

附件 3

《米粉（米线）专用大米》团体标准编制说明

一、工作简况：

1、任务来源

米粉（米线）专用大米，是在普通大米品种的基础上给定一些条件进一步筛选出适合用于做米粉（米线）的大米。目前市面上常见的米粉（米线）用米有籼米和粳米。适合制作米粉（米线）的大米用量大，种类多，然而没用相应的标准对该类产品进行规范。故特申请米粉（米线）专用大米标准。

根据国家课题《营养大米、专用米等加工关键技术设备研发与示范》，计划项目号 2017YFD0401102-02 中的要求，起草标准《米粉（米线）专用大米》团体标准。

2、主要工作过程

步骤	工作内容	实施时间
1	成立标准起草工作组	2019 年 2 月
2	查阅相关资料、向企业进行调研、收集专家及企业意见和建议。	2019 年 2 月 -2019 年 6 月
3	制定并实施米粉（米线）专用大米核心指标筛选的研究方案	2019 年 6 月 -2020 年 9 月
4	对研究数据进行处理、分析、总结和归纳	2020 年 9 月 -2020 年 11 月
5	结合实验结果、相关专家和企业意见及相关资料，编写标准草案稿	2020 年 11 月 -2020 年 12 月
6	将草稿提交技术委员会讨论	2020 年 11 月 -2020 年 12 月
7	修改草案稿，形成标准征求意见稿	2020 年 11 月 -2020 年 12 月
8	广泛征求“粮油标委会”各委员及相关单位意见	2020 年 11 月

		-2020年12月
9	根据征集的意见对征求意见稿进行修改,编写标准送审稿、编制说明、意见汇总处理表及其它附件	2020年12月
10	将标准送审稿、编制说明、意见汇总处理表及其它附件送专业标准化技术工作组	2020年12月
11	专业化标准技术工作组审查并充分吸收各方面意见后报粮油标委会秘书处	2020年12月
12	粮油标委会委员审定	2020年12月
13	形成标准报批稿及相关上报材料报标委审批	2020年12月

3、人员分工

人员分工如下表 1

表 1 标准起草人员分工

序号	姓名	单位	职务/职称	分工 (细化到节或条)
1	沈汪洋	武汉轻工大学	教授	企业相关技术资料的收集、实验方案的设计及主要技术指标的确定。
2	周小玲	克明面业股份有限公司	工程师	实验材料的收集、实验仪器及设备的准备。
3	陈轩	武汉轻工大学	实验师	实验材料的收集、实验仪器及设备的准备。
4	周梦舟	湖北工业大学	副教授	结合实验结果、企业意见及相关资料,编写标准草案稿
5	贾喜午	武汉轻工大学	讲师	编写标准送审稿、编制说明、意见汇总处理表及其它附件。
6	苟青松	武汉轻工大学	研究生	技术指标实验的实施及数据的采集。
7	王展	武汉轻工大学	副教授	实验数据的分析、处理、归纳和总结。
8	李芳	武汉轻工大学	讲师	实验数据的分析、处理、归纳和总结。

9	黄文晶	武汉轻工大学	讲师	编写标准送审稿、编制说明、意见汇总处理表及其它附件。
10	金伟平	武汉轻工大学	副教授	实验数据的分析、处理、归纳和总结。
11	蔡红燕	武汉轻工大学	实验师	实验材料的收集、实验仪器及设备的准备。
12	张东生	克明面业股份有限公司	工程师	实验材料的收集

4、国内外相关标准情况

本标准制定过程未检索到国际标准或国外先进标准，标准水平达到国内先进水平。

二、团体标准编制原则和确定团体标准主要内容

1、编制原则

该产品属于食品产品使用原料，文件编制重点围绕原料特性与产品内在性质的关系和设定相应技术内容。

2、标准主要内容及技术指标

本文件规定了米粉（米线）专用大米的术语和定义、技术要求（水分、加工精度、直链淀粉含量、胶稠度、最终粘度等）、检验方法、检验规则和包装、标签、储存等。

2.1、适用范围

本文件适用于以稻谷、糙米或半成品大米为原料经碾磨加工成符合本文件规定的、适用于制作水煮粉、方块粉、排状粉等以外的其他

- 2.3.4 直链淀粉含量检验：按 GB/T 15683 规定的方法执行。
- 2.3.5 胶稠度检验：按 GB/T 22294 规定的方法执行。
- 2.3.6 色泽、气味检验：按 GB/T 5492 规定的方法执行。
- 2.3.7 杂质含量、不完善粒含量检验：按 GB/T 5494 规定的方法执行。
- 2.3.8 互混率检验：按 GB/T 5493 规定的方法执行。
- 2.3.9 黄粒米含量的检验：按 GB/T 5496 或 GB/T 35881 规定的方法执行。
- 2.3.10 净含量检验：按 JJF 1070 规定执行。

三、 主要试验（或验证）情况及预期经济效果

该标准主要在企业反馈的技术资料、实验室累计实验结果及相关标准的基础上进行制定。主要对大米的加工精度、胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质含量、糊化特性等指标进行实验，结合米粉（米线）的质构特性、感官评分、蒸煮特性等，利用主成分分析和聚类分析法，得出米粉（米线）品质的综合评分；并筛选出适合用于制作米粉（米线）大米的关键指标。

3.1 实验情况（一）

3.1.1 实验材料、试剂与设备

表 1 实验材料与试剂

试剂	公司
2018 年收获的 17 种大米，包括：鄂中 5 号、黄华占、洋西早、丰两优 1 号、油粘米、福兴米、两优培九、荷香米、普八、株两优 819、早稻、桃香米、中杂 838、丰两优 4 号、珍桂矮、五优 308、荣优 585	市售（加工精度一级）
其余试剂（分析纯）	国药集团化学试剂有限公司

表 2 实验仪器

仪器与设备	公司
CFXB100 蒸锅	合肥荣事达小家电有限公司
TU-1810PC 型紫外可见光光度计	北京普析通用仪器有限公司
STARTER3100 pH计	奥豪斯仪器（上海）有限公司
MS105DU 分析天平	METTLER TOLEDO 公司
移液枪	Eppendorf 公司
SC-3612 低速离心机	安徽中科中佳科学仪器有限公司
TA-XT2i 物性测定仪	英国 Stable Micro Systems 公司
HR2200 磨粉机	永康市哈瑞工贸有限公司
NJ60 全自动米线机	广州旭众食品机械有限公司
QL-861 漩涡混合仪	海门市其林贝尔仪器制造有限公司

