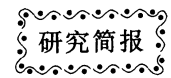


DOI: 10.3724/SP.J.1006.2009.01738



Mixolab 参数与粉质、拉伸参数及面包烘烤品质的关系

张 艳¹ 王彦飞¹ 陈新民¹ 王德森¹ Humieres G D² 冯建军⁴
何中虎^{1,3,*}

¹ 中国农业科学院作物科学研究所 / 国家小麦改良中心 / 农业部作物遗传育种重点实验室, 北京 100081; ² Chopin Technologies, Villeneuve-la-Garenne Cedex 92396, France; ³ 国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)中国办事处, 北京 100081; ⁴ 河北省三河市种子公司, 河北三河 065200

摘 要: 根据仪器测定的面粉品质特性预测面包烘烤品质是进行小麦品质改良的重要方法。法国肖邦公司(Chopin Technologies, France)最新推出的 Mixolab 分析仪可以同时测定面粉加水后恒温揉混及面团升温后蛋白质弱化和淀粉糊化特性, 明确其与现有相似仪器如粉质仪和拉伸仪等的关系对小麦品质测试具有重要意义。利用 Mixolab 分析仪、粉质仪、拉伸仪测定了 41 份高代育种品系的有关参数和面包烘烤品质, 并分析了 Mixolab 与粉质仪和拉伸仪相关参数的关系及预测面包品质的可靠性。结果表明, 可以用 Mixolab 的形成时间、稳定时间、面团受热后蛋白质弱化值(C2 值)和到达淀粉糊化反弹值的时间(C4 时间)来预测粉质仪和拉伸仪的品质参数, 可解释其变异的 74%~90%; 可以直接用 C2 值预测面包体积、外观、结构和总分, 决定系数分别为 52%、73%、70%和 68%; 预测面包质地和弹性的参数不仅包含 Mixolab 稳定时间和 C2 值, 还有表示淀粉糊化特性的 C3 时间、C4 和 C5 值及 C5 温度。用 Mixolab 分析仪既可以了解蛋白质特性和面包烘烤品质的关系, 又明确了淀粉品质对面包品质的显著影响, 在品质测试中有其独特之处。Mixolab、粉质仪和拉伸仪各参数对预测小麦面包体积、内部质地结构等烘烤品质性状的贡献不同。

关键词: Mixolab 分析仪; 粉质仪; 拉伸仪; 普通小麦; 面包烘烤品质

Relationships of Mixolab Parameters with Farinograph, Extensograph Parameters, and Bread-Making Quality

ZHANG Yan¹, WANG Yan-Fei¹, CHEN Xin-Min¹, WANG De-Sen¹, Humieres G D², FENG Jian-Jun⁴, and HE Zhong-Hu^{1,3,*}

¹ Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences / National Wheat Improvement Center / Key Laboratory for Crop Genetics and Breeding, Beijing 100081, China; ² Chopin Technologies, Villeneuve-la-Garenne Cedex 92396, France; ³ CIMMYT China Office, Beijing 100081, China; ⁴ Sanhe Seed Company, Sanhe 065200, China

Abstract: Bread-making quality based on dough properties is routinely measured with various equipments to predict quality of wheat cultivar. It is critical to clarify the association between the newly available Mixolab parameters and dough characteristics determined by Farinograph, Extensograph, and bread-making quality. Forty-one breeding lines were used to measure parameters of Mixolab, Farinograph, Extensograph and bread-making quality, and to determine the associations between parameters of Mixolab and Farinograph and Extensograph and the reliability of predicting bread-making quality using these parameters. These results indicated that parameters of Farinograph and Extensograph could be predicted by Mixolab C1 (development time), stability, C2 (protein weakening during heating) and time C4 (time to come setback of starch pasting), accounting for 74–90% of the variation. Mixolab C2 could be used in prediction of loaf volume, bread appearance, structure, and total score, accounting for 52%, 73%, 70%, and 68% of variation, respectively. For bread texture and elasticity, the Mixolab stability, C2, parameters of starch pasting properties, such as time C3, C4, C5, and T°C5, were more important parameters. The effects of protein property and starch quality on bread baking quality were explained well with Mixolab parameters, thus, Mixolab was particularly applicable to determine wheat quality property. Because of the different contributions to the evaluations of bread volume, texture, and structure, Mixolab, Farinograph, and Extensograph are suggested to be used according to experimental purposes.

