

晋中麦区小麦品质与面包质构及色差评价

夏清¹, 杨珍平^{1*}, 刘俊峰¹, 王宝青¹, 孙敏¹, 高志强¹, 李志刚², 张东旭³, 潘辛来⁴, 任江萍⁵

(1. 山西农业大学农学院, 山西 太谷 030801; 2. 山西农业大学食品与工程学院, 山西 太谷 030801;

3. 山西省农科院谷子所, 山西 长治 046000; 4. 山西省农科院棉花科学研究所, 山西 运城 044000;

5. 河南省国家小麦工程中心, 河南 郑州 450000)

摘要:目的:探讨晋中麦区小麦品质与面包质构及色差的关系,选择山西省专用面包粉原料以及充分挖掘山西优质小麦品种资源。方法:选取黄淮冬麦区、北方晚熟冬麦区、北方冬麦区的39个优质小麦品种,在山西省晋中麦区种植,收获后测定籽粒品质与面包质构及色差,并进行相关分析、主成分分析以及聚类分析。结果:晋中麦区适宜发展中强筋小麦品种;其中影响面包小麦的主要品质指标是蛋白质含量、湿面筋含量和沉降值;黏附性和黏附伸长度可以作为评价面包产品的重要指标;亮度值 L^* 和黄度值 b^* 可以作为评价面包产品的辅助指标。本研究筛选出适合在晋中麦区种植的面包小麦品种3个:豫麦34、晋麦67、晋农128;有望改良为面包小麦的品种6个:抗碱麦、乌麦201w22、豫麦70、晋麦72、临汾10号、太麦8003。结论:晋中麦区在发展中强筋小麦品种的同时,更要注重蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值、黏附性、黏附伸长度及面包色差指标的限制,上述信息对选择山西省专用面包粉原料以及充分挖掘山西优质小麦品种资源具有一定的意义。

关键词:面包质构; 色差指标; 籽粒品质;

中图分类号:S512.1

文献标志码:A

文章编号:1007-7146(2015)06-0562-11

Evaluation between Grain Quality with Bread Texture and Flour Color of Wheat Varieties in Jinzhong Region

XIA Qing¹, YANG Zhenping^{1*}, LIU Junfeng¹, WANG Baoqing¹, SUN Min¹, GAO Zhiqiang¹,
LI Zhigang², ZHANG Dongxu³, PAN Xinglai⁴, REN Jiangping⁵

(1. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China;

2. College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China;

3. Grain Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Changzhi 046000, Shanxi, China;

4. Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Yuncheng 044000, Shanxi, China;

5. National Wheat Engineering Center of Henan Province, Zhengzhou 450000, Henan, China)

Abstract: Objectives: In order to analysis the relationship between grain quality with bread texture and flour color, chose the material of special quality flour bread and dig high quality wheat variety resources in Shanxi Province.

Methods: 39 wheat varieties, which were respectively from Huanghuai winter wheat region, Northern later-maturing win-

收稿日期:2015-05-05; 修回日期:2015-06-08

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项经费(CARS-03-01-24)、山西省科技攻关资助项目(20110311001-4)

作者简介:夏清(1990-),女,山西省左权县人,硕士研究生,研究方向为植物生理生态。(电话)18235413604,

(电子邮箱)543790809@qq.com

* 通讯作者:杨珍平(1973-),女,山西省应县人,教授,硕士生导师,研究方向为植物资源学。(电话)13903446521,(电子邮箱)yangzp.2@163.com

ter wheat region and Northern winter wheat region, were planted in the middle winter wheat region of Shanxi province. After harvested, bread textures and grain qualities were determined, and then analyzed by the CORR analysis and PRINCOMP procedure analysis and cluster chart. **Results:**For quality breeding in Jinzhong wheat region we should pay attentions to the development of strong gluten cultivars, adhesiveness and stringiness length as important index can be used to evaluate bread quality, L^* and b^* as secondary index be used to evaluate bread quality. 3 wheat varieties were screened to make bread, they were Yumai 34, Jinmai 67, Jinnong 128; 6 wheat varieties were screened to be improved, they were Kangjianmai, Wumai 201w22, Yumai 70, Jinmai 72, Linfen 10, Taimai 8003. **Conclusions:**For quality breeding in Jinzhong wheat region we should pay attentions to the development of strong gluten cultivars, with improved protein , wet gluten, zel, adhesiveness, stringiness and flour color value. The information has potential value for choosing the material of special quality flour bread and exploring high quality wheat variety resources in Shanxi Province.

Key words: bread texture; flour color ; grain qualities;

0 引言

随着社会经济的发展,面包已成为人们日常生活中的重要食品,品质好且质量稳定的面包专用粉已引起越来越多生产厂家的重视^[1]。但是由于目前我国小麦品质的限制,致使生产出来的面包专用粉质量较差。近年来中国学者对小麦品质与面包质构的研究已有很多报道^[2-15],其中顾雅贤^[7]认为形成时间和稳定时间对面包的烘培品质具有重要影响,只要二者达到面包小麦的要求,就能做出好的面包;楚炎沛^[8]用 P/35 探头测试了面包片的质构特性,并分析探讨了面包片的质构特性与面包品质之间的相关性;张铁松^[9]研究了 8 种品牌面粉制作的面团的质构特性与面包品质之间的相关关系;彭义峰等^[10]研究了不同小麦制作的面包的质构指标与感官总分之间的相关性。虽然大多数学者选用全国范围内小麦品种来研究小麦品质与面包质构关系,但都是以小麦品种在原产地的生长状况来研究^[2,4,11-16],对于多个小麦资源引入某一特定地区来研究小麦品质与面包质构及色差的关系相对较少。山西省小麦品质区划隶属于黄淮北部强、中筋麦区^[17],优质专用型小麦品种相对较缺乏。针对这一情况,笔者以山西

省晋中麦区为试验地点,选用黄淮冬麦区、北方冬麦区、北方晚熟冬麦区的 39 个优质小麦品种为材料,以相关分析、主成分分析及聚类分析相结合的方法,探讨小麦品质与面包质构及色差的关系,充分挖掘山西优质小麦品种资源,为山西小麦粉的品质改良提供理论依据,为我国农业产业结构的调整和食品加工工业的发展提供参考^[18]。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试 39 个小麦品种分别来自黄淮冬麦区、北部冬麦区及北部晚熟冬麦区(表 1)。其中豫麦 34 为河南郑州育成的优质专用面包小麦,在原产地的品质指标为蛋白质含量 15.41%,湿面筋 32.1%,沉降值 55.1 mL,吸水率 62.6%,面团形成时间 8.1 min,稳定时间 10.3 min;晋麦 67 是山西太原育成的优质专用面包小麦,在原产地的品质指标为粗蛋白(干基)含量 16.74%,湿面筋含量 42.0%,沉降值 43.8 mL,面团形成时间 4.7 min,面团稳定时间 11.1 min。本试验将以豫麦 34 和晋麦 67 两个面包小麦作为评比参照。

