

混合实验仪法对大米食用品质评价的探索研究

蔡宏郁, 袁建*, 王明洁, 何荣, 李进一

(南京财经大学食品科学与工程学院, 南京 210046)

摘要: **目的** 探索大米食用品质的混合实验仪(Mixolab)表征点。**方法** 利用混合实验仪测定70种大米的相关参数,用国标法测定大米品质理化指标(蛋白质、直链淀粉含量和胶稠度),并用描述性分析法对大米进行感官评定,分析Mixolab图谱特征值与大米的理化指标以及感官评定指标之间的相关关系。**结果** 蛋白质含量与淀粉糊化特性、淀粉热糊化胶的稳定性以及冷却阶段糊化淀粉的回生特性呈显著负相关,直链淀粉含量与吸水率呈显著负相关,与蛋白质弱化、淀粉糊化特性、淀粉热糊化胶的稳定性、冷却阶段糊化淀粉的回生特性、淀粉糊化的速度、淀粉酶的水解速度和淀粉的崩解值呈显著正相关,胶稠度与吸水率和冷却阶段糊化淀粉的回生特性呈显著正相关;感官评定质地方面的粘性、硬度和凝聚性均和Mixolab的冷却阶段糊化淀粉的回生特性值有显著相关性。**结论** 混合试验仪法应用于大米食用品质的评价是可行的,其中冷却阶段糊化淀粉的回生特性可以作为大米食用品质评价的参考表征点。

关键词: 混合实验仪; 食用品质; 理化指标; 大米

Evaluation of rice eating quality with Mixolab

CAI Hong-Yu, YUAN Jian*, WANG Ming-Jie, HE Rong, LI Jin-Yi

(College of Food Science and Engineering, Nanjing University of Finance, Nanjing 210046, China)

ABSTRACT: Objective To research the characteristic point of Mixolab of rice eating quality. **Methods** Seventy varieties of rice were used to measure parameters of Mixolab. The physio-chemical indexes (including protein content, amylose content and gel consistency) of rice eating qualities were determined by national standard, and the rice quality were evaluated by the descriptive sensory methods. The correlations of parameters of Mixolab with both the physio-chemical indexed and the rice eating quality were analyzed. **Results** The protein content was significantly negatively correlated with the gelatinization property, the stability of the starch pasting and the retrogradation characteristics of the starch pasting during the cooling stage. The amylose content was significantly negatively correlated with the water absorption, while it was significantly positively correlated with the weaken of the protein, the gelatinization property, the stability of the starch pasting, the retrogradation characteristics of the starch pasting during the cooling stage, the speed of the starch pasting, the hydrolytic rate of the amylase and the breakdown value of the starch. The gel consistency was significantly positively correlated with the water absorption and the retrogradation characteristics of the starch pasting during the cooling stage. The viscosity, hardness and the coherency were significantly correlated with the retrogradation characteristics of the starch pasting during the cooling stage.

基金项目: 粮食公益性行业科研专项项目(201313007)

Fund: Supported by the Special Scientific Research of Grain of Public Welfare(201313007)

*通讯作者: 袁建, 硕士, 教授, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: yjian_nj@163.com

*Corresponding author: YUAN Jian, Professor, Nanjing University of Finance, No.3, Wenyuan Road, Qixia District, Nanjing 210046, China. E-mail: yjian_nj@163.com

Conclusion It is feasible that Mixolab can be used to evaluate the eating quality of rice. The retrogradation characteristics of the starch pasting during the cooling stage can be used as characteristic points of the rice eating quality.