Keywords: Mixolab; Farinograph; Extensograph; Common wheat; Bread-making quality

本研究由引进国际先进农业科学技术计划(948 计划)重大国际合作项目(2006-G2)和国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB118300)资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 何中虎, E-mail: zhhe@public3.bta.net.cn; Tel: 010-82108547

Received(收稿日期): 2009-02-19; Accepted(接受日期): 2009-04-28.

提高面包烘烤品质是我国小麦品质育种的重要目标,在北部冬麦区和黄淮北片尤为重要,因为强筋面包麦不仅可用来生产优质面包,还可通过配麦配粉改良面条和馒头品质。籽粒硬度、蛋白质含量、面团流变学特性、淀粉品质等对面包烘烤品质具有显著影响^[1-7]。在小麦育种过程中,由于早代材料多、样品量少,不能直接检测面包烘烤品质,只能用小样品仪器间接预测产品品质。籽粒硬度、蛋白质含量、和面仪吸水率和曲线峰高能预测面包体积,可解释变异的70%^[8]。Andersson等^[9]认为,综合蛋白质含量、粉质仪形成时间、稳定时间、耐揉指数、拉伸面积、最大抗延阻力和延展性等指标可解释面包体积65.4%的变异。面粉品质检测的常用仪器有粉质仪(Farinograph)、揉混仪(Mixograph)、拉伸仪(Extensograph)、吹泡示功仪(Alveograph)、快速黏度仪(Rapid Visco-Analyzer)和降落数值仪(Falling Number)等,前四者在25~30℃恒温条件下测定面团强度和延展性,而面包则是在烘焙温度不断升高过程中表现出的品质特性;快速黏度仪用来测定样品的淀粉糊化特性,制作面包时可使面团中的淀粉糊化变性,因此仪器测试的面粉品质与最终产品面包烘烤品质常常存在一定差异。法国肖邦公司(Chopin Technologies, France)最新研制的 Mixolab 测试仪将粉质仪和黏度仪的功能结合在一起,可以同时测定面粉加水后恒温揉混及面团升温后蛋白质弱化和淀粉糊化特性。国外已有研究表明,用 Mixolab 测试仪可以有效地评价面团蛋白质特性^[10-11],还可以预测饼干和糕点的烘焙品质^[12-13]。但该仪器能否很好地预测我国小麦育种材料的面包烘烤品质并弥补粉质仪和快速黏度仪的不足,还需要进行验证。本文以41份高代育种品系为试验材料,分析了 Mixolab 与粉质仪、拉伸仪测定的参数和面包烘烤品质的关系,旨在为 Mixolab 广泛应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

41份试验材料为中国农业科学院作物科学研究所培育的小麦高代品系,2006—2007年度种植于北京昌平中

国农业科学院作物科学研究所试验农场,随机区组设计,按常规管理。根据粉质仪的稳定时间,其中<4.0 min、4.0~8.0 min和>8.0 min类型的品系分别为9、21和11份。41个样品的降落数值(按AACC方法56-81B测定)均高于200 s,表明样品没有穗发芽的影响。

1.2 品质参数测定方法

用单籽粒谷物特性测试仪(SKCS4100 Perten Instruments AB, Sweden)测定41个样品的水分和硬度值,根据硬度值将软质麦、中等硬度和硬质麦的目标水分分别调至14.5%、15.5%和16.5%,润麦16~20 h,用Buhler实验磨按AACC26-21A方法制粉,取其直接出粉率。用德国布拉本德公司的粉质仪和拉伸仪分别按AACC 54-21和AACC 54-10方法测定各品质参数。参照澳大利亚面包研究所面团长发酵法(180 min)制作面包^[14]。

用法国肖邦公司提供的 Mixolab 仪,按照仪器操作手册测定C1、C2、C3、C4和C5等参数,各参数的含义见表1和图1。根据样品特性将30℃恒温阶段由8 min延长至20 min。