3.1.2 实验方法

(1) 大米主要成分测定

淀粉含量测定：参考 GB/T 5009.9—2008(酸水解法)。

蛋白质含量测定：参考 GB/T 5009.5—2010(凯氏定氮法)。

粗脂肪测定：参考 GB/T 5512—2008(索氏抽提法)。

直链淀粉含量测定：参考 GB/T 15683—2008。

水分含量测定：参考 GB 5009.3—2016（105℃烘箱法）。

脂肪酸值测定：参考 GB/T 5510-2011（石油醚提取法）。

(2) 米粉（米线）的制备

大米原料→清洗浸泡（2h）→滤干→粉碎→调配水份(37%)→挤压熟化→老化(4℃，4 h)→干燥→二次糊化(105℃，10s)→老化(4℃，2h)→干燥→真空包装

(3) 米粉（米线）全质构测定（TPA）方法

将米粉（米线）切成 5 cm 长，放入沸水中蒸煮 15 min，取出滤干，快速测定。测定模式为 TPA 模式，具体测定参数为：探头型号 P/36R，测前速度 2 mm/s，测中速度 1 mm/s，测后速度 1 mm/s，压缩比为 50%，两次压缩时间间隔为 5.0 s，触发力大小为 5 g。每个样品平行测定 5 次，去掉每个指标的最大值和最小值后取平均值。

（4）米粉（米线）断条率的测定

参考 SN/T 0395-95《出口米粉检验规程》的方法测定干米粉（米线）的断条率：选择 20 根 20 cm 长的干米粉（米线），在 500 mL 沸水中蒸煮 1 min 后，将米粉（米线）样品捞起过冷水滤干，记录 10 cm 以上的米粉（米线）条数（ x_1 ），按下式计算：

$$\text{断条率}/\% = \frac{20 - x_1}{20} \times 100\%$$

式中： x_1 为 10 cm 以上的米粉（米线）条数。

（5）米粉（米线）蒸煮损失的测定

参考 SN/T 0395-2018《出口米粉检验规程》的方法测定干米粉（米线）的蒸煮损失，测定米粉（米线）水分含量（W），称取 100 g（ ± 0.01 ）左右的米粉（米线）样品（ M_0 ），在 750 mL 沸水中蒸煮 5 min，米粉（米线）捞出，将汤汁定容至 500 mL，移取 50 mL 至已恒重的器皿（ M_1 ）中，再将其放置在 105 ± 2 °C 条件下干燥至恒重（ M_2 ），按下式计算蒸煮损失值：

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{10 \times (M_2 - M_1)}{M_0(1 - W)} \times 100$$

式中： M_0 为米粉（米线）样品质量； M_1 为恒重器皿质量； M_2 为恒重器皿和移取出的汤汁固形物质量之和； W 为米粉（米线）水分含量；10 为提取试样的换算系数。

(6) 米粉（米线）复水时间测定

参考 SN/T 0395-95《出口米粉检验规程》的方法测定干米粉（米线）的复水时间，取 10.0 g 样品放入烧杯中加进约 10 倍样品重量的沸水，放入沸水浴中保温，静置 3min 后，取长度为 5-15cm 的粉条一根，放在 20cm×20cm 玻璃板上，盖上同样规格的玻璃板，用双手压紧，观察玻璃板上的粉条有无硬心，如有硬心出现，应每隔 0.5 min 测定一次，直到粉条无硬心为止，记录时间。

(7) 米粉（米线）感官品质测定

将米粉（米线）按照蒸煮时间进行蒸煮后，进行感官评价，评价标准参考表 3。

表 3 米粉（米线）感官评价标准
Table 3 Sensory evaluation standard of rice noodles

感官指标	分数	评分标准	
黏弹性	15	有弹性、不粘牙	11~15
		弹性一般、稍粘牙	5~10
		粘牙	0~4
细腻性	15	细腻	11~15
		较细腻	5~10
		粗糙	0~4
柔软性	15	柔软顺滑	11~15
		较柔软、较顺滑	5~10
		较硬	0~4
咀嚼性	15	米粉（米线）在咀嚼时，口腔感觉到弹性的大小。有咬劲	10~15

滋味	15	咀嚼不爽口，发黏或太硬	0~10
		具有纯正米香味，气味浓、无其他异味	11~15
		米香味较纯，气味较浓，无或少有异味	5~10
外观	25	米香味不纯，或气味淡，或有其他异味	0~4
		白色或固有色泽，无杂色，透明性好	21~25
		白色或固有色泽，或少有杂色，透明性较好	14~20
		色泽不均匀，多杂色，透明性很差	0~14

(8) 数据统计与分析

采用 SPSS 20.0 和 Excel 2016 软件对各指标进行描述性分析、相关性分析、主成分分析、聚类分析和逐步回归分析。

3.1.3 结果与分析

(1) 大米原料的主要成分分析

17 种籼米原料成分的描述性分析结果如表 4 所示。

表 4 大米主要成分指标描述性分析

Table 4 Descriptive analysis of rice main component indicators

指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数 /%
水分/%	11.30	13.35	12.48	0.55	4.44
总淀粉含量/%	69.43	74.80	72.66	1.61	2.22
直链淀粉/%	11.30	25.20	16.42	4.02	24.48
蛋白质含量/%	6.84	8.57	7.76	0.48	6.16
脂肪含量/%	0.54	1.54	1.01	0.28	27.45
脂肪酸值/%	15.61	198.71	81.94	61.90	75.54

如表 4 所示, 17 个大米样品的总淀粉含量在 69.43%~74.80% 之间, 变异系数最小, 仅为 2.22%; 水分含量在 11.30%~13.35% 之间, 变异系数为 4.44%; 蛋白质含量在 6.84%~8.57% 之间, 变异系数为 6.16%。说明不同品种大米的水分、总淀粉、蛋白质的含量差别不大。而直链淀粉、脂肪含量、脂肪酸值的变异系数均在 20% 以上, 品种间差异较大, 可能会影响其相关产品的食用特性。

(2) 米粉 (米线) 质构指标分析结果

米粉 (米线) 质构指标实验结果的描述性分析结果见表 5。

表 5 米粉 (米线) 质构指标的描述性分析

Table 5 Descriptive analysis of the texture quality of rice noodles

指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
硬度/g	56.96	493.02	212.24	124.78	58.79
粘性/(g sec)	-14.21	-0.95	-5.19	4.21	61.15
咀嚼性/g	30.86	345.72	143.03	90.40	21.69
胶着性	47.69	432.26	175.76	106.45	60.57
弹性/g	0.59	0.83	0.67	0.07	10.16
粘聚性/g	0.61	0.94	0.70	0.08	11.15
回复性	0.23	0.55	0.35	0.09	25.15