表 1 供试 39 个小麦品种
Tab.1 Thirty-nine wheat varieties

来源 Resources	品种 Varieties
黄淮冬麦区	豫麦 34、豫麦 70、烟农 19、淮麦 18、舜麦 1718D、黑芒麦、乌麦 201W22、晋麦 54、运 C105、运旱 2129、临旱 7061、晋麦 72(临抗 5 号)、晋麦 79(临旱 51241)、临汾 10 号、临选 2039、平阳穗 1 号
北部冬麦区	中麦 175、CA0547、CA0548、046097、农大 3338、京冬 17、陇育 4 号、静冬 0331(静麦 3 号)、陇鉴 102、陇鉴 9450、沧 2007-H12、乐亭 639
北部晚熟冬麦区	长 4738、长 6135、晋太 0702、太原 2005、太麦 8003、太麦 13907、晋麦 67、晋中 838、晋农 128、040358、抗碱麦

1.2 试验设计

1.2.1 试验设计

试验于2010-2011和2011-2012连续两个年度在山西省晋中市太谷县山西农业大学农学院实验农场进行。试验田土壤肥力中等,土质中壤土,其0-40 cm耕层土壤养分含量为:有机质 $12.6-13.9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮 $1.80-1.98\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷 $770-320\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮 $53.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $9.625\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $135\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

按照常规播前旋耕施肥(复合肥 $600\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=18\%:22\%:5\%$)、浇水。播期均为9月28日。试验设3个重复,每个重复内的39个品种随机区组排列,每个品种10行,行长2 m,行距20 cm,种植密度 $450\times104\cdot\text{hm}^{-2}$ 。春季返青期喷施除草剂,起身期、孕穗期分别追肥水(每次追施尿素量 $225\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)。成熟后,分别于2011年7月及2012年7月将籽粒收获,进行面包质构及籽粒品质分析。

1.2.2 面包质构测定

采用TPA(Texture Profile Analysis)质构分析法。将供试小麦籽粒磨成面粉(HCP-100高速多功能粉碎机,浙江省永康市金穗机械制造有限公司),过100目筛,然后送交面包房,按照面粉500 g:白砂糖100 g:酵母5 g:奶粉20 g:全鸡蛋40 g:食盐5 g:无水酥油40 g:改良剂2 g:水300 g的比例,用和面机将面揉好,再做成70 g大小的圆球形面团,每个品种重复6次,在温度 38°C 、湿度75%的条件下,醒发2.5 h,烘烤。记录烘烤后的面包高度、直径,用色差仪测定其色泽亮度(L^* 值)、色泽红度(a^* 值)和色泽黄度(b^* 值),然后用美国FTC公司生产的TMS-Pro质构仪进行质构分析。质构仪所用探头为圆柱形,其直径为20 mm,检测运行速度为 $100\text{ mm}/\text{min}$,力量感应元量程为500 N,起始力为0.5 N,所测面团型变量为50%,数值精确到0.01。

1.2.3 籽粒品质测定

将籽粒晒干,采用瑞典Perten公司生产的DA7200型近红外仪测定小麦籽粒及面粉品质(水分含量、蛋白质含量、湿面筋含量、形成时间、稳定时间、延展性、沉降值、容重等)。

1.3 数理统计与分析方法

所得数据采用EXCEL数理统计分析软件进行整理、制表和绘图。采用SAS9.1.3统计分析软件进行方差分析与多重比较,采用CORR过程分析面包质构指标与籽粒品质指标之间的相关性,同时采用

PRINCOMP过程(主成分分析)分析各个指标对面包质构的贡献率,最后依据主要指标对供试品种作最短距离聚类分析。结果用平均值来表示。

2 结果与分析

2.1 供试39个小麦品种的面包产品质构分析

供试39个小麦品种在晋中麦区种植后,其面包产品的质构特性见表2。由表2看出:在8个质构指标中,变异系数较大的是咀嚼性(91.04%),其次是面包体积(28.54%)、硬度(25%)、胶黏性(8.90%),其余指标变异系数不足5%,尤其内聚性的变异系数仅0.05%。说明这些面包产品的结构紧密程度差异不大,但口感明显不同。对表2中的8个指标作相关分析(表略),表明:面包产品的硬度越大,弹性越小(相关系数 -0.582^{***} , $P<0.001$),相应体积越小(-0.704^{***}),越胶黏(0.931^{***})而耐咀嚼(0.792^{***});胶黏性与咀嚼性达高度显著正相关(0.936^{***});面包产品的体积越大,胶黏性和咀嚼性越小(-0.660^{***} , -0.492^{**}),而黏附性和黏附伸长度则越大($0.280, 0.0358^*$, $P<0.05$);面包产品的黏附性和黏附伸长度越大,则弹性越大(相关系数 0.417^{**} , 0.460^{**} , $P<0.01$)而胶黏性越小(-0.313 , -0.413^{**})。比较豫麦34和晋麦67两个面包小麦的面包产品,前者的面包体积、弹性、黏附性及黏附伸长度均较大,而硬度、咀嚼性和胶黏性均较小,品质更优。体积是面包产品评分的重要指标之一,若以晋麦67的面包体积为下限,则其余37个品种中,仅临汾10号的面包体积接近 255 cm^3 。参考晋麦67的其它指标,则硬度不足55 N、咀嚼性不足180 mJ、胶黏性不超过16.5 N、同时面包体积不低于 230 cm^3 的品种也仅有晋麦72、舜麦1718D、临汾10号、太原2005、豫麦70和抗碱麦等6个品种。可见,绝大多数品种达不到面包质构要求。

2.2 供试39个小麦品种的面包产品色差分析

从39种面包产品的色差指标(图1)来看,亮度值(L^*)普遍较大,其次是黄度值(b^*),红度值(a^*)最小。说明绝大多数品种的烘焙上色程度不够。比较豫麦34和晋麦67两个面包小麦的面包色差,前者的 L^* 和 b^* 值相对较低, a^* 值相对较高;后者正好相反。说明豫麦34的面包色泽较晋麦67的更好。以豫麦34为参照,色差指标符合的品种仅有晋麦72、临汾10号、太麦8003、豫麦70等4个品种。

对上述面包质构、色差指标用SAS9.1.3统计分

析软件作主成分分析(The PRINCOMP Procedure),根据贡献率大小,划分为 4 个主成分轴(表 3):第 1 主成分轴中,具有最大系数(绝对值)、亦即主要的变异来源是面包体积、硬度和胶黏性;第 2 主成分轴中按

照贡献大小依次为黏附性、黏附伸长度和 a^* 值;第 3 主成分轴中依次为内聚性、弹性、咀嚼性;第 4 个主成分轴中则为 L^* 值和 b^* 值。这 4 个主成分轴累计方差贡献率接近 85%。