1.3 数据分 析

用 Minitab 统计分析软件建立数学模型来预测 Mixolab 参数与粉质仪和拉伸仪参数及面包烘烤品质性状的相关性,并绘制相关图。

2 结果与分 析

2.1 Mixolab 参数与粉质仪参数的关系

从预测模型(表2)看出,粉质仪形成时间预测参数包括到达C1的时间(简称C1时间,即 Mixolab 曲线的形成时间)、到达C4的时间(简称C4时间,即面团加热过程中淀粉糊化的反弹值时间)、C2值(面团加热后蛋白质弱化值)和C5温度(淀粉糊化终值温度),说明这4个参数对形成时间具有显著影响,它们共解释变异的83%。粉质仪稳定时间预测参数包括C4时间、Mixolab 稳定时间、C2值和C5温度,说明这4个参数对稳定时间具有显著影响,它们共同解释89%变异。从预测参数系数得知,C1时间对形成时间的贡献最大,其次是C4时间;C4时间和 Mixolab 稳

表1 曲线各参数的品质含义
Table 1 Quality parameters of Mixolab graph

编号 Code	阶段 Phase	含义 Signification	特征值 Characteristic torques	特征值时的温度 Temperatures of each torque	到达特征值的时间 Time to reach the torques
1	30℃ 恒温 Keeping constant 30	面团揉混开始 Beginning of mixing	C1	T°C1	Time C1
2	加热→C2 Heating→C2	蛋白弱化 Protein weakening	C2	T°C2	Time C2
3	C2→C3	淀粉糊化 Starch Gelatinization	C3	T°C3	Time C3
4	C3→C4	加热过程中淀粉稳定变化 Starch stability during heating	C4	T°C4	Time C4
5	C4→C5	淀粉老化 Starch retrogradation	C5	T°C5	Time C5

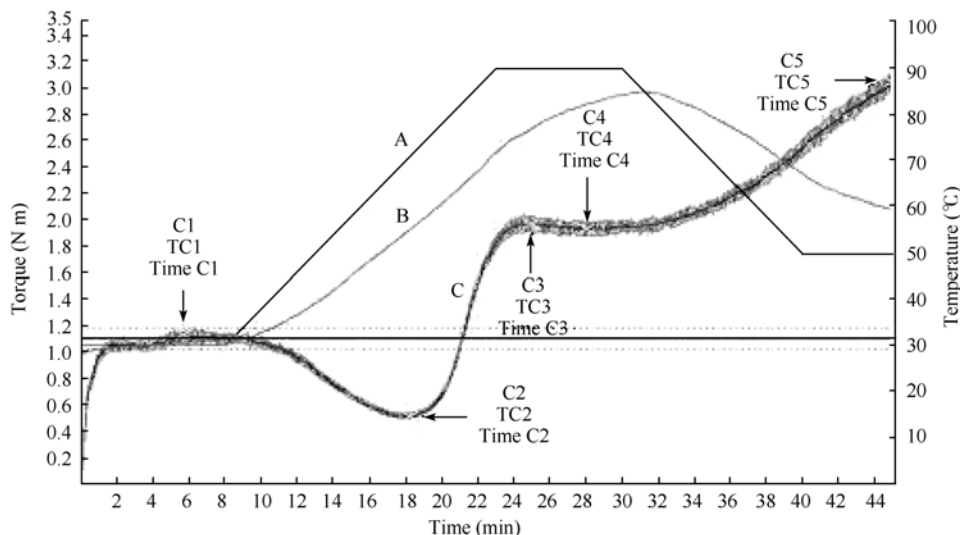


图 1 Mixolab 曲线
Fig. 1 Mixolab graph

A 为仪器温度曲线, B 为面团温度曲线, C 为测试曲线。各参数意义见表 1。

A: temperature curve of Mixolab; B: temperature curve of dough; C: measuring curve. Meaning of Mixolab can be showed Table 1.