从表 5 可知, 17 种米粉 (米线) 的质构指标除弹性和粘聚性小于 20% 以外, 其余指标的变异系数均在 20% 以上, 说明 17 中米粉 (米线) 的质构特性中多数指标差异较大。其中粘性的变异系数最大, 为 61.15%; 弹性的变异系数最小为 10.16%; 可能是由于不同大米品种中成分差异导致, 该研究期望能够通过相关性分析建立米粉 (米线) 质构与大米原料成分间的联系, 以得到影响质构特性的原料成分指标, 为米粉 (米线) 专用米指标的筛选打下基础。

(3) 米粉 (米线) 蒸煮指标分析

米粉（米线）感官和蒸煮实验结果的描述性分析见表 6。

表 6 米粉（米线）感官和蒸煮品质的描述性分析

Table 6 Descriptive analysis of sensory and cooking evaluation

指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
黏弹性	3.75	10.80	6.08	1.87	30.74
细腻性	4.80	9.45	6.93	1.36	19.65
柔软性	5.25	10.95	7.54	1.53	20.35
咀嚼性	4.20	9.30	6.34	1.63	25.76
滋味	7.65	9.75	8.72	0.77	8.88
外观	18.75	22.50	20.70	1.19	5.73
蒸煮损失/%	2.51	10.02	6.87	2.40	34.97
自然断条率/%	1.15	28.59	11.61	8.14	70.10
复水时间	22.75	32.50	27.59	2.84	10.30

由表 6 可知，样品的外观和滋味变异系数最小，分别为 5.75% 和 8.88%，断条率的变异系数最大，为 70.10%；其余指标的变异系数均大于 19%，较为离散。结合原料成分、质构数据、感官分析和蒸煮数据可得出，本次研究中所选用的原料大米加工成米粉（米线）之间的理化指标、质构特性、感官品质和蒸煮品质差异较大，具有一定的代表性。

（4）感官评分与质构品质相关性分析

表 7 感官评分与质构品质的相关性

Table 7 Correlation between textural properties and sensory evaluation of rice noodles

质构指标	黏弹性	细腻性	柔软性	咀嚼性	滋味	外观
硬度(gf)	0.85**	0.62*	0.04	0.80**	0.34	-0.12
粘性(gf*s)	0.13	0.23	-0.72**	0.29	-0.51	0.23
咀嚼性(gf)	0.83**	0.60*	0.02	0.79**	0.32	0.03
胶着性(gf)	0.84**	0.61*	0.03	0.81**	0.32	-0.18
弹性	0.88**	0.13	-0.26	0.00	-0.04	-0.24
黏聚性	-0.36	-0.05	-0.66*	-0.31	-0.45	-0.18
回复性	0.58*	0.57*	-0.22	0.66*	-0.08	-0.37

注：自由度=14；“*”在 0.05 水平（双侧）上显著；“**”在 0.01 水平（双侧）显著。

由表 7 可知，黏弹性与质构特性中的硬度、咀嚼性、胶着性、弹性呈极显著正相关 ($P < 0.01$, 下同)，与回复性呈显著正相关 ($P < 0.05$, 下同)。细腻性与硬度、咀嚼性、胶着性、回复性呈显著正相关。柔软性与粘性呈极显著负相关，与粘聚性呈显著负相关。咀嚼性与硬度、咀嚼性、胶着性呈极显著正相关，与回复性呈显著正相关，滋味不与质构指标呈相关性。外观评分与质构指标无显著性相关关系。

综上所述，感官评分的黏弹性、细腻性、柔软性以及咀嚼性与质构数据的相关指标呈显著性正或负相关关系，因此在后续指标分析中可利用质构数据对米粉（米线）的相关品质进行分析。

(5) 大米成分与米粉（米线）蒸煮品质相关分析

通过相关分析可以初步判断大米各指标与成品指标之间的相互联系，其分析结果见表 8。

表 8 大米原料主要成分与米粉（米线）品质的相关系数

Table 8 Correlation between the main chemical composition of rice and rice noodles

质构指标	淀粉含量 /%	直链淀粉含量 /%	蛋白质含量 /%	脂肪含量 /%	脂肪酸值 mg/100g
硬度(gf)	-0.41	0.78**	0.30	0.59*	0.34
粘性(gf*s)	-0.62*	-0.16	-0.21	0.03	0.30
咀嚼性(gf)	-0.40	0.79**	0.30	0.59*	0.37
胶着性(gf)	-0.39	0.79**	0.28	0.59*	0.32
弹性	-0.63*	0.08	0.25	0.44	0.73**
黏聚性	-0.20	-0.55*	-0.28	-0.23	-0.01
回复性	-0.88**	0.25	-0.02	0.35	0.50*
蒸煮损失/%	0.64*	-0.41	-0.35	-0.18	-0.53*
自然断条率/%	-0.23	-0.07	0.11	0.27	0.58*
复水时间	-0.09	0.80**	0.29	0.17	0.34

注：自由度=15；“*”在 0.05 水平（双侧）上显著；“**”在 0.01 水平（双侧）显著。

从表 8 可知，蛋白质含量与各品质之间无显著相关性；淀粉含量与粘性、弹性、回复性呈显著 ($P < 0.05$ ，下同) 或极显著 ($P < 0.01$ ，下同) 负相关，同蒸煮损失呈极显著正相关。直链淀粉含量与硬度、咀嚼性、胶着性、复水时间呈极显著正相关，同粘聚性呈显著负相关。可能时由于直链淀粉糊化后更容易有序排列，分子链通过氢键交联聚合度更高，米粉（米线）冷却时更易老化回生，形成的凝胶强度大，因而米粉（米线）的硬度、咀嚼性值更大。然而直链淀粉含量越高老化程度也越高，因此复水时间也越长。说明直链淀粉与米粉（米线）的品质间存在关键性的联系，可作为后续专用米筛选的成分指标。脂肪含量与硬度、咀嚼性、胶着性呈显著性正相关，这可能由于在挤压加工过程中脂肪与淀粉含量形成复合物从而影响米粉（米线）的硬度、咀嚼性和胶着性。脂肪酸值与弹性呈极显著负相关，与回复性和自然断条率呈显著正相关。其原因可能为大米脂肪酸值越高，代表其储藏时间越长，在储存过程中而大米淀粉容易被酶分解成的短链分子含量，从而影响米粉（米线）的老化进程。