KEY WORDS: Mixolab; rice eating quality; physio-chemical index; rice

1 引言

外观品质、加工品质、蒸煮食用品质和营养品质是评价大米品质的基本参数^[1]。食用品质能够更显著地反映消费者的接受程度,因此它是评价大米品质最重要的参数。常用的测定方法是感官评定,辅助采用理化指标分析。就感官评定而言,品尝者评价大米品质是通过直觉,但由于个人喜好、习惯以及环境的不同,感官评定的结果也会有所不同。而理化分析方法虽然排除了人的主观因素影响,但是由于与食用品质相关系数较高的几个指标同食用品质并不存在简单的直线相关关系,加上分析过程的系统误差,其结果误差将会很大。因此,找到全面、客观、快捷的大米食用品质评价方法和标准是我国目前大米品质研究的新重点^[2]。

近年来,应用快速黏度分析仪(rapid viscosity analyzer, RVA)和近红外品质测定仪评价食用品质受到广泛关注。谢新华等^[3]研究了34种稻米的RVA特征值与直链淀粉含量和胶稠度的关系,认为可根据RVA粘滞性谱特征来评价水稻品种的食用品质,还需要进一步的研究。赖穗春等^[4]利用STA1A米饭食味计和感官食味品尝对133份籼稻米样食味进行评价,建立了可见光和近红外光谱值与籼稻米饭食味综合评分的回归方程,发现可见光和近红外光谱值与籼稻米饭食味综合评分的相关性达到显著水平。Mixolab是法国肖邦公司最新研制的一种测定谷物品质的综合测定仪,主要是根据热力学原理,通过感应装置测定谷物团在加热过程中的力学变化,测量搅拌样品时,通过两个搅拌臂的扭矩变化来分析样品。它能够设定恒温、升温、降温过程等测定的条件,从而分析出在机械与热作用下,样品的蛋白质弱化、淀粉糊化以及老化等信息^[5],可用于分析谷物及面团体系流变特性、黏度指数、酶活力指数、面筋指数等特性^[6]。国内外已有研究表明, Mixolab可以广泛应用于水稻育种、小麦育种、质量评价、面粉加工、面筋生产、添加剂应用等方面^[2,7-12],但 Mixolab与大米食用品质的相关研究仍然较少。

本文主要探讨 Mixolab 特征值和大米理化性质以及感官食用品质之间的相关性,旨在为大米食用品质评价提供一个新的客观、可行的技术手段。

2 材料与方

2.1 试验材料

供试材料大米为市购,70个品种分别取自黑龙江,吉

林、辽宁、河北、江苏、安徽、山东、上海、天津等省。样品获取后低温贮存于仓库中。

2.2 仪器与设备

凯氏定氮仪 Buchi K-360 (瑞典 FOSS 分析仪器有限公司);直链淀粉测定仪 DPCZ-II (北京智海电子仪器厂); Mixolab (法国肖邦公司 Chopin); 水浴锅 (国华电器有限公司)。

2.3 试验方法

2.3.1 直链淀粉含量测定方法

参照 GB/T 15683-2008《大米直链淀粉含量的测定》方法^[13],样品经脱脂处理后用 DPCZ-II 型直链淀粉仪测定。

2.3.2 蛋白质含量的测定方法

参照 GB/T 5009.5-2010《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》方法^[14]。

2.3.3 胶稠度的测定方法

参照 GB/T 22294-2008《粮油检验大米胶稠度的测定》方法^[15]。

2.3.4 Mixolab 测定方法

大米磨制成米粉,过60目筛,备用。参照 GB/T 5497-1985《粮油检验水分测定法》方法测定样品的含水量^[16]。然后用 Mixolab 测定,吸水率设定为60%^[2]。根据样品的含水量,算出检测所需要样品的量。仪器的测定条件如表1。

表1 Mixolab 设定的参数表
Table 1 Instrumental settings defined in the Mixolab

设定参数	值
仪器搅拌速度	80 r/min
起始温度	30 °C
第一阶段时间	8 min
升温速率	4 °C/min
第二阶段温度	90 °C
第二阶段保持时间	7 min
冷却速率	-4 °C/min
第三阶段温度	50 °C
第三阶段持续时间	5 min
共用时间	45 min