表 2 用 Mixolab 参数预测面团粉质仪和拉伸仪参数及面包烘烤品质的数学模型

Table 2 Mathematical models for predicting Farinograph, Extensograph parameters, and bread baking quality from Mixolab data

预测参数(y) Predicted parameter (y)	数学模型 Mathematical model	决定系数 R ² (%)
面团粉质仪特性 Farinograph parameter		
形成时间 Development time	$y = -16.2 + 650 \text{ TimeC1} + 16.6\text{C2} + 153 \text{ TimeC4} + 0.166 \text{ T}^\circ\text{C5}$	83
稳定时间 Stability	$y = -58.7 + 576 \text{ Stability Mixolab} + 18.7 \text{ C2} + 877 \text{ TimeC4} + 0.587 \text{ T}^\circ\text{C5}$	89
耐揉指数 Mixing index	$y = 256.85 - 534.67 \text{ C2}$	80
面团拉伸仪特性 Extensograph parameter		
拉伸面积 Energy	$y = -4.87 + 8489.33 \text{ Stability Mixolab}$	80
5 cm 抗延阻力 Resistance	$y = 26.81 + 15500.41 \text{ Stability Mixolab}$	74
最大抗延阻力 Maximum	$y = -769 + 27153 \text{ Time C1} + 16175 \text{ Stability Mixolab} + 32205 \text{ Time C2} + 433 \text{ C2}$	90
面包烘烤品质 Bread baking quality		
体积 Volume	$y = 659.46 + 14180.45 \text{ C2}$	52
外观 Appearance	$y = -2.24 + 15.15 \text{ C2}$	73
质地 Texture	$y = -12.7 + 510 \text{ Stability Mixolab} - 655 \text{ Time C2} + 19.5 \text{ C2} + 0.636 \text{ T}^\circ\text{C5}$	78
弹性 Elasticity	$y = 23.5 + 613 \text{ Stability Mixolab} - 753 \text{ Time C3} - 9.88 \text{ C4} + 6.44 \text{ C5}$	70
结构 Structure	$y = -1.03 + 21.56 \text{ C2}$	70
总分 Total score	$y = 11.47 + 166.69 \text{ C2}$	68

定时间对粉质仪稳定时间的贡献最大, 说明用 Mixolab 的形成时间和稳定时间及 C4 时间可以预测粉质仪形成时间和稳定时间; 同时考虑 C2 值和 C5 温度的影响, 可以提高预测的准确性。耐揉指数预测参数只包括 C2 值, 可解释 80% 的变异; 由于 C2 值代表面团揉混过程中蛋白质的弱化程度, 所以与粉质仪耐揉指数密切相关, 可以进行直接预测。

粉质参数的形成时间、稳定时间和耐揉指数与 Mixolab 稳定时间和 C2 值的相关达到极显著水平(表 3), 说明在预测面粉筋强度时 Mixolab 稳定时间和 C2 值是两个重要参数。

Mixolab 稳定时间和 C2 值平均值的变化趋势与粉质仪稳定时间一致, 即弱筋<中筋<强筋, 但二者的变异范围在三类面粉中有部分重叠。Mixolab 稳定时间的平均值和变异范围均大于粉质仪稳定时间(表 4)。

2.2 Mixolab 参数与拉伸仪参数的关系

从模型方程可知, 拉伸面积和 5 cm 抗延阻力的预测参数只包括 Mixolab 稳定时间, 并分别解释二者变异的 80% 和 74%; 最大抗延阻力的预测参数包括 C2 时间、C1 时间、Mixolab 稳定时间和 C2 值, 这 4 个参数共解释变异的 90% (表 2), 说明 Mixolab 稳定时间可以很好地预测拉伸面积和 5 cm 抗延阻力, 而最大抗延阻力除了与 Mixolab

表 3 Mixolab 参数与粉质仪和拉伸仪参数的相关分析
Table 3 Correlation coefficients between mixolab and farinograph and extensograph parameters