表 2 供试 39 个小麦品种的面包产品质构

Tab. 2 The bread textures of thirty-nine wheat varieties

品种	面包体积	硬度	黏附性	黏附伸长度	内聚性	弹性	胶黏性	咀嚼性
Varieties	Bread volume	Hardness	Adhesiveness	Stringiness	Cohesiveness	Springiness	Gumminess	Chewiness
	(cm ³)	(N)	(mJ)	Length (mm)	(Ratio)	(mm)	(N)	(mJ)
晋麦 54	218.49ghi	78.13fgh	0.80ef	1.68d	0.42cde	12.95def	32.70bcd	423.55bc
晋麦 67	255.70b	55.48mno	3.89b	5.79c	0.29st	11.34klm	15.75klm	178.62lmn
晋麦 72	234.21efg	39.78rst	0.60f	1.67d	0.38jkl	10.76lmn	15.20klm	163.35mn
黑芒麦	217.83ghi	80.40fgh	0.69ef	1.70d	0.41fgh	11.52ijk	32.20cd	356.39de
舜 1718D	247.52bc	38.10rst	0.80ef	1.67d	0.39ijk	12.14ghi	14.63klm	178.59lmn
运 C105	206.60jkl	83.45def	0.48f	1.68d	0.36mno	11.21lmn	29.63de	331.64de
运旱 2129	159.37p	116.48b	0.73ef	1.68d	0.39ghi	10.03opq	45.50a	454.95ab
临旱 7061	234.05efg	46.53opq	0.91ef	1.70d	0.33opq	12.48fgh	15.53klm	193.87lmn
临旱 51241	210.16ijk	91.45cd	0.70ef	1.68d	0.42def	12.60fgh	37.75b	475.65a
临汾 10 号	254.43b	44.53pqr	1.39def	2.35d	0.37klm	10.68mno	16.50klm	175.90lmn
临选 2039	168.75op	104.03bc	0.54f	1.68d	0.34nop	9.27pqr	35.25bc	326.89de
长 4738	212.40hij	61.98klm	1.09def	1.81d	0.33opq	11.44jkl	20.33hij	232.57ijk
长麦 6135	171.70nop	91.95cd	0.45f	1.67d	0.36lmn	10.19opq	33.43bcd	339.97de
晋中 838	189.80mno	80.93efg	2.44cde	3.35d	0.31qrs	10.43nop	25.00ef	260.04ghi
晋农 128	195.25lmn	40.38qrs	7.78a	7.86b	0.44bc	12.63efg	17.70klm	222.85jkl
040358	219.38ghi	43.20pqr	2.23def	3.76cd	0.44bc	14.22ab	18.98ijk	268.29fgh
046097	236.43def	45.15pqr	1.03ef	1.69d	0.37lmn	11.60ijk	16.35klm	189.62lmn
晋太 0702	192.25mno	67.03ijk	0.57f	1.69d	0.37lmn	9.76opq	24.65efg	240.13hij
太麦 8003	241.89ede	68.95hij	3.16bc	4.13cd	0.36mno	12.51fgh	24.55efg	307.05efg
太原 2005	236.96def	27.43st	0.55f	1.69d	0.44b	13.43bcd	12.13m	162.40mn
太 13907	241.92cde	63.43jkl	1.01ef	1.68d	0.32pqr	12.28ghi	19.83hij	243.38hij
京冬 17	244.65bcd	49.03opq	0.98ef	1.72d	0.36mno	12.16ghi	17.48klm	212.48klm
中麦 175	186.00mno	53.17nop	0.68ef	1.68d	0.32pqr	9.90opq	17.07klm	169.22lmn
农大 3338	223.59fgh	41.33qrs	2.75bcd	3.51d	0.42cde	13.82bc	17.28klm	239.03hij
CA0547	236.98def	38.85rst	0.45f	1.72d	0.43bcd	12.03ghi	16.70klm	200.98lmn
CA0548	231.78fgh	68.35hij	1.03ef	2.04d	0.36mno	12.98def	24.43efg	316.89ef
陇育 4 号	189.02mno	75.30ghi	0.72ef	1.68d	0.39hij	11.60ijk	29.20de	338.66de
陇鉴 102	206.84jkl	75.20ghi	0.62ef	1.68d	0.42cde	12.06ghi	31.43cd	379.27cd
陇鉴 9450	207.73ijk	48.65opq	0.81ef	1.68d	0.37lmn	11.20lmn	17.93jkl	200.70lmn
烟 19	175.50nop	66.45hijkl	1.46def	1.76d	0.31qrs	10.15opq	20.35ghi	206.00klm
沧 2007-H12	213.11hij	57.75lmn	0.54f	1.68d	0.39hij	9.75opq	22.45fgh	218.97klm
静冬 0331	179.33nop	131.10a	0.94ef	1.68d	0.35mno	9.12qr	46.20a	421.60bc
乐亭 639	224.04fgh	52.55opq	0.89ef	1.68d	0.37lmn	10.74mno	19.33ijk	207.41klm
豫麦 34	279.86a	26.00t	6.89a	11.13a	0.27t	14.95a	7.03n	103.97o
豫麦 70	237.80def	31.93rst	0.60f	1.66d	0.41efg	13.21cde	13.18lm	174.36lmn
淮 18	172.14nop	105.60b	0.85ef	1.75d	0.24u	8.39r	25.00ef	209.32klm
抗碱麦	238.15def	40.27qrs	0.91ef	1.70d	0.35mno	10.24opq	14.03klm	144.64no
平阳穗 1 号	181.62nop	69.08hij	0.57f	1.69d	0.30rs	10.48nop	20.60ghi	216.26klm
201w22	197.66klm	39.25rst	0.52f	1.71d	0.47a	11.94hij	18.35jkl	218.98klm
平均	214.64	62.53	1.38	2.43	0.37	11.49	22.60	253.96
CV%	28.54	25.00	1.61	1.92	0.05	1.47	8.90	91.04

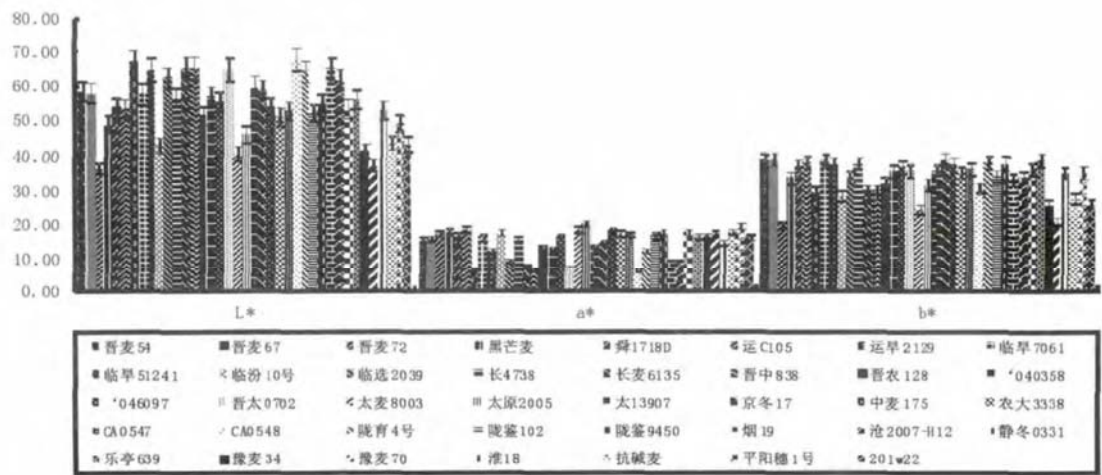


图1 部分小麦品种面包产品的色差性状
Fig.1 Flour color characteristics of bread of part wheat varieties

