《马铃薯全粉》行业标准编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

依据国家粮食局下达《2017 年第一批粮油行业标准制修订计划》的通知，由河南工业大学主持承担《马铃薯全粉》粮食行业的标准制定工作。据此，由河南工业大学牵头成立了“《马铃薯全粉》行业标准制定工作组”（以下简称工作组）开展标准制订工作。工作组成立后，首先进行广泛地调查调研，资料收集和整理，并开展实验室研究工作。经反复研讨形成了本标准制定的初步工作方案，列出了重点问题进行了专题研究。在完成各专题研究后，形成《马铃薯全粉》标准（初稿）。通过与相关的检测机构和生产企业进行了研讨交流，并根据收集到的反馈意见进行了修改，形成《马铃薯全粉》（征求意见稿）。

1.2 工作过程

在“原粮及制品标准委员会”的指导下，河南工业大学牵头组建了以北京市粮食科学研究院、宁夏粮油质量检测站、宁夏薯味仙食品科技开发有限公司、内蒙古呼和浩特国家粮食质量监测站、武汉轻工业大学、甘肃国家粮食质量监测中心等相关单位的工作组。针对我国现行马铃薯全粉质量评价体系缺乏统一的要求，从而造成了对马铃薯全粉质量评价标准不统一、评价体系不完善等问题，通过查阅大量资料和相关调研的工作，收集相关产品或样品，确定了标准的制定原则和研究方案。

依据马铃薯熟全粉在加工过程中存在着截然不同的两种加工工艺的现状，首先将两种加工工艺的产品在标准中分为马铃薯熟全粉和马铃薯生全粉两大类。通过查阅文献，确定了加工工艺对马铃薯熟全粉品质影响的指标，研究了两种工艺条件下不同工艺条件对其马铃薯全粉各品质指标的影响，并根据 23 个指标的值，利用主成分分析法，筛选出了马铃薯熟全粉和马铃薯生全粉加工过程中质量控制关键指标；同时采集了市场流通的马铃薯全粉产品样本 30 份，对其 23 个品质指标的进行测定，利用主成分分析法，结合聚类分析筛选出了评价马铃薯全粉质量指标；依据不同工艺条件在实验室制备了马铃薯生全粉和马铃薯熟全粉各 13 份，并检测各质量指标。最后，依据

对全部数据统计与分析，结合行业加工和质量控制技术的现实与未来发展要求，确定了评价马铃薯生全粉和熟全粉质量的指标值范围。

工作组依据研究形成了《马铃薯全粉》标准初稿，并将其初稿在相关的检测机构和生产企业进行了沟通与交流，并根据收集到的反馈意见进行了修改，形成《马铃薯全粉》（征求意见稿）。

1.3 标准制定的意义

马铃薯（又称土豆、洋芋等）是仅次于水稻、小麦和玉米的第四大粮食作物。我国马铃薯种植面积和总产量均居世界首位，是世界总产量的 1/4，消费也是世界上增长最快的国家。马铃薯耐寒、耐旱、耐瘠薄，适应性广，易种植，属于省水、省肥、省药、省劲儿的“四省作物”。而且马铃薯脂肪含量低，蛋白质营养品质高，热量比小麦、水稻低，符合当前我国居民膳食多元、健康饮食的要求。马铃薯茎块含有品质高、种类多的维生素，还富含膳食纤维。据报道，仅食用全脂奶粉和马铃薯全粉制品，就能提供人体所需的全部营养素。实践已证实，马铃薯工业化的加工及利用，可彻底解决鲜薯含水量高、不耐存储和不便运输等问题。

马铃薯全粉是以马铃薯的块茎为原料，经过清洗、去皮、挑选、切片、漂洗、预煮、冷却、蒸煮、捣泥、脱水、干燥而得到的粉末状产品。它涵盖了新鲜马铃薯（除薯皮外）的全部干物质（淀粉、蛋白质、糖、脂肪、纤维、灰分、维生素、矿物质等），由于能较好的保全鲜薯的营养成分，在食品加工中应用广泛，日益受到广大消费者的喜爱。鲜马铃薯最佳储藏期为 1 年，而加工成全粉可储备 10 年以上，较稻米、玉米和小麦等传统粮食更耐储藏，有些国家或地区就把马铃薯全粉列为战略储备粮。

马铃薯的深加工产品主要有淀粉、冷冻及脱水产品等，主要应用于各种糕点、面包及其他食品，提进一步提高其附加值。从马铃薯原料的种植、培育，到初级加工产品，再到深加工产品（如面包、蛋糕、面条、馒头等），最后销售到餐桌。马铃薯全产业链将被完全打开，而且因为市场的空白点多及需求量大，将成为一个活力无限的新型产业。预计到 2020 年，50%以上的马铃薯将作为主粮消费。因此，推进马铃薯主粮化，不仅有利于改善膳食结构，增强人民体质与健康，而且有利于挖掘生产潜力，开辟保障国家粮食安全的新途径，同时也有利于缓解资源环境压力，实现农民增收、产业增值的现代农业可持续发展。