（6）米粉（米线）蒸煮综合品质分析及其原料的选择

多变量大样本分析中，变量间存在共线性，增加了分析的复杂性。若分别分析各个指标，分析有可能是孤立的，而不是综合的；盲目地减少指标又有可能损失很多信息，得出错误结论。因此采用主成分分析将多个相关联的数值转化为少数几个互不相关的综合指标来反映原来较多的信息。对 17 种大米加工的米粉（米线）的蒸煮品质指标进行主成分分析，根据提取的主成分特征值大于 1 的标准，确定

提取的前三个主成分的特征值、贡献率和累积贡献率见表 9，各个品质指标的特征向量见表 10。

表 9 主成分的特征值及贡献率

Table 9 Eigenvalues and variance contributions of principal components

主成分数	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	5.06	50.57	50.57
2	2.17	21.74	72.31
3	1.07	10.65	82.96

表 10 主要指标的特征向量

Table10 Eigenvectors of principal components

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
硬度 X ₁	0.95	-0.18	0.13	粘聚性 X ₆	-0.23	0.84	0.05
粘性 X ₂	0.34	0.57	-0.69	回复性 X ₇	0.85	0.44	-0.19
咀嚼性 X ₃	0.95	-0.17	0.15	蒸煮损失 X ₈	-0.82	-0.05	0.33
胶着性 X ₄	0.95	-0.18	0.10	自然断条率 X ₉	0.46	0.52	0.44
弹性 X ₅	0.34	0.56	0.45	蒸煮时间 X ₁₀	0.67	-0.52	-0.06

由表 10 可知，提取的三个公因子的特征值大于 1，且累计方差贡献率达到 82.96%，这说明提取的前三个主成分基本综合了米粉（米线）的食用品质的信息。由表 10 可以看出，第一个主成分代表的是米粉（米线）的硬度、咀嚼性、胶着性、回复性、蒸煮损失、蒸煮时间；第二个主成分代表的是米粉（米线）的弹性、粘聚性、自然断条率；第三个主成分代表的是米粉（米线）的粘性。

根据主成分对应的特征向量，可以确定主成分（F1、F2、F3）与米粉（米线）品质指标之间的米线性关系表达式，如下：

$$F_1=0.422X_1+0.152X_2+0.424X_3+0.420X_4+0.153X_5-0.104X_6+0.376X_7-0.366X_8+0.206X_9+0.300X_{10}$$

$$F_2=-0.122X_1+0.384X_2-0.113X_3-0.119X_4+0.381X_5+0.568X_6+0.300X_7-0.036X_8+0.354X_9-0.355X_{10}$$

$$F_3=0.121X_1-0.664X_2+0.150X_3+0.098X_4+0.432X_5+0.046X_6-0.185X_7+0.317X_8+0.430X_9-0.063X_{10}$$

以每个主成分所对应的特征值占所提取的主成分特征值之和的比例为权重，得到米粉（米线）品质综合得分（F）计算公式：

$$F=0.246X_1+0.084X_2+0.254X_3+0.241X_4+0.264X_5+0.093X_6+0.277X_7-0.180X_8+0.289X_9-0.079X_{10}$$

将原始变量进行标准化后，代入上述公式，计算出不同籼米原料加工干米粉（米线）的主成分综合得分结果见表 11。

表 11 米粉（米线）的主成分得分值及综合得分

Table 11 Principal component scores and comprehensive scores of rice noodles

大米品种	综合得分	大米品种	综合得分
鄂中 5 号	-0.75	株两优 819	-0.35
黄华占	-0.29	早稻	-0.33
洋西早	0.54	荷香米	-0.65
丰两优 1 号	-0.34	中杂 838	0.22
油粘米	-0.80	丰两优 4 号	-0.06
福兴米	-0.75	珍桂矮	1.30
两优培九	-0.67	五优 308	0.35
桃香米	0.83	荣优 585	1.12
普八	0.33		

(7) 米粉（米线）品质指标聚类分析

根据样品的相似性和欧式平方距离，用 Ward 法对米粉（米线）的综合得分数据进行聚类分析，聚类分析结果见图 1。

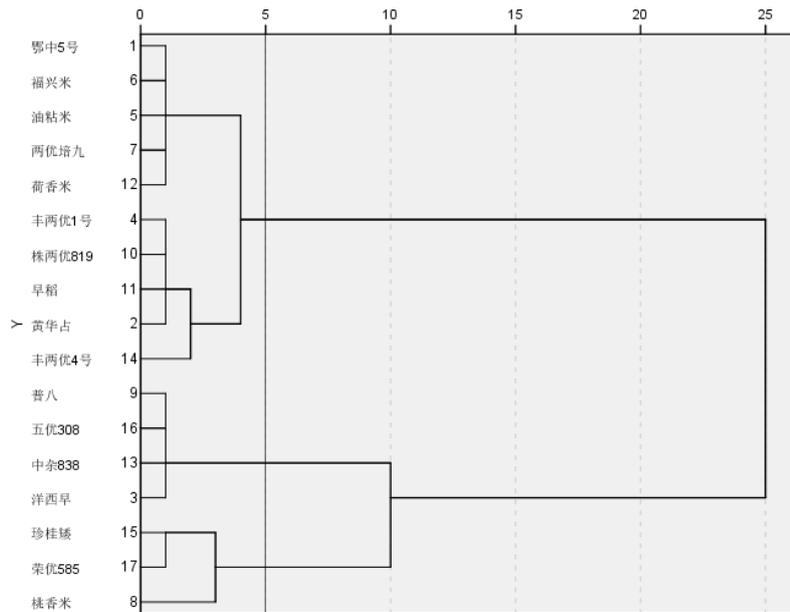


图 1 米粉（米线）综合得分聚类分析树状图

Fig.1 Dendrogram of cluster analysis of rice noodles' comprehensive score

由图 1 可知，在欧式平方距离 5 处，可以将 17 个品种的籼米制成的米粉（米线）分成 3 类。第一类综合得分大于 0.8，包括珍桂矮、荣优 585、桃香米加工的米粉（米线），综合品质较优；第二类综合得分在 0.22~0.54 之间，包括洋西早、中杂 838、普八、五优 308 加工的米粉（米线），此类米粉（米线）的综合品质较为一般；第三类综合得分小于 -0.06，包括鄂中 5 号、福兴米、油粘米、两优培九、荷香米、丰两优 1 号、株两优 819、早稻、黄华占、丰两优 4 号加工的米粉（米线），此类米粉（米线）的综合品质较差。