表3 面包产品质构、色差的主成分分析
Tab.3 The principal component analysis of affecting bread-dough textures and color difference

	主成分轴 principal component axis			
	1	2	3	4
特征值 Eigenvalue	4.757	1.815	1.533	1.215
相邻特征值之差 Difference	2.942	0.282	0.318	0.292
方差贡献率 Proportion	0.432	0.165	0.139	0.110
累积方差贡献率 Cumulative	0.432	0.598	0.737	0.847
性状 trait	特征向量 eigenvector			
面包体积 Bread volume	-0.365 [*]	-0.056	0.096	0.204
硬度 Hardness	0.411 [*]	0.139	-0.013	-0.230
黏附性 Adhesiveness	-0.238	0.589 [*]	0.076	-0.086
黏附伸长度 Stringiness length	-0.259	0.583 [*]	0.060	-0.104
内聚性 Cohesiveness	-0.029	-0.264	0.669 [*]	0.040
弹性 Springiness	-0.287	0.108	0.506 [*]	0.248
胶黏性 Gumminess	0.406 [*]	0.078	0.250	-0.208
咀嚼性 Chewiness	0.351	0.083	0.456 [*]	-0.091
L [*]	0.331	0.252	-0.026	0.499 [*]
a [*]	-0.256	-0.365 [*]	0.002	-0.101
b [*]	0.167	-0.001	-0.078	0.717 [*]

2.3 供试39个小麦品种的籽粒及面粉品质分析
本实验中,供试39个小麦品种在晋中麦区种植后,收获籽粒的水分含量均在11.39%~13.05%的范围内,符合面包、馒头专用粉标准(SB/T 10136-93,前者≤14.5%,后者≤14%)。其余品质指标见表4。从表4可以看出,供试品种的籽粒蛋白质及湿面筋含量平均在14%和30%左右,籽料容重803 g/L

左右,表明该区适宜发展中强筋以上品种,且出粉率较高;其中近五分之三的品种蛋白质含量达到强筋标准14%以上;近二分之一的品种湿面筋含量达到面包专用粉标准(30%以上),且有5个品种达到精制级(33%以上),分别是晋麦67、晋农128、豫麦34、抗碱麦和乌麦201w22;其余品种则达到馒头专用粉标准(25%~30%);

表 4 供试 39 个小麦品种的籽粒及面粉品质

Tab. 4 The grain qualities and flour qualities of thirty-nine wheat varieties

品种	蛋白质	湿面筋	容重	吸水率	形成时间	稳定时间	延展性	沉降值
Varieties	Protein (%)	Wet gluten (%)	Test weight (g/L)	Absorption (%)	Development time (min)	Stability time (min)	Tractility (mm)	Zel (mL)
晋麦 54	13.82ijk	28.74klm	816.32abc	59.00abc	3.90fgh	9.48efg	121.00jkl	25.90def
晋麦 67	15.49b	33.09cde	794.94fgh	58.97abc	4.17bcd	9.43fgh	143.33fgh	26.63cde
晋麦 72	15.01cde	32.53def	800.69efg	56.90ghi	3.27ijk	9.55def	138.00hij	9.07jk
黑芒麦	14.51fgh	31.53ijk	801.32efg	58.90bcd	3.70hij	9.93ab	132.67ijk	18.50hij
舜 1718D	15.42b	31.64hij	811.08def	57.33ghi	3.57ijk	9.67cde	128.67jkl	19.10hij
运 C105	14.00hij	29.18klm	818.93ab	56.95ghi	4.05def	8.23klm	138.50hij	29.45bcd
运早 2129	15.12bcd	31.41ijk	810.84def	58.80cde	4.20bcd	9.74abc	139.00hij	19.15hij
临早 7061	12.89k	27.31m	806.34efg	55.20hi	3.10ijk	7.32m	130.33ijk	20.13hij
临早 51241	13.98hij	29.77klm	815.55bcd	56.70ghi	4.07def	8.05klm	135.00ijk	21.23hij
临汾 10 号	13.79ijk	29.05klm	812.45def	58.17efg	3.53ijk	9.03ijk	125.33jkl	15.00ijk
临选 2039	14.10ghi	28.75klm	813.37cde	57.87fgh	4.00efg	9.35ghi	124.00jkl	25.90def
长 4738	11.95l	24.30n	809.09def	56.75ghi	3.40ijk	7.92klm	140.50ghi	21.30hij
长麦 6135	13.99hij	31.09jkl	803.32efg	55.60ghi	3.03jkl	8.36klm	137.00hij	15.77ijk
晋中 838	15.17bc	31.87ghi	809.60def	54.97ij	3.67ijk	8.22klm	151.67abc	26.93cde
晋农 128	15.24bc	34.04abc	792.43fgh	59.13abc	3.80ghi	9.41fgh	139.00hij	16.30ijk
040358	14.06hij	29.08klm	804.83efg	57.40ghi	3.75ghi	8.89ijk	143.50efg	24.80efg
046097	13.77ijk	29.60klm	793.34fgh	58.80cde	3.05jkl	9.72bcd	114.00klm	13.00ijk
晋太 0702	13.47ijk	28.24lm	805.14efg	57.17ghi	3.47ijk	8.77jkl	131.67ijk	24.23fgh
太麦 8003	13.02jk	27.97lm	807.61efg	56.00ghi	3.45ijk	8.92ijk	120.00jkl	16.30ijk
太原 2005	14.03hij	30.39klm	773.07hi	58.20efg	2.93jkl	8.96ijk	139.67hij	24.87efg
太麦 13907	13.39ijk	29.12klm	791.57fgh	52.65jk	2.80kl	5.86n	144.00def	13.50ijk
京冬 17	13.88ijk	28.40klm	819.28ab	51.77k	2.87jkl	8.10klm	117.33jkl	14.33ijk
中麦 175	14.79efg	32.14fgh	807.41efg	56.05ghi	4.10cde	9.18hij	144.50def	22.95ghi
农大 3338	13.47ijk	27.45m	815.80bcd	58.40def	3.13ijk	9.30hij	113.67klm	19.10hij
CA0547	14.89def	32.22efg	823.43a	55.60ghi	4.10cde	7.77klm	148.50cde	18.85hij
CA0548	14.24ghi	31.02jkl	788.13fgh	56.40ghi	3.90fgh	7.43lm	164.33a	26.00def
陇育 4 号	13.57ijk	28.03lm	809.86def	56.80ghi	3.80ghi	8.69klm	124.50jkl	34.30ab
陇鉴 102	14.07hij	29.76klm	791.03fgh	57.47ghi	2.27l	9.96ab	107.67lm	11.80ijk
陇鉴 9450	13.49ijk	28.78klm	802.01efg	58.00fgh	3.40ijk	8.33klm	127.50jkl	20.10hij
烟 19	13.46ijk	29.10klm	794.96fgh	57.80ghi	3.27ijk	9.15ijk	128.67jkl	10.27ijk
沧 2007-H12	14.05hij	30.07klm	783.53gh	60.00a	3.20ijk	8.65klm	121.33jkl	9.37jk
静冬 0331	14.25ghi	30.49klm	793.61fgh	55.35ghi	3.15ijk	7.97klm	129.00jkl	18.55hij
乐亭 639	14.93def	32.21efg	815.56bcd	59.93ab	4.60a	8.08klm	136.33hij	32.13abc
豫麦 34	16.73a	34.88ab	796.06fgh	58.95abc	4.35abc	9.55def	159.00ab	37.20a
豫麦 70	15.32b	31.86ghi	813.61cde	57.10ghi	3.80ghi	8.29klm	139.67hij	18.60hij
淮 18	13.22ijk	28.06lm	799.97efg	55.95ghi	3.05jkl	7.95klm	113.50klm	20.40hij
抗碱麦	16.63a	36.10a	811.36def	57.00ghi	4.50ab	8.98ijk	148.00cde	13.77fjk
平阳穗 1 号	14.63efg	28.57klm	821.02a	55.17hi	2.27l	10.67a	96.00m	5.57k
201w22	14.79efg	33.20bcd	761.14i	56.60ghi	3.03jkl	8.79jkl	150.67bcd	22.63ghi
平均	14.27	30.28	803.58	57.07	3.53	8.76	133.00	20.08
CV%	0.96	2.33	13.19	1.77	0.56	0.90	14.22	7.00