Mixolab 的典型图谱如图1所示,图2中C1、C2、C3、C4、C5等参数的含义见表2^[17,18]。

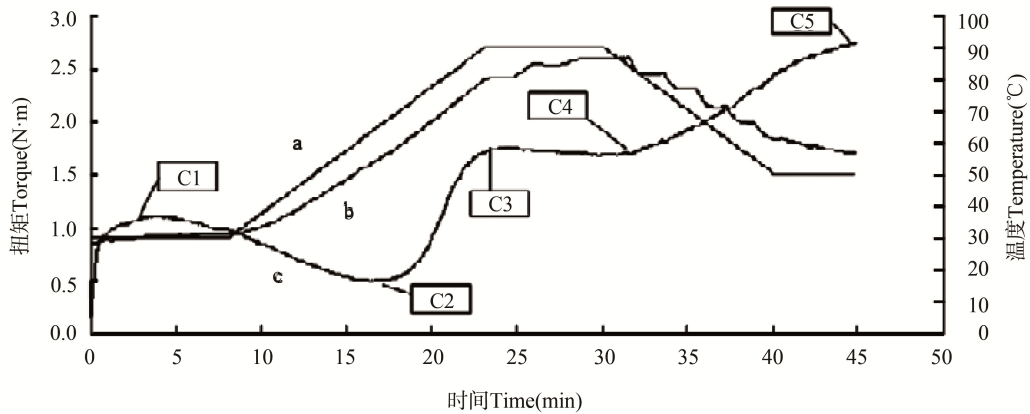


图 1 Mixolab 曲线图

Fig. 1 Mixolab graph

a: 揉面钵温度曲线 b: 样品温度曲线 c: 样品扭矩曲线

a: Temperature curve of the kneading-through b: Temperature curve of the samples c: Torque curve of the samples

表 2 Mixolab 曲线各参数的含义
Table 2 Parameters of Mixolab graph

参数	参数含义
C1/Nm	米团的目标扭矩, 用于确定其吸水率
C2/Nm	蛋白质弱化时的扭矩, 表示在搅拌力和温度作用下的蛋白质弱化
C3/Nm	淀粉糊化的扭矩, 表示淀粉糊化特性
C4/Nm	糊化淀粉加热稳定变化时的扭矩, 表示淀粉热糊化胶的稳定性
C3-C4/Nm	表示淀粉的崩解值
C5/Nm	淀粉老化时的扭矩, 表示冷却阶段糊化淀粉的回生特性
α /(Nm/min)	30 °C 结束时 C1 和 C2 间的曲线斜率, 表示蛋白网络弱化的速度
β /(Nm/min)	C2 与 C3 之间的曲线斜率, 表示淀粉糊化的速度
γ /(Nm/min)	C3 与 C4 之间的曲线斜率, 表示淀粉酶水解淀粉的速度

2.3.5 感官食用品质的测定

感官评定方法主要分为 3 类: 差别检验、描述性分析和喜好性分析^[19]。描述性分析是最复杂方法, 但描述性分析得到结果能提供产品详细信息, 且能精确分析一系列不同产品感官之间具体差异、贮藏条件及获得它们化学性质和感官特征之间相关性, 以提高产品质量^[20]。

本文采用描述性分析法, 对已有根据国标 GBT 16291.1-2012 筛选出的 10 名感官灵敏度及描述能力合格的优选评价员, 进行培训、管理及考核。

对样品进行米饭感官描述性属性词汇表建立, 分别从外观、气味、滋味、质构 4 个方面建立 10~12 个属性, 这些属性的强度在样品之间的差异较为显著。

2.4 数据处理与分析

每个指标的测定至少做 3 次重复, 各指标相关性采用

Pearson 相关性分析。数据处理及统计分析采用 SPSS19.0 软件进行。

3 结果与分析

3.1 Mixolab 特征值的数学分析

对 Mixolab 特征值计算极小值、极大值、极差、平均值、标准差和变异系数, 得表 3。

从表中可以看出, α 和 γ 的变异系数均大于 50%, 说明 70 种大米在蛋白质网络弱化度和酶解速度上差异非常明显, 而 C1、C2、 β 、C1-C2、C3-C2、C3-C4、C5-C4 等特征值其变异系数均大于 25%, 说明这些大米之间在吸水率、蛋白质的弱化性、淀粉糊化速率等方面差异也较为明显。 α 的极差最大, γ 的极差最小。