（8） 米粉（米线）专用米选择核心指标

通过相关分析得出了影响米粉（米线）各品质的主要影响因素，但数据仍然众多，且各因素之间存在着复杂的相互作用关系。在实际生产中，需要尽可能少的指标的测量来预测米粉（米线）的品质，因

此采用逐步回归法对米粉（米线）的感官评价与成分指标的关系进行分析，建立品质评价指标的多元回归方程。

$$y=3.515-0.08 \text{ 淀粉含量}+0.099 \text{ 直链淀粉含量}+0.008 \text{ 脂肪酸值} (R^2=0.63)$$

通过逐步回归方程可筛选出大米淀粉含量、直链淀粉含量以及脂肪酸值对米粉（米线）的综合得分影响最大。选择淀粉含量、直链淀粉含量和脂肪酸值为大米加工米粉（米线）的关联性指标结合聚类分析结果，可以将第一类适合加工米粉（米线）的大米的关联性指标的区间范围定为适合加工米粉（米线）的原料大米选择标准。即原料大米淀粉含量小于 73.9%、直链淀粉含量大于 23.4%，脂肪酸值大于 72.84 mg/100g 时，生产的米粉（米线）综合品质最优。

3.1.4 结论

该实验探究了大米原料成分指标与米粉（米线）蒸煮品质之间的相关关系。利用主成分分析，得出米粉（米线）的综合评分；通过逐步回归分析以及聚类分析，得出评价米粉（米线）品质的大米原料核心指标（淀粉含量、直链淀粉含量、脂肪酸值含量）。由于淀粉作为大米中的主要成分，分为直链淀粉和支链淀粉，以淀粉含量为标准筛选米粉（米线）专用米品种过于为宽泛；而数据显示直链淀粉与米粉（米线）的品质间更具相关性，故选用直链淀粉含量作为米粉（米线）专用米团体标准中一项理化指标。根据上述对实验结果的分析归纳，并结合米粉（米线）相关资料，团体标准中要求米粉（米线）专用米为一级专用米的直链淀粉含量须在 22%~25%之间；二级专用米的直链淀粉含量可在 17%~22%之间；直链淀粉含量不在此范围的可做三级专用米（需结合其它指标要求进行确定）使用。

3.2 实验情况（二）

3.2.1 实验材料与试剂

试剂	公司
17 种大米	市售（加工精度一级）
NaOH（分析纯）	国药集团化学试剂有限公司
麝香草酚蓝（分析纯）	国药集团化学试剂有限公司

3.2.2 实验仪器与设备

仪器与设备	公司
MS105DU 分析天平	METTLER TOLEDO 公司
Super4 快速粘度仪	澳大利亚 Newport Scientific 公司
HR2200 磨粉机	永康市哈瑞工贸有限公司

3.2.3 实验方法

（1）快速粘度测定

大米淀粉糊化特性测定：参照 GB/T 24852-2010《大米及米粉糊化特性测定 快速粘度仪法》。其主要操作步骤及程序为：准确量取 (25 ± 0.1) g 水和 (3 ± 0.1) g 样品（按 14% 湿基校正），移入样品桶中，用旋转桨快速搅拌 10s 后，置于 RVA 仪器内。按照测定程序运行，程序设定如下：初始转速 960 s/min，搅拌 10 s，形成均匀的悬浊液后，转速保持 160 r/min，直至实验结束。初始温度 50℃，保持 1min 后，以 12℃/min 的速率升至 95℃，保持 2.5min 后，再以 12℃/min 降至 50℃并持续 2min，整个测定过程总计 13min。典型的 RVA 特征曲线如图 2 所示，RVA 各参数值含义见表 12。

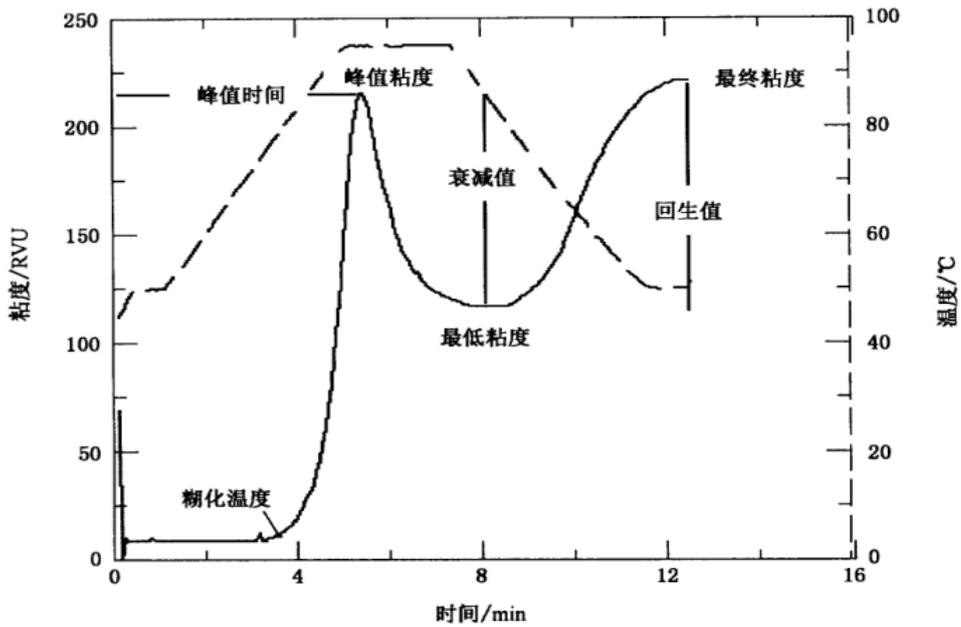


图 2 典型的 RVA 特征曲线图

Figure 2 Typical RVA characteristic curve

表 12 RVA 各参数值含义

Table 12 Meaning of each parameter of RVA

参数	参数含义
糊化温度/°C	试样加热后，试样粘度开始增大时的温度
峰值时间/min	在规定条件下，试样开始加热至达到峰值粘度的时间
峰值粘度/RVU	在规定条件下，加热使试样开始糊化至冷却前达到的最大粘度值
最低粘度/RVU	在规定条件下，试样达到峰值粘度后，在冷却期间的最小粘度值
衰减值/RVU	峰值粘度和最低粘度的差值
回生值/RVU	最终粘度和最低粘度的差值
最终粘度/RVU	在规定条件下，测试结束时的试样粘度值