Mixolab 参数 Parameter	形成时间 Development time	稳定时间 Stability	耐揉指数 Mixing index	拉伸面积 Energy	5 cm 阻力 5 cm resistance	延展性 Extensibility	最大阻力 Max. resistance
稳定时间 Stability	0.79**	0.88**	-0.72**	0.90**	0.86**	0.21	0.89**
C1	-0.26	-0.24	0.35	-0.17	-0.19	0.09	-0.18
C2	0.80**	0.75**	-0.90**	0.58**	0.70**	-0.11	0.63**
C3	-0.07	0.08	0.16	0.39	0.18	0.57**	0.29
C4	-0.28	-0.13	0.41*	0.26	0.01	0.64**	0.14
C5	-0.36	-0.34	0.54**	0.04	-0.19	0.48**	-0.07

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

表 4 强、中、弱筋面粉的粉质仪和 Mixolab 参数的平均值及变异范围
Table 4 Averages and ranges of farinograph and mixolab parameters of strong, medium, and weak-gluten flour

参数 Parameter	弱筋 Weak gluten		中筋 Medium gluten		强筋 Strong gluten	
	平均值 Mean	范围 Range	平均值 Mean	范围 Range	平均值 Mean	范围 Range
粉质仪 Farinograph						
形成时间 Development time (min)	2.7	1.7-3.6	4.9	3.7-6.2	6.3	5.0-7.1
稳定时间 Stability (min)	2.6	1.6-4.0	6.3	4.6-7.9	10.2	8.5-15.3
耐揉指数 Mixing index (BU)	104	60-150	40	25-70	28	15-35
Mixolab						
稳定时间 Stability (min)	3.8	0.30	9.2	5.0-13.1	13.7	8.4-18.2
C2 值 C2 (N)	2.5-5.5	0.24-0.37	0.40	0.34-0.45	0.43	0.41-0.47

稳定时间相关外,还与 Mixolab 形成时间(C1 时间)、蛋白质完全弱化时间(C2 时间)有密切关系,用 Mixolab 形成时间、稳定时间、蛋白质弱化时间及弱化值(C2 值)同时预测最大抗延阻力可以大大提高预测的准确性,进而说明面团在加热和搅拌过程中蛋白质的弱化时间和弱化度对最大抗延阻力影响较大。

拉伸面积、5 cm 抗延阻力和最大抗延阻力与 Mixolab 稳定时间和 C2 值的相关达到极显著水平(表 3),进一步说明在预测面粉筋强度时 Mixolab 稳定时间和 C2 值是两个重要参数。而延展性与 C3、C4、C5 值呈极显著相关,由此推断淀粉糊化特性对面团延展性有显著影响。

Mixolab 稳定时间和 C2 值平均值的变化趋势与拉伸面积一致,即弱筋<中筋<强筋,但二者的变异范围在三类面粉中有部分重叠(表 5),这与按粉质仪稳定时间分类

的结果基本一致。

2.3 Mixolab 参数与面包烘烤品质的关系

从 Mixolab 参数预测面包烘烤品质的数学模型(表 2)可知,面包体积、外观、结构和总分的预测参数只包含 C2 值,它可以分别解释三者变异的 52%、73%、70%和 68%,说明在加热状态下蛋白质的弱化值可以很好地预测面包体积、外观、结构和总分。面包质地的预测参数包含 C2 时间、Mixolab 稳定时间、C2 值和 C5 温度,4 个参数共解释变异的 78%;面包弹性的预测参数包含 C3 时间、Mixolab 稳定时间、C4 和 C5 值,它们共解释变异的 70%,说明面包质地和弹性除了与蛋白质特性有关,还与淀粉糊化特性关系密切,即 Mixolab 稳定时间、C2 和 C3 时间对预测面包质地和弹性贡献较大,同时考虑 C2、C4、C5 值和 C5 温度的影响,可以提高预测的准确性。

表 5 强、中、弱筋面粉的拉伸仪和 Mixolab 参数的平均值及变异范围
Table 5 Average and range of extensograph and mixolab parameter of strong, medium, and weak gluten flour