表 3 70 个样品 Mixolab 特征值的分析结果($n=3$)
Table 3 Mixolab characteristic values of 70 varieties of rice ($n=3$)

参数	极小值	极大值	极差	平均值	标准差	变异系数/%
C1/Nm	0.43	2.82	2.39	1.56	0.4439	28.40
C2/Nm	0.06	1.23	1.17	0.68	0.1741	25.56
C3/Nm	0.70	3.1	2.41	2.28	0.4731	20.76
C4/Nm	0.50	2.2	1.72	1.79	0.3955	22.13
C5/Nm	1.86	3.31	1.45	2.79	0.3200	11.49
α /(Nm/min)	-0.15	-0.01	3.06	-0.04	0.4477	67.72
β /(Nm/min)	0.04	0.84	0.80	0.50	0.1509	30.41
γ /(Nm/min)	-0.39	-0.02	0.37	-0.08	0.0486	64.65
C1-C2/Nm	0.28	2.19	1.91	0.88	0.3846	43.61
C3-C2/Nm	0.31	2.41	2.10	1.6	0.4337	27.16
C3-C4/Nm	-0.51	0.96	1.47	0.49	0.2008	40.84
C5-C4/Nm	0.62	2.37	1.75	1.00	0.3075	30.81

3.2 Mixolab 特征值与食味理化指标的关系

Qin 等^[21]的研究表明,在大米的多种理化指标中,蛋白质、直链淀粉含量和胶稠度与食用品质关系密切,因此,本文选取了蛋白质、直链淀粉含量和胶稠度这 3 个理化指标,分析结果如表 4。

由表 4 可知,胶稠度的变异系数最小,直链淀粉含量的变异系数最大,蛋白质含量次之。其中直链淀粉含量的变异系数达到 15%以上,胶稠度的变异系数不到 10%。说明供试品种间胶稠度虽然有显著的差异,但是这些原料特性的品种间差异幅度远比蛋白质含量和直链淀粉含量的变异幅度小。

大米和小麦同属谷物,有很多类似的性质,如它们的淀粉结构都包含直链淀粉和支链淀粉两部分,且具有大多数淀粉相同的性质:糊化作用,凝沉作用(老化作用)和吸附作用,但小麦的淀粉粒主要是单粒,大米的淀粉粒主要以复粒为主。它们的蛋白质也与所有蛋白质类似:具有等电点、变性、胶体等性质。不同的是小麦蛋白质主要是麦胶蛋白和麦谷蛋白,麦胶蛋白水合时黏性极大,抗延伸性小或无,可以认为是造成面团黏合性的主要原因,麦谷蛋白是一类不同组分的蛋白质,多链,有弹性但无黏性,并且它使面团具有抗延伸性;大米蛋白主要包括白蛋白、球蛋白、醇溶谷蛋白及谷氨酰胺,这些蛋白和小麦蛋白作用不同,对米粉团的延伸性不起作用^[22]。由表 5 可知,蛋白质含量与 C3、C4 和 C5 呈显著负相关,也就是说,蛋白质

含量越高,淀粉糊化速度越慢,热胶稳定性越差,淀粉老化后的粘性越低,这可能是因为蛋白质的吸水降低了淀粉水合的有效水量和通过二硫键的结合而形成蛋白质网络,两者协同提高了糊化多相体系的浓度,增强了分散相与黏稠相的互作^[23]。

直链淀粉含量与 C2、 γ 、C3-C4 呈显著正相关,与 C3、C4、C5、 β 呈极显著正相关,而与 C1 呈显著负相关。直链淀粉含量越高,米饭就越容易老化。淀粉的老化是一个淀粉分子从无序到有序的过程。完全糊化的淀粉,当温度降到一定程度之后,由于分子热运动能量的不足,体系处于热力学非平衡状态,分子链间借氢键相互吸引与排列,使体系自由焓降低,最终形成分子链间有序排列的结果,在降温冷却和贮藏的过程中,由于分子势能的作用,高能态的无序化逐步趋于低能态的有序化^[24]。不同品种大米制作成的米粉通过回生动力学研究后发现直链淀粉含量越高,米粉糊化后的回生速率越快^[2]。直链淀粉含量与 C1 呈显著负相关,与 C2、C3、C4、C5、 β 、 γ 和 C3-C4 呈显著正相关,这表明直链淀粉含量与 Mixolab 绝大部分参数都关系十分密切。胶稠度与 C1、C5 呈显著正相关,说明米粉在吸水后,米粉胶越长,吸水率越高,淀粉老化后的粘性越大。