面团稳定时间除太麦 13907 仅 5.6 min 外,其余品种均符合面包专用粉标准(7~10 min),仅有平阳穗 1 号达到精制级(10 min 以上)。品种间,各类指标变异系数较大的是延展性、容重和沉降值(7%~14%);其次是湿面筋含量和吸水率(<3%);变异系数较小的是蛋白质含量、面团形成时间及稳定时间(<1%)。相关分析(表略)表明,面团延展性与籽粒蛋白质、湿面筋含量、面团形成时间、沉降值均呈极显著以上正相关(0.440^{**}、0.559^{***};0.588^{***}、0.474^{**}),而与面团稳定时间呈显著负相关(-0.371^{*});籽粒容重与面团形成时间显著相关(0.330^{*});沉降值则与面团形成时间、延展性呈极显著以上正相关(0.607^{***}、0.474^{**});湿面筋含量与蛋白质含量、面团形成时间和延展性呈极显著以上正相关(0.929^{***}、0.490^{**}、0.468^{**});面粉

吸水率则与面团形成时间、稳定时间呈显著以上相关(0.402^{*}、0.540^{***})。可见籽粒蛋白质、湿面筋含量、容重和面粉吸水率的大小明显影响了面粉品质。值得指出的是,以豫麦 34 和晋麦 67 来看,与原产地的品质指标比较,在晋中麦区种植后,两种面包小麦的籽粒蛋白质及湿面筋含量依然属于强筋范畴,但面粉吸水率、沉降值、面团形成时间和稳定时间均有所下降,达不到强筋水平。

对 39 个品种的籽粒及面粉品质进行主成分分析(The PRINCOMP Procedure),按照贡献率大小,划分为 4 个主成分轴(表 5):第 1 主成分轴,蛋白质含量、湿面筋含量、延展性;第 2 主成分轴,沉降值和稳定时间;第 3 主成分轴,吸水率;第 4 主成分轴,面团形成时间和容重。这 4 个主成分轴累计方差贡献率达到 90% 以上。

表 5 籽粒、面粉品质指标的主成分分析

Tab. 5 The principal component analysis of affecting grain qualities and flour qualities

	主成分轴 principal component axis			
	1	2	3	4
特征值 Eigenvalue	3.099	1.789	1.376	1.056
相邻特征值之差 Difference	1.311	0.413	0.320	0.657
方差贡献率 Proportion	0.387	0.224	0.172	0.132
累积方差贡献率 Cumulative	0.387	0.611	0.783	0.915
性状 trait	特征向量 eigenvector			
蛋白质 Protein	0.630 [*]	0.214	-0.161	0.372
湿面筋 Wet gluten	0.631 [*]	0.157	-0.332	0.250
吸水率 Absorption	0.294	-0.088	0.657 [*]	0.593
形成时间 Development time	0.319	0.403	0.268	-0.540 [*]
延展性 Tractility	0.448 [*]	-0.178	0.388	0.030
沉降值 Zel	0.183	0.672 [*]	0.181	-0.006
稳定时间 Stability time	0.212	0.398 [*]	-0.251	-0.070
容重 Test weight	-0.199	0.343	0.338	-0.387 [*]

2.4 晋中麦区小麦品质与面包产品品质色差的相关分析及品种聚类

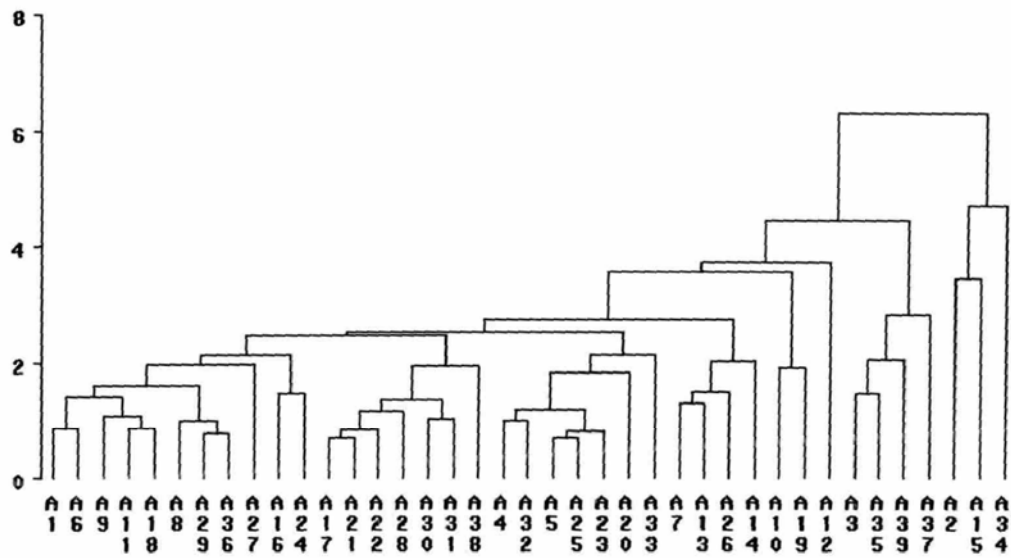
结合表 2 和表 4,将面包产品品质、色差与小麦籽粒及面粉品质作相关分析(表 6),结果表明:影响面包产品品质及色差的主要品质指标是籽粒蛋白质、湿面筋含量和面粉沉降值;且籽粒蛋白质和湿面筋含量越高,面包黏附性及黏附伸长度越大(0.342^{*}、0.428^{**};0.340^{*}、0.389^{*}),L^{*}值和 b^{*}值则越小(-0.322^{*}、-0.395^{*}; -0.316^{*}、-0.441^{**});面粉沉降值越大,面包黏附伸长度亦越大(0.340^{*}),