(2) 膨胀度和水溶性测定

参考刘艳香等的方法，准确称取 0.5 g 左右样品，精确到 0.01，记录重量为 m 。置于已恒重的离心管中，加入 30 mL 水，在 90 °C 下水浴震荡 30 min，4000 r/min 离心 20 min，分离上清液和沉淀物，沉淀物称重为 m_1 ，并将上清液倾倒入恒重的铝盒中，在 120 °C 下的烘箱中蒸发干，至恒重，残留物为 m_2 。膨胀度和水溶性按下式计算：

$$S = \frac{m_2}{m} \times 100\%$$

$$B = \frac{m_1}{m \times (1 - S)}$$

式中：S 为水溶性指数，%；B 为膨胀度指数，g/g； m_1 为沉淀质量，g； m_2 为上清液干重，g；m 为样品干重，g。

(3) 胶稠度测定

大米胶稠度随着储藏时间的延长而减小。在一定范围内，大米胶稠度值越高，大米粘度越大，其品质越好，米饭越柔软。稻谷胶稠度依据 GB/T 22294-2008《粮油检验 大米胶稠度》测定。每个样品测定 3 次，取平均值，米胶长度以 mm 表示。

(4) 肖邦混合仪 (Mixolab) 测定方法

参考姜容的条件进行混合仪基础参数设定并稍作修改，详细过程见下表 13。

表 13 Mixolab 设定的参数表
Table 13 Parameter settings of Mixolab

设定参数	值
粉团质量	85g
吸水率	75%
目标扭矩	1.2Nm
仪器搅拌速度	80r/min
起始温度	30℃
保持时间	3min
升温速率	8℃/min
第二阶段温度	95℃
保持时间	7min
冷却速率	8℃/min
第三阶段温度	50℃
恒温时间	5min

(4) 数据统计与分析

采用 SPSS 20.0 和 Excel 2016 软件对各指标进行描述性分析、相关性分析和逐步回归分析。

3.2.4 结果与分析

(1) RVA 及相关指标实验结果

RVA 结果及相关的理化指标的描述性分析结果见表 14

表 14 RVA 及相关指标的描述性分析

Table14 Descriptive analysis RVA material

指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
胶稠度/mm	17.00	78.00	54.76	18.96	34.62
水溶性/%	3.15	5.28	4.24	0.88	20.07
膨润力/g/g	6.91	8.53	7.82	0.54	6.86
峰值粘度/cP	2061.33	4359.00	3101.56	589.20	20.01
最低粘度/cP	1398.67	2649.50	1852.38	391.74	20.61
崩解值/cP	148.50	2177.00	1249.18	480.57	38.47
最终粘度/cP	2570.67	5027.50	3276.19	699.43	21.35
峰值时间/min	5.71	6.50	6.1	0.23	37.5
回生值/cP	1087.50	2443.00	1423.80	375.35	26.36
糊化温度/°C	78.28	91.88	84.77	3.60	4.25

由表 14 可知, 膨润力和糊化温度的变异系数较小, 分别为 6.86% 和 4.25%, 说明这 17 种大米品种在糊化过程中淀粉颗粒膨胀程度以及糊化温度差异不明显; 其余指标变异系数均大于 20%, 说明 17 种大米在老化过程、以及糊化淀粉颗粒破碎过程的粘度值差异明显。

(2) 成分指标与 RVA 特性指标之间的相关性分析

表 15 原料成分与 RVA 特征指标的相关系数

Table 15 Correlation coefficient between raw material composition and RVA characteristic index

指标	淀粉含量/%	直链淀粉/%	蛋白质/%	脂肪含量%	脂肪酸值%
峰值粘度/cP	0.03	-0.15	0.06	-0.29	0.06
最低粘度/cP	-0.21	0.26	0.12	0.27	0.25
崩解值/cP	0.21	-0.40*	-0.02	-0.57*	-0.13
最终粘度/cP	-0.25	0.30	0.13	0.32	0.38
回生值/cP	-0.25	0.29	0.12	0.32	0.45
峰值时间/min	-0.16	0.31	0.37	0.58*	0.14
糊化温度/°C	-0.29	0.25	-0.46*	0.20	-0.05
胶稠度/mm	0.61**	-0.51*	-0.24	-0.57*	-0.51*
水溶性/%	0.27	0.08	-0.13	0.17	0.29
膨润力 g/g	0.11	-0.26	0.38	-0.11	-0.36

注：自由度=15；“*”在 0.05 水平（双侧）上显著；“**”在 0.01 水平（双侧）显著。

如表 15 所示，胶稠度与淀粉含量呈极显著（ $P < 0.01$ ）正相关，说明淀粉含量越高，胶稠度值越大；与直链淀粉含量、脂肪含量和脂肪酸值呈显著（ $P < 0.05$ ）负相关；说明胶稠度与原料大米成分之间存在紧密的联系，可进一步研究其与产品品质间的相关性，以为专用米标准指标的选择提供理论数据。

（3）RVA 特征指标与米粉（米线）蒸煮品质相关分析

表 16 RVA 特征指标与米粉（米线）蒸煮品质的相关系数

Table 16 Correlation coefficient between RVA characteristics and rice noodle cooking quality

指标	峰值粘 度 /cP	最低粘 度 /cP	崩解值 /cP	最终粘 度 /cP	回生值 /cP	糊化温 度 /°C	水溶性 /%	膨润力 /g/g	胶稠度 /mm
硬度(gf)	-0.16	0.56*	-0.61*	0.63*	0.60*	0.26	-0.13	-0.16	-0.86**
粘性(gf*s)	0.05	0.19	-0.09	0.28	0.32	0.47	0.04	-0.62**	-0.26
咀嚼性(gf)	-0.13	0.57*	-0.59*	0.65*	0.63*	0.25	-0.13	-0.16	-0.85**
胶着性(gf)	-0.14	0.59*	-0.61*	0.65*	0.61*	0.27	-0.14	-0.18	-0.85**
弹性	-0.32	-0.30	-0.14	-0.14	0.03	-0.10	-0.12	0.18	-0.20
黏聚性	-0.23	-0.35	0.02	-0.34	-0.28	-0.07	-0.34	0.09	0.29
回复性	-0.21	0.33	-0.49*	0.41	0.42	0.38	-0.23	-0.32	-0.75**

蒸煮损失/%	0.10	-0.22	0.28	-0.31	-0.35	-0.23	-0.20	0.47*	0.86**
自然断条率/%	0.31	0.41	0.04	0.48*	0.48*	-0.25	-0.49*	0.18	-0.25
复水时间/min	0.03	0.33	-0.23	0.42	0.44	0.17	0.41	-0.43	-0.57*

