992 **	-0.813 **	1.000				
拉伸曲线面积	0.710 **	0.866 **	0.832 **	-0.493 **	0.849 **	1.000			
拉伸阻力	0.447 **	0.580 **	0.776 **	-0.557 **	0.751 **	0.817 **	1.000		
延伸度	0.788 **	0.848 **	0.703 **	-0.335 **	0.727 **	0.945 **	0.667 **	1.000	
最大拉伸阻力	0.599 **	0.783 **	0.867 **	-0.565 **	0.867 **	0.960 **	0.934 **	0.843 **	1.000

注: * 在0.05水平上显著相关; ** 在0.01水平上显著相关。

2.2.1 混合粉流变学特性的主成分分析

通过表2的各指标间的相关系数,用主成分分析法计算该相关矩阵的特征值和特征向量得到特征值和方差贡献率的分析结果见表3,前2个主成分的累计方差贡献率达到91.18%,说明前2个主成分所包含的信息量可以反映出9个变量的大部分信息,因此可将吸水率、形成时间、稳定时间、弱化度、质量指数、拉伸曲线面积、拉伸阻力、延伸度和最大拉伸阻力压缩成2个主成分。

表3 因子分析初始解对原有变量总体分析

指标	总方差	方差贡献率/%	方差累计贡献率/%
1	6.659	73.986	73.986
2	1.548	17.196	91.182
3	0.469	5.211	96.393
4	0.167	1.857	98.250
5	0.085	0.943	99.193
6	0.041	0.451	99.644
7	0.025	0.278	99.922
8	0.005	0.052	99.973
9	0.002	0.027	100.000

2.2.2 混合粉流变学特性的影响因子数及分析

用主成分提取公共因子,总方差91.18%的贡献率来自前2个因子。用方差极大法进行因子旋转,得到旋转因子载荷矩阵见表4。从表4可看出,第1个因子与形成时间、稳定时间、弱化度呈高度正相关,与吸水率呈高度负相关;第2个因子与质量指数、拉伸曲线面积、拉伸阻力、延伸度、最大拉伸阻力呈高度正相关;总方差73.99%的贡献是来自于因子1,因此所对应的形成时间、稳定时间、弱化度、吸水率是小米-小麦混合粉流变学特性的特征指标。

表4 方差极大法对因子载荷矩阵旋转后的结果

变量	指标		指标	
	初始因子1	初始因子2	旋转因子1	旋转因子2
吸水率	0.976	0.177	-0.969	0.081
形成时间	0.971	0.033	0.899	0.407
稳定时间	0.933	-0.305	0.878	0.440
弱化度	0.925	-0.344	0.665	0.544
质量指数	0.894	0.353	-0.119	0.964
拉伸曲线面积	0.869	0.187	0.386	0.880
拉伸阻力	0.856	-0.081	0.569	0.812
延伸度	0.594	0.768	0.485	0.745
最大拉伸阻力	-0.632	0.740	0.666	0.707

2.3 混合粉流变学特性的主因子得分和综合评价

计算各品种的主因子得分,根据前2个主因子的贡献率和因子得分 f_i ,可建立小米-小麦混合粉流变学特性综合评价数学模型: $f = (73.986 \times f_1 + 17.196 \times f_2) / 91.182$

利用该模型计算小米-小麦混合粉面团流变学特性的综合得分,根据小米-小麦混合粉流变学特性的综合得分进行排序,结果如表5所示,随着小米粉添加比例的增加,小米-小麦混合粉的流变学特性综合得分逐渐降低。根据综合主成分值及排名,当小米粉的添加量为0%~15%时,在山西9个小米品种中,大同29、长农35和长生07排在前三,面团品质最差为长农40、112和113,当小米粉的添加量为20%~35%时,综合主成分值为负值,表明小米-小麦混合粉面团的流变学特性显著下降;长生07、晋谷21和长农35的综合主成分值较高,大同29、长农40和112与小麦的混合粉面团品质最差。随着小米粉添加量的增加,与其他品种比较,长农35和长生07与小麦粉混合粉面团品质逐步下降,大同29和晋谷21与小麦粉的面团品质大幅下降,因此,长农35和长生07是加工面制品理想的品种。