参数 Parameter	弱筋 Weak gluten		中筋 Medium gluten		强筋 Strong gluten	
	平均值 Mean	范围 Range	平均值 Mean	范围 Range	平均值 Mean	范围 Range
拉伸仪 Extensograph						
拉伸面积 Energy (cm ²)	25.5	11.7-38.0	54.6	40.7-78.7	101.7	81.9-122.3
最大抗延阻力 Max. resistance (BU)	93.9	42.9-155.1	206.7	131.7-311.7	369.8	277.1-460.3
Mixolab						
稳定时间 Stability (min)	5.0	2.5-8.7	10.5	5.5-14.0	15.4	9.8-18.2
C2 值 C2 (N)	0.33	0.24-0.41	0.41	0.33-0.45	0.42	0.37-0.47

用粉质仪和拉伸仪参数形成时间、稳定时间、耐揉指数、拉伸面积、最大抗延阻力和延展性同时预测面包烘烤品质,可以分别解释面包体积、G 外观、质地、弹性、结构和总分变异的 70%、80%、70%、61%、62%和 82%(表 6)。与用 Mixolab 参数相比,用粉质仪和拉伸仪参数可解释面包体积、外观和总分的变异大于 Mixolab 参数,但解释面包质地、弹性和结构的变异则小于 Mixolab 参数,说明用

Mixolab 参数预测面包内部品质特性略优于粉质仪和拉伸仪。由于传统方法需分别测定粉质仪和拉伸仪参数,且参数过多育种家不易掌握,因此 Mixolab 的功能有其独特之处。

面包体积、外观、质地、弹性、结构和总分与 Mixolab 稳定时间和 C2 值的相关达都到极显著水平(表 7),相关系数在 0.59~0.85 之间,因此 Mixolab 稳定时间和 C2 值也是预测面包烘烤品质的两个重要参数。

表 6 用粉质仪和拉伸仪参数预测面包烘烤品质的数学模型

Table 6 Mathematical models for predicting bread baking quality from Farinograph and Extensograph data

预测参数 (y) Predicted parameter (y)	数学模型 Mathematical model	决定系数 R ² (%)
体积 Volume	$y = 608.93 + 20.05 \text{ Development time} + 4.68 \text{ Energy} - 1.15 \text{ Max. resistance}$	70
外观 Appearance	$y = 5.54 - 0.26 \text{ Stability} - 0.03 \text{ Mixing index} + 0.03 \text{ Energy}$	80
质地 Texture	$y = 6.53 + 0.39 \text{ Development time} - 0.02 \text{ Mixing index}$	70
弹性 Elasticity	$y = 6.23 + 0.75 \text{ Development time} - 0.19 \text{ Stability} - 0.03 \text{ Mixing index}$	61
结构 Structure	$y = 12.54 + 0.78 \text{ Development time} - 0.03 \text{ Mixing index} + 0.02 \text{ Extensibility}$	62
总分 Total score	$y = 69.53 + 4.84 \text{ Development time} - 1.66 \text{ Stability} - 0.21 \text{ Mixing index} + 0.48 \text{ Energy} - 0.10 \text{ Max. resistance}$	82

表 7 Mixolab 参数与面包烘烤品质的相关系数

Table 7 Correlation coefficients between mixolab parameters and bread baking quality

参数 Parameter	体积 Volume	外形 Appearance	质地 Texture	弹性 Elasticity	结构 Structure	总分 Total score
稳定时间 Stability	0.70**	0.75**	0.71**	0.64**	0.69**	0.75**
C1	-0.28	-0.38*	-0.32	-0.24	-0.33*	-0.36*
C2	0.59**	0.85**	0.78**	0.74**	0.83**	0.81**
C3	0.08	0.04	0.06	-0.09	-0.13	-0.03
C4	-0.20	-0.20	-0.19	-0.34*	-0.37*	-0.25
C5	-0.06	-0.29	-0.31	-0.34*	-0.45*	-0.31