注：自由度=19；“*”在 0.05 水平（双侧）上显著；“**”在 0.01 水平（双侧）显著。

由表 16 可知，峰值粘度、水溶性、糊化温度与米粉（米线）的蒸煮品质无显著相关性；最低粘度反映淀粉糊在高温下的耐剪切能力，仅与米粉（米线）的硬度、咀嚼性和胶着性（质构特性）存在显著相关关系；崩解值反映淀粉糊的热稳定性，仅与硬度、咀嚼性、胶着性和回复性（质构特性）呈显著负相关。最终黏度反映淀粉糊降温冷却后形成凝胶的能力，回生值反映淀粉糊在降温冷却过程中的回生程度，二者与米粉（米线）的质构特性（硬度、咀嚼性和胶着性）和蒸煮特性（自然断条率）均存在显著相关关系，更能全面反映米粉（米线）品质特性。胶稠度反应淀粉糊冷却成胶后米胶流动的长度，其值与硬度、咀嚼性、胶着性以及回复性呈极显著性负相关，与蒸煮损失呈极显著正相关，与复水时间呈显著负相关。

综上所述，原料 RVA 特征指标中的最终粘度和回生值以及理化指标中的胶稠度与米粉（米线）的质构特性和蒸煮品质均存在显著的相关关系，对米粉（米线）品质的预测有一定指导意义，可作为后续米粉（米线）专用米筛选的参考指标。

（4）混合仪特征值描述性分析

对混合仪特征值进行描述性分析得到最小值、最大值、平均值、标准差和变异系数，其结果如下表 17。

表 17 17 种大米 Mixolab 特征值描述性分析

Table 17 Mixolab characteristic values of 17 varieties of rice

参数	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
C1	0.56	2.87	1.42	0.57	39.94
C2	0.03	0.28	0.12	0.07	57.98
C3	0.34	2.03	1.14	0.59	52.13
C4	0.24	1.89	0.93	0.56	60.09
C5	1.98	3.10	2.27	0.35	15.60
α	-0.47	-0.01	-0.21	0.19	-92.73
β	0.02	0.91	0.31	0.29	94.57
γ	-0.08	0.01	-0.03	0.02	-69.20

从表 17 可以看出, C2、C3、C4、 γ 值的变异系数均大于 50%, 说明 17 种大米粉在搅拌加热糊化过程中的蛋白质网络弱化度、糊化特性、稳定性以及糊化时的速率差异非常明显。C1 和 α 值均大于 20%, 说明大米粉的吸水率和蛋白质弱化性差异也比较明显。C5 的变异系数较小, 仅为 15.6%。总体说明用混合仪测得的大米粉在搅拌糊化过程中的流变学特性差异较明显。

(5) 混合仪特征指标与大米成分指标相关分析

表 18 Mixolab 特征指标与大米成分的相关系数

Table 18 Correlation coefficients of Mixolab characteristics and rice components

参数	淀粉含量/%	直链淀粉/%	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	脂肪酸值/%
C1	0.05	-0.57*	-0.22	-0.55*	0.02
C2	0.52*	0.11	-0.39*	0.21	-0.12
C3	-0.19	0.47*	0.09	0.77**	0.01
C4	-0.20	0.54*	0.01	0.76**	0.01
C5	-0.35	0.64**	0.09	0.69**	0.09
α	-0.20	0.36	-0.45*	0.58**	0.44*
β	-0.48*	0.31	0.18	0.71**	0.22
γ	0.17	0.48*	-0.69**	-0.45*	-0.22

注: 自由度=13; “*” 在 0.05 水平 (双侧) 上显著; “**” 在 0.01 水平 (双侧) 显著。

如表 18 所示，淀粉含量与 C2 值呈显著性正相关，与 γ 值呈显著负相关，说明淀粉含量越高，糊化过程粘性越大，淀粉糊化速率越小。直链淀粉含量与 C1 值呈显著性负相关，说明直链淀粉越高，淀粉吸水率越小，其原因可能为直链淀粉相比于支链淀粉含有更少的亲水键，故含量越高，吸水率越小；与 C3、C4、C5、 γ 值呈显著正相关，说明直链淀粉含量越高，糊化特性越好，淀粉越容易老化。

蛋白质含量与 C2、 α 、 γ 值呈极显著负相关。说明蛋白质含量越高，糊化速率越慢，淀粉酶水解淀粉的速率越小，老化后粘性越低。其原因可能为大米蛋白虽不能形成面筋，但当整个体系水分含量较少时，在搅拌过程中，蛋白质吸水降低了淀粉水合的有效水量，并通过二硫键的结合形成蛋白质网络，提高了糊化多相体系的浓度从而增强了淀粉糊的粘度。但当温度升高后，蛋白质变性，影响淀粉的糊化以及整个体系的粘性，以及淀粉的糊化速率。脂肪含量与 C3、C4、C5、 α 和 β 呈极显著正相关，说明脂肪含量越高，淀粉弱化度越大，而糊化速度越快，热稳定性越好，老化后的粘性也越高。这可能由于前期脂肪阻止淀粉溢出而使淀粉弱化度大，当持续加热时，在热和压力的作用下，脂肪能与直链淀粉结合形成复合物从而增大淀粉的稳定性和老化后的粘性。脂肪酸值仅与 α 值呈显著正相关。

(6) 混合仪特征指标与米粉（米线）蒸煮指标相关分析

表 19 Mixolab 特征指标与米粉（米线）指标的相关系数

Table 19 Correlation coefficients of Mixolab characteristic indicators and rice noodles indicators

指标	C1	C2	C3	C4	C5	α	β	γ
硬度(gf)	-0.57*	-0.18	0.78**	0.80**	0.90**	0.43*	0.85**	-0.42

粘性(gf*s)	-0.10	-0.33	0.10	0.05	0.12	0.19	0.37	-0.15
咀嚼性(gf)	-0.58**	-0.16	0.81**	0.82**	0.91**	0.45*	0.87**	-0.44
胶着性(gf)	-0.59**	-0.19	0.79**	0.81**	0.91**	0.43	0.86**	-0.41
弹性	0.00	-0.21	0.13	0.11	0.15	0.42	0.38	-0.28
黏聚性	0.03	-0.42	-0.43	-0.42	-0.30	0.15	-0.10	0.09
回复性	-0.30	-0.49*	0.35	0.35	0.47*	0.38	0.64**	-0.26
蒸煮损失/%	-0.11	0.19	-0.25	-0.21	-0.22	0.04	-0.32	0.18
自然断条率/%	-0.29	-0.10	0.25	0.24	0.31	0.64**	0.49**	-0.34
复水时间/min	-0.28	0.48	0.29	0.21	0.18	0.19	0.13	-0.38