表5 小米-小麦混合粉流变学特性的各主因子得分

品种	小米粉添加量/%	综合得分与排序			排序
		第一主成分	第二主成分	综合主成分	
长农35	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	4.35	1.30	3.65	2
	10	2.12	0.57	1.78	2
	15	0.78	0.50	0.68	3
	20	-0.78	0.07	-0.62	3
	25	-2.01	-0.48	-1.67	4
青谷	30	-2.73	-0.89	-2.30	3
	35	-3.50	-1.41	-2.97	2
	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	2.51	0.91	2.12	6
	10	1.79	0.59	1.51	5
	15	0.70	0.27	0.59	4
大同29	20	-0.33	-0.22	-0.29	2
	25	-1.80	-0.63	-1.52	3
	30	-2.75	-0.97	-2.32	4
	35	-4.93	-1.16	-4.10	8

续表 5

品种	小米粉添加量/%	第一主成分	第二主成分	综合主成分	排序
大同 29	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	4.41	1.35	3.70	1
	10	3.62	0.65	2.99	1
	15	1.35	0.30	1.12	1
	20	-1.28	-0.27	-1.06	8
	25	-2.61	-0.82	-2.20	8
	30	-3.42	-1.24	-2.89	8
	35	-4.58	-1.56	-3.86	7
晋谷 51	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	2.59	0.60	2.16	5
	10	1.84	0.30	1.52	4
	15	-0.09	-0.22	-0.09	8
	20	-0.91	-0.18	-0.75	4
	25	-2.21	-0.88	-1.88	6
	30	-3.14	-1.24	-2.67	7
	35	-4.40	-1.49	-3.71	5
长生 07	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	2.93	1.07	2.48	3
	10	1.98	0.41	1.64	3
	15	0.34	0.13	0.29	5
	20	-0.25	-0.35	-0.24	1
	25	-1.71	-0.43	-1.43	2
	30	-2.45	-1.04	-2.09	2
	35	-3.95	-1.50	-3.35	3
长农 40	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	2.70	0.92	2.28	4
	10	1.47	0.38	1.23	8
	15	-0.46	-0.01	-0.37	9
	20	-1.11	-0.31	-0.93	7
	25	-2.36	-0.86	-2.00	7
	30	-3.12	-0.93	-2.62	6
	35	-4.90	-1.54	-4.12	9
晋谷 21	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	2.29	0.83	1.93	8
	10	1.67	0.64	1.42	6
	15	1.02	0.28	0.85	2
	20	-1.00	-0.12	-0.82	5
	25	-1.43	-0.75	-1.23	1
	30	-2.14	-0.99	-1.83	1
	35	-2.94	-1.20	-2.50	1
112	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	1.58	0.89	1.37	9
	10	0.43	0.69	0.42	9
	15	-0.07	0.28	-0.03	7
	20	-1.97	-0.12	-1.60	9
	25	-3.01	-0.66	-2.50	9
	30	-3.81	-0.92	-3.17	9
	35	-4.59	-1.21	-3.83	6
113	0	5.18	1.35	4.33	—
	5	2.43	0.99	2.07	7
	10	1.47	0.85	1.27	7
	15	0.18	0.44	0.19	6
	20	-1.13	0.09	-0.90	6
	25	-2.17	-0.25	-1.78	5
	30	-3.08	-0.68	-2.56	5
	35	-4.03	-0.92	-3.35	3

3 小结

面团的流变学特性包括面团的弹性、韧性、延伸性和塑性等,与面包、馒头、面条、饼干等面制品的品质有显著的相关性,是衡量面制品品质和加工用途的主要指标^[16-21]。小米不含面筋蛋白,不能形成蛋白质网络结构,面团流变学特性较差,少量的小米粉添加到小麦粉中对原有的小麦粉面团流变学特性没有显著影响,随着小米粉添加量的增加,