但对黏附性及 L^{*}值和 b^{*}值的影响不显著。所以依据上述的 7 个指标对 39 个品种进行聚类(图 2),可以将 39 个品种划分为 2 大类:第 I 类,3 个品种,豫麦 34、晋麦 67、晋农 128,这一类品种均为高蛋白强筋小麦,其面包产品黏附性及黏附伸长度大;第 II 类,其余 36 个品种。在第 II 类中,以抗碱麦、乌麦 201w22、豫麦 70、晋麦 72、临汾 10 号、太麦 8003 等 6 个品种的籽粒与面粉品质及其面包产品相对较优,有望进一步改良。综合考虑,筛选出适合做面包的小麦品种 3 个,有望改良的品种 6 个。

表 6 面包质构、色差与籽粒及面粉品质的相关性
Tab. 6 The correlations between bread-dough textures and color difference with grain qualities and flour qualities

	蛋白质	湿面筋	容重	吸水率	形成时间	稳定时间	延展性
	Protein	Wet gluten	Test weight	Absorption	Development time	Stability time	Tractility
面包体积 Bread volume	0.236	0.213	-0.012	-0.048	0.150	-0.097	0.238
硬度 Hardness	-0.264	-0.278	0.146	-0.147	-0.036	-0.083	-0.230
黏附性 Adhesiveness	0.342 [*]	0.340	-0.130	0.260	0.245	0.195	0.238
黏附伸长度 Stringiness length	0.428 ^{**}	0.389 [*]	-0.136	0.275	0.290	0.221	0.306
内聚性 Cohesiveness	0.015	0.099	-0.152	0.268	-0.000	0.146	0.035
弹性 Springiness	0.095	0.058	-0.072	0.075	-0.060	-0.014	0.248
胶黏性 Gumminess	-0.230	-0.227	0.129	-0.030	0.010	-0.005	-0.198
咀嚼性 Chewiness	-0.263	-0.259	0.147	-0.018	0.025	-0.019	-0.159
<i>L</i> [*]	-0.322 [*]	-0.316 [*]	0.099	-0.099	0.064	-0.280	0.013
<i>a</i> [*]	0.092	0.063	0.063	0.034	-0.122	0.204	0.232
<i>b</i> [*]	-0.395 [*]	-0.441 ^{**}	0.245	-0.063	-0.027	-0.181	-0.298

^{*}, $P < 0.05$; ^{**}, $P < 0.01$; ^{***}, $P < 0.001$



注: A1-晋麦 54; A2-晋麦 67; A3-晋麦 72; A4-黑芒麦; A5-舜 1718D; A6-运 C105; A7-运早 2129; A8-临早 7061; A9-临早 51241; A10-临汾 10 号; A11-临选 2039; A12-长 4738; A13-长麦 6135; A14-晋中 838; A15-晋农 128; A16-040358; A17-046097; A18-晋太 0702; A19-太麦 8003; A20-太原 2005; A21-太 13907; A22-京冬 17; A23-中麦 175; A24-农大 3338; A25-CA0547; A26-CA0548; A27-陇育 4 号; A28-陇鉴 102; A29-陇鉴 9450; A30-烟 19; A31-沧 2007-H12; A32-静冬 0331; A33-乐亭 639; A34-豫麦 34; A35-豫麦 70; A36-淮 18; A37-抗碱麦; A38-平阳穗 1 号; A39-201w22

同列字母不同表示品种间差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different letters in the same line indicate significant difference ($P < 0.05$) among different varieties

图 2 39 个品种适合制作面包的最短聚类图

Fig. 2 The cluster chart of thirty-nine wheat varieties for making bread

3 讨论

3.1 关于小麦籽粒及面粉品质

本研究在前人研究的基础上,以相关分析、主成分分析及聚类分析相结合的方法,综合评价了39个小麦品种在晋中麦区种植后,其小麦籽粒及面粉品质与面包质构及色差的相关性。按国家标准SB/T 10136-93《面包用小麦粉》中的判定规则,本实验的39个品种中,近五分之三的品种蛋白质含量达到强筋标准(14%以上);近二分之一的品种湿面筋含量达到面包专用粉标准(30%以上),其余品种则达到馒头专用粉标准(25%-30%);晋中麦区更适合发展中强筋小麦品种。这与河北省农林科学院旱作农业研究所陈淑萍研究一致,她认为现阶段北方麦区品质育种的主攻对象是选育强筋型小麦品种^[19]。相关分析得出籽粒蛋白质和湿面筋含量越高,面包黏附性及黏附伸长度越大;面粉沉降值越大,面包黏附伸长度亦越大,这与王美芳等^[20]研究一致,她认为沉降值、湿面筋指数、干面筋含量、面粉蛋白含量、形成时间、稳定时间均与面包烘焙品质间呈正相关。

3.2 关于面包产品的质构特性与小麦品质

从面包产品质构特性的相关分析可知,面包产品的硬度和体积两个指标可以很好地反映出其他质构特性的信息。面包硬度反映了面包的适口性,它与面包体积及弹性呈负相关,同时弹性又影响着胶黏性、咀嚼性、内聚性等。这与魏益民^[20]的研究基本吻合,他认为制作面包的小麦面粉,烘烤后的面包硬度小,体积大,弹性大,孔隙度均匀。唐晓珍^[21]等的研究表明,面包品质与面包的硬度、胶黏性、咀嚼性呈负相关,而与弹性及回复性(黏附伸长度)呈正相关,前者值越小,后者值越大,面包品质越好,越富有弹性,吃起来柔软劲道,且爽口不粘牙;反之,面包品质越差。而面包硬度和体积之间又呈高度显著负相关(-0.704^{***})。面包在烘烤中体积增大的内在原因^[22]主要是:(1)膨胀气源受热膨胀,如CO₂、水、醇、酸、醛类;(2)淀粉糊化后膨胀;(3)蛋白质变性后形成刚性而维持已膨胀的体积结构。影响面包体积增大的环境因素主要有:(1)前期发酵状况,包括酵母活力、面团持气性、醒发状态;(2)适宜的烘烤初温,若温度太高,面包很快形成,不利于后期体积延展膨胀;(3)适宜的烘烤湿度,如湿热空气润湿表皮,否则易破裂;(4)是否有烤模,模具可以减少面包坯散发气体的有效面积。本试验中39种面包产品在