注：自由度=18；“*”在 0.05 水平（双侧）上显著；“**”在 0.01 水平（双侧）显著。

如表 19 所示，C1 表示样品的吸水率，与硬度，咀嚼性、胶着性呈显著或极显著负相关。其原因可能为淀粉吸水率过大，导致在挤压时不能完全糊化，从而米粉（米线）硬度、咀嚼性较差。C2 值代表淀粉搅拌过程的蛋白质弱化，仅与回复性呈显著负相关。C3、C4、C5 值对米粉（米线）蒸煮品质影响类似，均与硬度、咀嚼性、胶着性呈极显著负相关。其值分别代表淀粉的糊化特性、糊化胶稳定性以及淀粉的回生特性。说明米粉（米线）在糊化过程中糊化程度较高、糊化速率较快，回生特性较好则米粉（米线）硬度大、咀嚼性好、胶着性好。 α 值代表蛋白质网络弱化速率，其值与硬度、咀嚼性以及自然断条率呈显著正相关。说明淀粉在糊化过程蛋白质更容易变性则会导致米粉（米线）断条率高、硬度大。 β 值代表淀粉糊化速率，其与硬度、咀嚼性、胶着性、回复性以及自然断条率呈极显著正相关。说明淀粉糊化速率越快，糊化越完全，米粉（米线）的硬度及其余指标值越大，断条率也越高。 γ 值不与米粉（米线）蒸煮品质呈显著性关系，其原因可能由于米粉（米线）在挤压加工过程中高温使淀粉酶失活，因此淀粉酶对米粉（米线）品质影响较小。

(7) 大米粉相关特性预测米粉（米线）蒸煮品质

利用 Mixolab 试验仪和 RVA 快速粘度仪及其余方法测定的 17 种粳米的特性特征值，并将其全部引入，利用回归分析方法得出预测米粉（米线）各蒸煮指标的数学模型，模型见表 20。

表 20 大米粉相关特性预测米粉（米线）蒸煮品质数学模型

Table 20 Mathematical model for predicting cooking quality of rice noodles with related characteristics

因变量	数学模型	决定系数 R ² (%)	Sig.	显著性
硬度	$y=340.6-56.16C1+220.54C5-195.56\beta-0.07$ 最终粘度 -5.65 胶稠度	90.1	0.01	**
粘性	$y=94.60-7.49C1-31.26C5-8.13\alpha+25.43\beta-0.002$ 最终粘 度-0.35 胶稠度	94.2	0.02	*
咀嚼性	$y=388.79-37.73*C1+32.80*C3-18.86*\alpha-0.02$ 最终粘度 -3.51 胶稠度	90.5	0.01	**
弹性	$y=1.23-0.07C3+0.23\beta+0.0001$ 峰值粘度-0.0001 最终粘 度-0.006 胶稠度	72.6	0.05	*
粘聚性	$y=0.75-0.06C3+0.0002$ 胶稠度	52.3	0.75	
回复性	$y=1.41-0.06C1-0.07C5-0.0001$ 最终粘度-0.008 胶稠度	70.2	0.03	*
蒸煮损失/%	$y=-61.74+8.92*C1+7.77*C5+7.96\alpha-0.006$ 峰值粘度 +0.009 最终粘度+0.53 胶稠度	93.3	0.03	*
自然断条率/%	$y=-21.20+17.53C1+20.75\alpha+13.71\beta+0.003$ 最终粘度	66.3	0.04	*
复水时间/min	$y=22.2-1.15C1+0.003$ 峰值粘度-0.05 胶稠度	50.3	0.35	
综合评分	$y=1.89+0.35C3+0.42\alpha+0.795\beta+0.0003$ 峰值粘度-0.004 最终粘度-0.039 胶稠度	97.0	0.01	**

注：“**”，P<0.01，“*”，P<0.05

如表 20 所示，利用大米糊化和老化过程测得的相关特性指标，可准确预测米粉（米线）的品质指标。其中硬度、粘性、咀嚼性、蒸煮损失、综合评分的准确度大于 90%；弹性、回复性、自然断条率的

准确度达到 60% 以上；但粘聚性和复水时间的准确度较低，且预测方程不显著，故不能用这些指标进行预测。

综上所述，测定米粉（米线）的流变学特性可以准确预测米粉（米线）的大部分指标，但极少部分指标的预测还需结合其余指标（如成分指标）来提高其预测值的准确性。

3.2.5 总结

实验测定了不同品种大米在糊化和老化过程中的相关特性指标。通过相关性分析得出大米的原料成分与米粉（米线）的特性指标显著相关。结合大米各特征值指标建立米粉（米线）品质预测模型，结果表明 C1、C5、 α 、 β 、最终粘度、峰值粘度、胶稠度建立起的数学模型预测米粉（米线）的硬度、粘性、咀嚼性、蒸煮损失以及综合评分准确度能达到 90% 以上。综合上述分析，原料 RVA 特征指标中的最终粘度以及理化指标中的胶稠度与米粉（米线）的质构特性和蒸煮品质均存在显著的相关关系；且在建立的米粉（米线）品质预测模型中能较好的预测米粉（米线）的品质，故选用最终粘度和胶稠度作为米粉（米线）专用米团体标准的两项分级指标。结合研究数据及相关资料，规定团体标准中米粉（米线）专用米的最终粘度不得低于 2700 RVU；一级专用米的胶稠度须在 20~40 mm 之间，二级专用米胶稠度须在 40~55 mm，三级专用米胶稠度可在 55~75 mm 之间。

3.3 预期的经济效果

本文件的制定，规定了米粉（米线）专用大米原料分级标准，弥补了目前我国米粉（米线）专用大米的空白；将便利大米加工企业

大米专用分级及米粉（米线）生产企业对原料的选取，提高了大米资源利用率，减少了损失；同时有利于提高企业产品的质量水平，提高大米加工企业和米粉（米线）生产企业的竞争力，推动大米加工行业和米粉（米线）生产企业的发展。

以工业化米粉（米线）专用米加工为例，吨米电耗降低 15%。我国规模以上传统企业每年大米产量 1 亿吨左右，若 1% 的产量应用课题成果，可节电 600 多万 kw·h，以电费 0.65 元/kw·h 计，可减少电费支出 400 余万元。

四、标准中涉及的专利、知识产权说明；

本标准内容不涉及相关专利。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准内容符合现行法律、法规。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

目前，没有分歧意见。

七、其他应予说明的事项

该标准涉及卫生要求引用强制性标准，标准为推荐性标准即可。