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

3 讨论

无论 Mixolab 形成时间和稳定时间,还是粉质仪形成时间和稳定时间都是反映面粉吸水后在面团搅拌过程中形成蛋白质网络结构的强度^[15],因此用 Mixolab 形成时间和稳定时间为基础参数对粉质仪形成时间和稳定时间进行预测是可行的。预测同时考虑 C2 值、到达 C4 时间和 C5 温度的影响,可以提高预测的准确性,这主要因为 C2 值表示蛋白质在搅拌和加热过程中的弱化程度,必然与蛋白质网络结构的强度和韧性有关;C4 时间和 C5 温度表示在升温和降温中的淀粉糊化特性,而淀粉特性与面粉的吸水有关,吸水多少对蛋白质网络结构形成产生一定的影响,这就是 C4 时间和 C5 温度对粉质仪形成时间和稳定时间的预测产生正向作用的原因。

拉伸仪 5 cm 抗延阻力、最大抗延阻力和拉伸面积表示面团被拉伸时的抗延展能力,它与蛋白质网络结构的强度和延伸性有关,因此可以直接用 Mixolab 稳定时间预测 5 cm 抗延阻力和拉伸面积;而最大抗延阻力表示面团受到外力拉伸下蛋白质网络结构即将破裂时抗力,此时蛋白质的强度已经开始衰弱,所以除了用 Mixolab 稳定时

间为基础参数预测最大抗延阻力外,代表蛋白质弱化度的参数 C2 值和 C2 时间对其预测也起着重要作用。

面包的烘烤品质主要与面团的蛋白质网络结构有关,其中面包体积、外部形状和内部气孔结构与该网络结构的抗性直接相关,主要表现于面团发酵和烘烤加热过程中蛋白质网络结构形成的气孔壁抵抗 CO₂ 气体溢出的能力^[16-17]。此时蛋白质网络结构处于破裂衰落状态,因此可以直接用 C2 值来预测面包的体积、外部形状和内部气孔结构。而面包的质地指其平滑度、软硬度和弹性,除了蛋白质网络结构的影响外,淀粉糊化特性也具有显著影响,因此用 Mixolab 稳定时间和 C2 值以及 C4、C5 值和 C5 温度来预测面包质地和弹性是可行的,此结果与前人研究结论基本一致^[6-7,18-19]。

用 Mixolab 测定面团在恒温及升温和降温过程中的特性变化,不仅可了解蛋白质特性和面包烘烤品质的关系,还可明确淀粉品质对面包品质的影响,在品质测试中有其独特之处。样品用量和测试所需时间是选择品质仪器的重要指标。粉质仪(50 g 揉面钵)和 Mixolab 所需样品量少,为 50 g,拉伸仪所需样品量大,为 300 g;用粉质仪和

Mixolab 测定样品一般至少重复两次来决定吸水率, 但 Mixolab 揉面钵的清洗比粉质仪容易, 用拉伸仪测定时还要用粉质仪和面, 而且面团醒发时间较长(135 min), 一个操作较熟练的实验员用粉质仪每天(8 h)最多测定 10~12 个样品, 用 Mixolab 每天只能测定 6~7 个样品, 用拉伸仪每天可以测定 9 个样品, 因此建议依情况选择使用。