一致的前期发酵条件、烘烤初温、烘烤湿度及烘烤模具下,影响面包产品体积的主要因素在于面粉品质,如蛋白质含量、蛋白质组分、淀粉含量、淀粉结构、糊化特性等。本研究将从上述几个方面做进一步的后续试验。

3.3 关于面包产品的色差指标与小麦品质

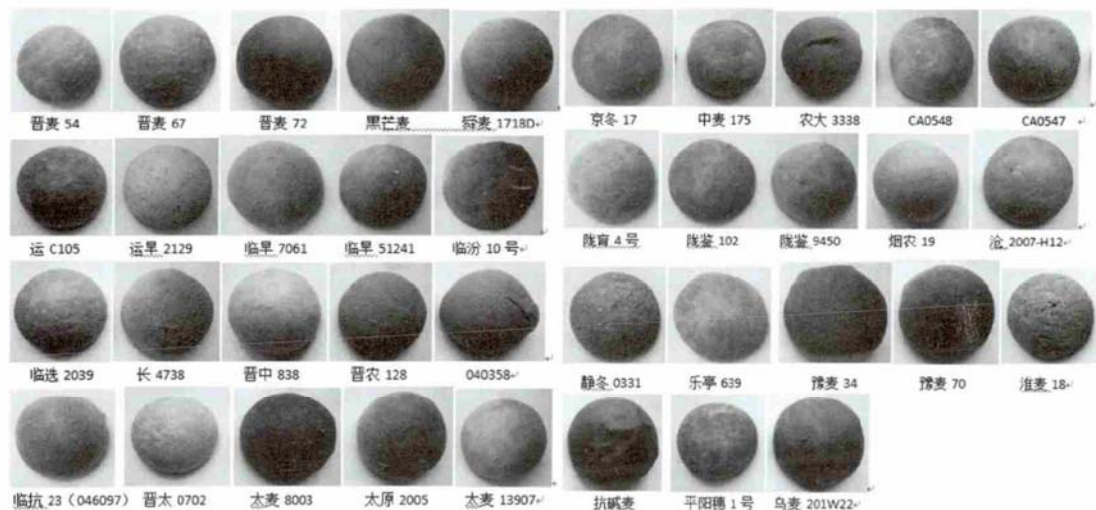
面包烘焙中的成色反应主要包括3类:(1)美拉德反应,>150℃时面包组分中蛋白质、氨基酸等与糖、醛类物质发生的羰氨反应,形成由灰至金黄的颜色;(2)焦糖化反应,糖类在>180℃的高温下形成焦糖色,从而使食品着色;(3)酶促褐变,在40-60℃时多酚氧化酶催化酚类物质的反应,形成褐色。美拉德反应是食品在加热或长期贮存后发生褐变的主要原因;其次是焦糖化反应,面包加工过程中,添加适量糖有利于产品的着色;而酶促褐变是次要的成色反应。本实验中,面包制作过程中,糖的添加量是一致的,因此,不同品种面包产品的成色差异主要取决于美拉德反应,或者说取决于面包中的蛋白质、氨基酸含量,含量越高,上色越好。杨金^[23]认为黄色素含量和面粉黄度影响面包品质性状,它们对品质均表现为较大的负向作用,本研究得出籽粒蛋白质和湿面筋含量越高,面包黏附性及黏附伸长度越大,L*值和b*值则越小,与其结果吻合。

3.4 综合评价

供试39个小麦品种在晋中麦区种植后,半数以上达不到面包产品要求,虽有部分品种的某些指标符合面包专用粉标准,但其中一些指标略有不足。如晋麦72、抗碱麦、豫麦70、临汾10号、太麦8003的沉降值、黏附性及黏附伸长度均不足,达不到面包专用粉标准;乌麦201w22则是容重、黏附性及黏附伸长度指标不足;其余绝大多数品种多项指标均达不到面包专用粉标准。晋中麦区发展中强筋小麦品种的同时,更要注重湿面筋含量、延展性、容重、沉降值、面包体积、黏附性、黏附伸长度及面包色差指标的限制。根据面包产品质构、色差与小麦籽粒及面粉品质的相关分析,小麦籽粒蛋白质和湿面筋含量及面粉沉降值显著影响面包产品的黏附性和黏附伸长度、L*值和b*值,而黏附性和黏附伸长度的外在体现是面包产品的体积和硬度。因此本研究认为黏附性和黏附伸长度可以作为评价面包产品品质的重要指标,亮度L*值和黄度b*值可以作为评价面包产品的辅助指标。本研究筛选出适合在晋中麦区种植的面包小麦品种3个:豫麦34、晋麦67、晋农128;有

望改良为面包小麦的品种6个:抗碱麦、乌麦201w22、豫麦70、晋麦72、临汾10号、太麦8003。值得一提的是,专用面包小麦豫麦34和晋麦67在晋中麦区种植后,其面粉吸水率、沉降值、面团形成时间和稳定时间均有所下降,达不到强筋水平,可能是由于栽培方式不同或气候因素等导致;晋农128虽然蛋白质含量较高,但面包体积远不及豫麦34和晋

麦67,可能与蛋白组分(麦谷蛋白、醇溶蛋白、清蛋白、球蛋白)的比例不同有关,也可能与淀粉结构类型或淀粉RVA糊化有关。后续试验将从栽培条件和气候因素入手,分析晋中麦区小麦籽粒的淀粉、蛋白质结构组分及其积累规律。本研究为山西小麦粉的品质改良、不同质量小麦粉的用途提供了理论依据。