3.3 Mixolab 特征值与感官评定指标的关系

本文采用描述性分析方法,选用 10 名优级评价员从

外观、质构和风味等方面对 70 种大米制成的米饭样品进行全面的感官品质剖析, 主要利用的方法包括蛛网图描述性分析(Spectrum, 即对应具体的参照样分值, 进行强度值最精确的评分方式)和定性描述性分析(QDA, 即不提供参照样, 评价员掌握一致的打分标准, 根据感受的属性强度进行打分)。选取其中质地部分的评分与 Mixolab 特征值以及食味理化指标进行综合分析^[25]。

质地从粘性、硬度、凝聚性和咀嚼性 4 个方面进行评分, 由表 6 可知, 凝聚性的最大值为 7.32, 最小值为 2.75, 标准差和变异系数均最高; 粘性的最大值为 7.50, 最小值为 3.15, 变异系数较高; 硬度的最大值为 6.93, 最小值为 3.20, 变异系数和标准差与粘性接近; 咀嚼性的最大值为 7.58, 最小值为 3.37, 标准差低, 变异系数也最低, 但也大

于 15%。说明品种之间在质地上的差异很大。

由表 7 可知, 粘性与 C3、C4、C5、 β 和 C3-C2 呈极显著负相关, 与 C3-C4 呈显著负相关, 说明米饭粘性越大, 淀粉糊化速度越慢, 热胶稳定性越差, 淀粉老化后的粘性越低, 持续升温下蛋白质网络强化。硬度与 C5 呈显著正相关; 凝聚性与 C3 和 C5 呈显著正相关。因此, 感官评定质地方面均与 Mixolab 的 C5 值密切相关, 说明 C5 点能够作为食用品质的表征点。而李俊辉等^[2]的研究表明, C1、C2、C3-C4 和 γ 均与食味达极显著相关和显著相关, 其中 C1 是 Mixolab 与其他仪器的主要区别, 也是在稻米食用品质检测上的突破。综上所述, Mixolab 特征值与大米食用品质存在一定的关系, 可以用来初步判断大米的食用品质, 但是其机制还有待进一步研究。

表 4 70 种大米食味理化指标的分析结果($n=3$)
Table 4 The physio-chemical parameters values of 70 varieties of rice ($n=3$)

理化指标	极小值	极大值	极差	平均值	标准差	变异系数/%
蛋白质含量/%	4.87	8.32	3.45	6.99	0.7544	10.79
直链淀粉含量/%	9.11	21.06	11.95	17.49	2.8033	16.03
胶稠度/mm	50.00	74.00	24.00	66.95	5.9768	8.93

表 5 Mixolab 特征值与大米食味理化指标的相关性
Table 5 Correlation between the Mixolab characteristic values and the physio-chemical parameters values

参数	蛋白质含量/%	直链淀粉含量/%	胶稠度/mm
C1/Nm	0.054	-0.262*	0.259*
C2/Nm	-0.108	0.265*	0.115
C3/Nm	-0.286*	0.524**	-0.085
C4/Nm	-0.336**	0.502**	-0.056
C3-C4/Nm	-0.012	0.244*	0.088
C5/Nm	-0.247*	0.732**	-0.238*
α /(Nm/min)	0.056	0.027	-0.173
β /(Nm/min)	-0.188	0.612**	-0.098
γ /(Nm/min)	0.047	0.249*	0.048

注: *表示 5%显著水平, **表示 1%显著水平

表 6 70 种大米感官评定质地的分析结果($n=3$)
Table 6 Sensory scores of 70 varieties of rice($n=3$)