References

- [1] Morris C F, Rose S P. Wheat. In: Henry R J, Kettlewell P S, eds. *Cereal Grain Quality*. New York: Chapman and Hall, 1996. pp 3-54
- [2] Chen F, He Z, Chen D S, Zhang C L, Zhang Y, Xia X C. Influence of puroindoline alleles on milling performance and qualities of Chinese noodles, steamed bread and pan bread in spring wheats. *J Cereal Sci*, 2007, 45: 59-66
- [3] Dowell F E, Maghirang E B, Pierce R O, Lookhart G L, Bean S R, Xie F, Caley M S, Wilson J D, Seabourn B W, Ram M S, Park S H, Chung O K. Relationship of bread quality to kernel, flour, and dough properties. *Cereal Chem*, 2008, 85: 82-91
- [4] Chung O K, Ohm J B, Caley M S, Seabourn B W. Prediction of baking characteristics of hard winter wheat flours using computer-analyzed mixograph parameters. *Cereal Chem*, 2001, 78: 493-497
- [5] Wilson J D, Bechtel D B, Wilson G W T, Seib P A. Bread quality of spelt wheat and its starch. *Cereal Chem*, 2008, 85: 629-638
- [6] Kusunose C, Fujii T, Matsumoto H. Role of starch granules in controlling expansion of dough during baking. *Cereal Chem*, 1999, 76: 920-924
- [7] Park S H, Chung O K, Seib P A. Effects of varying weight ratios of large and small wheat starch granules on experimental straight-dough bread. *Cereal Chem*, 2005, 82: 166-172
- [8] Lee K M, Shroyer J P, Herrman T J, Lingensfelder J. Blending hard white wheat to improve grain yield and end-use performances. *Crop Sci*, 2006, 46: 1124-1129
- [9] Andersson R, Hamalainen M, Aman P. Predictive modeling of the bread-making performance and dough properties of wheat. *J Cereal Sci*, 1994, 20: 129-138
- [10] Bonet A, Blaszcak W, Rosell C M. Formation of homopolymers and heteropolymers between wheat flour and several protein sources by transglutaminase-catalyzed cross-linking. *Cereal Chem*, 2006, 83: 655-662
- [11] Collar C, Bollain C, Rosell C M. Rheological behaviour of formulated bread doughs during mixing and heating. *Food Sci Technol Intl*, 2007, 13: 99
- [12] Ozturk S, Kahraman K, Tiftik B, Koksel H. Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab. *Eur Food Res Technol*, 2008, 227: 1549-1554
- [13] Kahraman K, Sakiyan O, Ozturk S, Koksel H, Sumnu G, Dubat A. Utilization of Mixolab to predict the suitability of flours in terms of cake quality. *Eur Food Res Technol*, 2008, 227: 565-570
- [14] He Z H, Yang J, Zhang Y, Quail K J, Peña R J. Pan bread and dry white Chinese noodle quality in Chinese winter wheats. *Euphytica*, 2004, 139: 257-267
- [15] Puppo M C, Calvelo A, Anon M C. Physicochemical and rheological characterization of wheat flour dough. *Cereal Chem*, 2005, 82: 173-181
- [16] Gan Z, Ellis P R, Schofield J D. Mini-review: Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. *J Cereal Sci*, 1995, 21: 215-230
- [17] Mills E N C, Wilde P J, Salt L J, Skeggs P. Bubble formation and stabilization in bread dough. *Food Bioprod Proc*, 2003, 81: 189-193
- [18] Graybosch R, Peterson J C, Moore K J, Stearns M, Grant D L. Comparative effects of wheat flour protein, lipid and pentosan composition in relation to baking and milling quality. *Cereal Chem*, 1993, 70: 95-101
- [19] Janssen A M, Vliet T, Vereijken J M. Fundamental and empirical rheological behavior of wheat flour doughs and comparison with bread making performance. *J Cereal Sci*, 1996, 23: 43-54

欢迎订阅 2010 年《特产研究》

《特产研究》(原名《特产科学实验》)是中华人民共和国农业部主管、中国农业科学院特产研究所和中国农学会特产学会联合主办的国家级农牧特产业学术期刊,为国家科技部中国科技核心期刊、RCCSE 中国核心学术期刊、《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊。创刊于 1962 年。主编由中国农业科学院特产研究所研究员沈育杰担任。主要报道野生经济动、植物的引种驯化、遗传育种、饲养繁殖、栽培管理、病虫害防治、产品加工、贮藏保鲜等方面的最新科研成果;指导前沿研究,科学与实践,发现与探讨;介绍农牧特产业的新技术、新方法、新经验等。主要栏目有研究报告、应用技术、测试分析、专论综述等。适合各级从事特产科技工作的院校师生、科研人员、生产技术人员及广大农村种植业和养殖业专业户参阅。

本刊为季刊,大 16 开本,80 页/期,公开发行。每期定价 5.00 元,年价 20.00 元(含邮费)。刊号:CN 22-1154/S,邮发代号 12-182。全国各地邮局均可订阅,也可随时从邮局汇款至编辑部订阅。

地址:吉林省吉林市左家镇鹿鸣大街 15 号 中国农业科学院特产研究所《特产研究》编辑部(邮编:132109);联系人:包秀芳。

电话:0432-6513069;传真:0432-6513067(发行) E-mail:tcyjbjb@126.com