附图:部分小麦面包产品

Fig The bread of part wheat varieties

参考文献

- [1] 冯新胜, 王克林. 面包专用粉试验方法的研究 [J]. 粮食与饲料工业, 2005, 8:9-11.
FENG Xinseng, WANG Kelin. A study on test methods of tailored flour for bread [J]. Cereal and Feed Industry, 2005, 8:9-11.
- [2] 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.
WANG Guangrui, ZHOU Guiying, WANG Rui. The correlations between baking quality and dough development time and stability time [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 1997, 12 (3) :1-6.
- [3] 赵乃新, 王乐凯, 程爱华, 等. 面包烘焙品质与小麦品质性状的相关性 [J]. 麦类作物学报, 2003, 23 (3) :33-36.
ZHAO Naixin, WANG Lekai, CHENG Aihua, *et al.* The correlation between baking quality and wheat quality parameters [J]. Journal of Triticeae Crops, 2003, 23 (3) :33-36.
- [4] 赵新, 王步军. 面包质量与面包小麦品质指标关系的分析 [J]. 麦类作物学报, 2008, 28 (5) :780-785.
ZHAO Xin, WANG Bujun. Association between bread baking quality and wheat quality traits [J]. Journal of Triticeae Crops, 2008, 28 (5) :780-785.
- [5] 李昌文, 刘延奇, 王章存. 小麦品质与面包品质关系研究进展 [J]. 粮食与饲料工业, 2008, (3) :4-5.
LI Changwen, LIU Yanqi, WANG Zhangcun. Advances in research on the relationship between wheat quality and bread quality [J]. Cereal and Feed Industry, 2008, (3) :4-5.
- [6] 曾浙荣, 李英蝉, 孙芳华, 等. 37 个小麦品种面包烘烤品质的评价和聚类分析 [J]. 作物学报, 1994, 20 (6) :641-652.
CENG Zherong, LI Yingchan, SUN Fanghua, *et al.* Evaluation of bread baking quality and cluster analysis for 37 wheat varieties [J]. Acta Agronomica Sinica, 1994, 20 (6) :641-652.
- [7] 顾雅贤. 面团的形成时间和稳定时间对面包制作的影响 [J]. 粮油仓储科技通讯, 2005, 6:46-47.
GU Yaxian. The effect of dough development time and stability time of bread making [J]. Liang you cang chu ke ji tong xun, 2005, 6:46-47.
- [8] 楚炎沛. 物性测试仪在食品品质评价中的应用研究 [J]. 粮食与饲料工业, 2003, 7:40-42.
CHU Yanpei. Research of texture analyzer in food quality evaluation [J]. Cereal and Feed Industry, 2003, 7:40-42.
- [9] 郑铁松. 质构仪在面团和面包品质评定中的应用研究 [J]. 食品科学, 2004, 25 (10) :37-40.
ZHENG Tiesong. Studies on application of texture analyzer to the quality evaluation of dough and bread [J]. Food Science,

- 2004, 25(10):37-40.
- [10] 彭义峰, 刘彦军, 班进福. 面包总评分与质构分析(TPA)相关性的探讨 [J]. 农业机械, 2011, (5):119-123.
PENG Yifeng, LIU Yanjun, BAN Jinfu. The correlation of bread total score and texture profile analysis (TPA) [J]. Transactions of The Chinese Society For Agricultural Machinery, 2011, (5):119-123.
- [11] 陶海腾, 齐琳娟, 王步军. 不同省份小麦粉面团流变学特性的分析 [J]. 中国粮油学报, 2011, 26(11):5-8.
TAO Haiteng, QI Linjuan, WANG Bujun. Analysis of wheat dough rheological property in different regions [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(11):5-8.
- [12] 路辉丽, 尹成华, 郝令军, 等. 2011年我国黄淮海强筋小麦品质状况研究 [J]. 粮食加工, 2012, 37(3):5-9.
LU Huili, YIN Chenghua, HAO Lingjun, *et al.* Study on quality characteristics of strong gluten wheat in huang-huai area in 2011 [J]. Grain Processing, 2012, 37(3):5-9.
- [13] 赵莉, 汪建来, 赵竹, 等. 我国冬小麦品种(系)主要品质性状的表现及其相关性 [J]. 麦类作物学报, 2006, 26(3):87-91.
ZHAO Li, WANG Jianlai, ZHAO Zhu, *et al.* Analysis on main quality characteristics and their correlation among winter wheat in china [J]. Journal of Triticeae Crops, 2006, 26(3):87-91.
- [14] 张桂英, 张国权, 罗勤贵, 等. 陕西关中小麦品质性状的因子及聚类分析 [J]. 麦类作物学报, 2010, 30(3):548-554.
ZHANG Guiying, ZHANG Guoquan, LUO Qingui, *et al.* Factors and cluster analysis of quality properties of wheat in guanzhong area of shanxi province [J]. Journal of Triticeae Crops, 2010, 30(3):548-554.
- [15] 尹成华, 王亚平, 路辉丽, 等. 小麦品质指标与面团流变学特性指标的相关性分析 [J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2012, 33(4):41-44.
YIN Chenghua, WANG Yaping, LU Huili, *et al.* Correlation analysis of wheat quality index and dough rheological property index [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2012, 33(4):41-44.
- [16] 汤永禄, 吴元奇, 朱华忠, 等. 四川小麦主栽品种的品质性状表现及其稳定性 [J]. 作物学报, 2010, 36(11):1910-1920.
TANG Yonglu, WU Yuanqi, ZHU Huazhong, *et al.* Quality performance and stability of main wheat cultivars in sichuan province [J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(11):1910-1920.
- [17] 贺文强, 苗果园, 张永清, 等. 山西省小麦品质区划研究 [J]. 山西师范大学学报, 2006, 20(2):82-83.
HE Wenqiang, MIAO Guoyuan, ZHANG Yongqing, *et al.* Study on wheat quality zone in shanxi province [J]. Shanxi Norm Univ (Nat Sci Ed), 2006, 20(2):82-83.
- [18] 郭波莉, 魏益民, 张国权. 小麦品种籽粒品质与食品品质关系的研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 29(5):61-64.
GUO Boli, WEI Yimin, ZHANG Guoquan. Study on the relationship between wheat quality and their food quality [J]. Journal of Northwest A&F University, 2010, 29(5):61-64.
- [19] 陈淑萍, 王雪征, 芮晓哲, 等. 小麦品质性状评价与改良途径 [J]. 河北农业科学, 2009, 13(5):45-47.
CHEN Shuping, WANG Xuezheng, QIAN Xiaozhe, *et al.* Evaluation of quality characters and quality improving approaches of wheat [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2009, 13(5):45-47.
- [20] 王美芳, 赵石磊, 雷振生, 等. 小麦蛋白淀粉品质指标与面包品质关系的研究 [J]. 核农学报, 2013, 27(6):792-799.
WANG Meifang, ZHAO Shilei, LEI Zhensheng, *et al.* The relationship between protein quality and starch pasting parameters and bread baking quality in common wheat [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2013, 27(6):792-799.
- [21] 魏益民. 主要食品对小麦籽粒品质的要求 [J]. 中国食物与营养, 2002, 4:22-24.
WEI Yimin. The requirement of grain quality of staple food [J]. Food and Nutrition in China, 2002, 4:22-24.
- [22] 唐晓珍, 董玉秀, 位思清, 等. 彩粒小麦面包品质评价 [J]. 中国粮油学报, 2009, 24(10):19-22.
TANG Xiaozhen, DONG Yuxiu, WEI Siqing, *et al.* Bread quality evaluation of color wheat lines [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(10):19-22.
- [23] 杨金, 张艳, 何中虎, 等. 小麦品质性状与面包和面条品质关系分析 [J]. 作物学报, 2004, 30(8):739-744.
YANG Jin, ZHANG Yan, HE Zhonghu, *et al.* Association between wheat quality traits and performance of pan bread and dry white chinese noodle [J]. Acta agronomica sinica, 2004, 30(8):739-744.