指标	极小值	极大值	极差	平均值	标准差	变异系数/%
粘性	3.15	7.50	4.35	5.33	1.1165	20.95
硬度	3.20	6.93	3.73	5.06	1.0362	20.48
凝聚性	2.75	7.32	4.57	5.06	1.2541	24.77
咀嚼性	3.37	7.58	4.21	5.49	1.0209	18.60

表 7 Mixolab 特征值与感官评定指标的相关性
Table 7 Correlation between the Mixolab characteristic values and rice sensory scores

参数	粘性	硬度	凝聚性	咀嚼性
C1/Nm	0.215	-0.035	-0.011	-0.048
C2/Nm	-0.097	0.077	0.114	0.025
C3/Nm	-0.395**	0.176	0.263*	0.133
C4/Nm	-0.347**	0.126	0.212	0.163
C3-C4/Nm	-0.250*	0.167	0.202	-0.006
C5/Nm	-0.474**	0.253*	0.288*	0.230
α /(Nm/min)	-0.081	0.119	0.181	0.199
β /(Nm/min)	-0.429**	0.166	0.230	0.152
γ /(Nm/min)	0.140	0.033	-0.026	-0.197

注: *表示 5% 显著水平, **表示 1% 显著水平

4 结 论

本文对 70 种不同大米样品 Mixolab 图谱特征值的相关分析表明: 大米的蛋白质含量、直链淀粉含量和胶稠度与图谱特征值存在显著的相关关系, 感官评定指标也与图谱特征值存在显著的相关关系。蛋白质含量与淀粉糊化特性、淀粉热糊化胶的稳定性、冷却阶段糊化淀粉的回生特性呈显著负相关, 相关系数分别为: -0.286、-0.336、-0.247。直链淀粉含量与吸水率呈显著负相关, 与蛋白质的弱化、淀粉糊化特性、淀粉热糊化胶的稳定性、冷却阶段糊化淀粉的回生特性、淀粉糊化的速度、淀粉酶水解淀粉的速度和淀粉崩解值呈显著正相关, 这表明直链淀粉含量与 Mixolab 绝大部分参数都关系十分密切。胶稠度与吸水率、冷却阶段糊化淀粉的回生特性呈显著正相关。另外, 感官评定质地方面都和 Mixolab 的冷却阶段糊化淀粉的回生特性有相关关系, 冷却阶段糊化淀粉的回生特性可以作为食用品质的表征点。综上所述, Mixolab 能够应用在大米食用品质的初步判断上, 这为我国大米食用品质的评价方法提供了新的思路。

参考文献

- [1] Hu GX, Wang JJ. Status and prospects of the detection and evaluation technology on rice quality [J]. Chin Agric Sci Bull, 2010, 26(19): 62-65.
- [2] 李俊辉. Mixolab 在稻米食用品质检测上的应用研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
Li JH. Application studies on the evaluation of rice eating quality with Mixolab [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009.
- [3] 谢新华, 李晓方, 肖昕, 等. 稻米淀粉黏滞性和质构性研究[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(3): 9-11.
Xie XH, Li XF, Xiao X, et al. Research on the viscosity and texture of rice starch [J]. J Chin Cereals Oils Assoc, 2007, 22(3): 9-11.
- [4] 赖穗春, 河野元信, 王志东, 等. 米饭食味计评价华南籼稻食用品质[J]. 中国水稻科学, 2011, 25(4): 435-438.
Lai HC, Motonobu Kawano, Wang ZD, et al. Cooking and eating quality of indica rice varieties from south China by using rice taste analyzer [J]. Chin J R Sci, 2011, 25(4): 435-438.
- [5] Švec I, Hrušková M. The Mixolab parameters of composite wheat/hemp flour and their relation to quality features [J]. LWT - Food Sci Technol, 2015, 60(1): 623-629.
- [6] 王凤, 黄卫宁, 刘若诗, 等. 采用 Mixolab 和 Rheometer 研究含外源蛋白燕麦面团的热机械学和动态流变学特性[J]. 食品科学, 2009, (13): 147-152.
Wang F, Huang WN, Liu RS, et al. Assessment of effects of exogenous proteins on the thermomechanical and dynamic rheological properties of oat dough using Mixolab and Rheometer [J]. Food Sci, 2009, (13): 147-152.
- [7] Bonet A, Blaszcak W, Rosell CM. Formation of homopolymers and heteropolymers between wheat flour and several protein sources by transglutaminase-catalyzed cross-linking [J]. Cereal Chem, 2006, 83: 655-662.
- [8] Collar C, Bollain C, Rosell CM. Rheological behaviour of formulated bread doughs during mixing and heating [J]. Food Sci Technol Int, 2007, 13: 99
- [9] Zhang Y, Wang YF, Chen XM, et al. Relationship of Mixolab parameters with Farinograph, Extensograph parameters, and bread-making quality [J]. Acta Agron Sin, 2009, 35(9): 1738-1743
- [10] Ozturk S, Kahraman K, Tiftik B, et al. Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab [J]. Eur Food Res Technol, 2008, 227: 1549-1554
- [11] Kahraman K, Sakiyan O, Ozturk S, et al. Utilization of Mixolab to predict the suitability of flours in terms of cake quality [J]. Eur Food Res Technol, 2008, 227: 565-570
- [12] 姜蓉. 肖邦混合仪和快速粘度仪在糯米粉品质检测中的应用[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2014.
Jiang R. The application of Mixolab and RVA on the detection of glutinous rice flour quality [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2014.