小米-小麦混合粉面团流变性特性逐渐降低,与田晓红^[12]等研究结果一致,当小米粉添加量超过15%时,小米-小麦混合粉面团流变学特性综合主成分值为负值,其面团品质显著降低,原因是随着添加量的增加,面筋蛋白被不断稀释和破坏,使得面团搅拌能力变弱,面粉品质变差。在山西9个小米品种中,长农35和长生07综合评分高,流变学特性稳定,112和113综合评分低,大同29和晋谷21流变学特性变化大,可能与品种本身有关。112和113是糯性品种,其流变学特性差,还可能受地域、气候、温度、湿度等因素的影响,有待于进一步的研究。本研究根据产品的需求特性,对选择合适的品种和添加量有一定的参考意义和数据支撑。

参考文献:

- [1] IBRAHIMA O, DHIFI W, RAIES A, et al. Study of the variability of lipids in some millet cultivars from Tunisia and Mauritania[J]. Rivistaltaliana delve Sostanze Grosse, 2004, 81(2): 112-116.
- [2] 王殿瀛, 郭桂兰, 王节之, 等. 中国谷子主产区谷子生态区划[J]. 华北农学报, 1992, 7(4): 123-128.
- [3] 崔婷, 林亲录, 吴跃, 等. 粟米类淀粉的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 385-391.
- [4] 张超, 张晖, 李冀新. 小米的营养以及应用研究进展[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(1): 51-55.
- [5] 韩菊, 董建芳, 李芳. 油脂中脂肪酸的分析测定[J]. 河北科技大学学报, 2007, 28(3): 209-211.
- [6] Bai Qingyun, Chai Meiqing, Gu Zhenxin, et al. Effects of components in culture medium on glutamate decarboxylase activity and aminobutyric acid accumulation in foxtail millet during germination[J]. Food Chemistry, 2009, 116: 152-157.
- [7] 游玉明, 陈井旺. 面团流变学特性研究进展[J]. 面粉通讯, 2008(3): 46-48
- [8] 李宁波, 王晓曦, 于磊, 等. 面团流变学特性及其在食品加工中的应用[J]. 食品科技, 2008(8): 35-38.
- [9] 吕军仓. 面团流变学及其在面制品中的应用[J]. 粮油加工与食品机械, 2006(2): 66-68.
- [10] 王光瑞, 周桂英, 王瑞. 焙烤品质与面团形成和稳定时间相关分析[J]. 中国粮油学报, 1997, 12(3): 1-6.
- [11] Chung O, Ohm J B. Prediction of baking characteristics of hard winter wheat flours using computer-analyzed mixograph parameters[J]. Cereal Chemistry, 2001, 78(4): 493-497.
- [12] 田小红, 汪丽萍, 谭斌, 等. 小米粉含量对小米小麦混合粉及其挂面品质特性的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(8): 17-22.
- [13] 冯蕾, 李梦琴, 李超然. 小米粉对面条特性及动态力学性质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 118-122.
- [14] 郭宝林, 扬俊霞, 李永慈, 等. 主成分分析法在仁用杏品种主要经济性状选种上的应用研究[J]. 林业科学, 2000, 36(6): 53-56.
- [15] 苟君波, 胡洪利, 吴琦, 等. 荞麦中金属元素的主成分和聚类分析[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 318-321.
- [16] 袁蓓蓓. 杂粮面包粉流变学性质研究及面包工艺优化[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [17] 张雪娇. 小麦淀粉及流变学特性对饺子皮品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012.
- [18] 李宁波, 王晓曦, 于磊, 等. 面团流变学特性及其在食品加工中的应用[J]. 食品开发与机械, 2008, (8): 35-38.
- [19] Autio K, Flander L. Bread quality relationship with rheological measurements of wheat flour dough[J]. Cereal Chemistry, 2001, 78(6): 654-657.
- [20] 李兴林, 马传喜, 卫增泉. 面包质地品质性状的研究Ⅱ面包小麦烘烤品质的逐步回归分析[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(5): 33-36.
- [21] 张春庆, 李晴祺. 影响普通小麦加工馒头质量的主要品质性状的研究[J]. 中国农业科学, 1993, 26(2): 39-46.