- [13] GB 15683-2008 大米直链淀粉含量的测定[S].
GB 15683-2008 Determination of amylose content of rice [S].
- [14] GB 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5-2010 National food safety standard Determination of protein content in food [S].
- [15] GB 22294-2008 粮油检验 大米胶稠度的测定[S].
GB 22294-2008 Inspection of grain and oils Determination of gel consistency of rice [S].
- [16] GB 5497-1985 粮油检验水分测定法[S].
GB 5497-1985 Inspection of grain and oils Determination of moisture [S].
- [17] 唐晓锴, 于卉. 谷物品质分析专家——Mixolab 混合实验仪[J]. 现代面粉工业, 2012, (05):19-22.
Tang XK, Yu H. The experts of grain quality analysis—Mixolab [J]. Flour Milling, 2012, (05):19-22.
- [18] 胡秋辉, 高永欣, 杨文建, 等. 混合实验仪评价香菇粉对面团流变特性的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(10):2159-2167.
Hu QH, Gao YX, Yang WJ, *et al.* Evaluation of the effect of lentinus edodes powder on dough rheological properties with Mixolab [J]. Sci Agric Sin, 2013, 46(10): 2159-2167.
- [19] Tuorila H, Montelenoe E. Sensory food science in the changing society: opportunities, needs, and challenges [J]. Trends Food Sci Technol, 2009, 20: 54-62.
- [20] Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. Sensory evaluation techniques [M]. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- [21] Qin KX, Liu LL, Liu TY, *et al.* Correlation between physicochemical properties and eating qualities of rice [J]. J Northeast Agric Univ, 2014, 21(3):60-67.
- [22] 周惠明. 谷物科学原理[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003.
Zhou HM. Principle of cereal science [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2003.
- [23] Martin M, Fitzgerald MA. Proteins in rice influence cooking properties [J]. Cereal Sci, 2002, 36: 285-294.
- [24] 孟祥艳. 淀粉老化机理及影响因素的研究[J]. 食品工程, 2007, (2): 60-63.
Meng XY. Study on retro gradation mechanism and influencing factors of starch retro gradation [J]. Food Eng, 2007, (2): 60-63.
- [25] 夏熠珣, 钟芳, 李玥. 描述性分析在食品感官评定中应用进展[J]. 粮食与油脂, 2011, (8): 4-6.
Xia YX, Zhong F, Li Y. Application progress of descriptive analysis in sensory evaluation of foods [J]. Cereals Oils, 2011, (8): 4-6.

(责任编辑: 金延秋)

作者简介



蔡宏郁, 硕士, 主要研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程。

E-mail: 18120168980@163.com



袁建, 硕士, 教授, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: yjian_nj@163.com