从 2015 年初国家农业部启动了“马铃薯主粮化战略”至今，马铃薯主食化进程已经在我国全面推广。目前已经开发了马铃薯全粉配比占 35%以上的馒头、面条和米粉等主食产品和饼干、面包和糕点等休闲食品，而要使这些产品顺利地推向人们的餐桌，成为一日三餐的“常客”，势必需要一整套的质量评价与控制标准体系。目前，作为重要原料之一的马铃薯全粉的质量规格与评价标准仍是空白。由于产品标准缺乏，生产出的产品质量参差不齐，制定马铃薯全粉的行业标准，有利于促进马铃薯全粉的标准化生产，提高和管控产品质量，推进马铃薯主食化战略的顺利实施。由此可见，制定马铃薯全粉的行业标准是我国主粮化进程中的不可或缺的工作，也是规范马铃薯全粉及其主食产品质量的迫切需要。

2 标准的编制原则

本标准编制的整个过程主要依据有利于规范马铃薯全粉的加工，保障马铃薯全粉产品的质量，结合相关现行国家标准的制定规范以及企业生产实际情况，确定了《马铃薯全粉》的编制原则。

（1）规范性原则。标准的编写依据 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》规定的结构、技术要素及表达规则进行起草。

（2）适应性原则。本标准是依据马铃薯全粉的加工工艺、国内生产企业的技术现状和马铃薯主食化产品需求制定。因此制定的标准适用于在我国范围内生产的马铃薯主食产品商业用马铃薯全粉的质量评价。

（3）科学性、可操作性原则。以我国目前马铃薯全粉的生产工艺及市场现有产品质量状况作为标准制修订依据的原则，从马铃薯全粉的感观指标、营养指标、工艺指标和卫生指标进行了全面的分析和筛选，且选取的指标大多有现行国家标准的测定方法，使得所制定的标准具有很好的系统性和可操作性。

3 标准制定内容与论据

3.1 主要内容

制定的“马铃薯全粉”标准为行业性标准，其主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、分类、质量要求和卫生要求、检验方法、检验规则、标签、以及包装、运输、储存和保质期。

3.2 术语和定义

3.2.1马铃薯生全粉 whole potato flour

指新鲜马铃薯经清洗、去皮、切片、护色、烘干、粉碎、过筛的粉末状产品。

3.2.2 马铃薯熟全粉 cooked whole potato flour

指新鲜马铃薯经清洗、去皮、切片、护色、熟化、烘干、粉碎、过筛后的粉末状产品。

3.2.3 色泽 color

马铃薯全粉的颜色。

3.2.4 粗细度 granularity

粉体颗粒的粗细程度，以通过及留存规定筛号的质量占试样质量的质量分数表示。

3.2.5 斑点 black spot

在规定条件下，用肉眼观察到杂色点的数量。

3.2.6 含砂量 sand content

细砂质量占试样质量的质量分数。

3.2.7 磁性金属物 magnetic metal content

磁性金属物的含量，以每千克试样中含有磁性金属物的克数表示（g/kg）。

3.2.8 灰分含量 ash content

经高温灼烧剩下的残渣质量占试样总质量的质量分数。

3.2.9 碘蓝值 iodine blue value

用于表征马铃薯全粉细胞被破坏后释放出的游离淀粉的含量。

3.2.10 碘呈色度 iodine visibility

指马铃薯熟全粉在加工过程中淀粉糊化的程度。糊化程度越高，样品中的直链淀粉分子摆脱束缚，脱离淀粉粒进入溶液的就多，碘呈色度越高，反之，碘呈色度越低。

3.3 马铃薯全粉的分类

按加工工艺的不同，将马铃薯全粉分为马铃薯生全粉和马铃薯熟全粉两大类。

3.4 用于评价马铃薯全粉质量指标的与确定

3.4.1 马铃薯全粉质量指标的选择

3.4.1.1 市场采集马铃薯全粉质量指标的筛选

（1）市场采集马铃薯全粉的质量指标的测定

对市场采集的 30 份马铃薯全粉样品的质量指标进行测定结果，见表 1。

表 1　市场采集马铃薯全粉的理化及性能指标分析

编号	水分 /%	灰分 /%	粗蛋白 /%	粗淀粉 /%	还原糖 /%	粗纤维 /g.kg-1	斑点 /个	L*值	a*值	b*值	碘蓝值	碘呈色度	pH 值	溶解度 /%	持水力 /g.g-1	持油力 /g.g-1
1	9.46±0	2.44±0.06	8.608	72.15±0.05	0.37±0	4.16±0.23	53±7f	85.87±0.01	-1.08±0.01	14.57±0.01	19.8±0.54	5.08±0.14	6.73±0.04	0.09±0	8.49±0.05	2.98±0.08
2	8.39±0.16	2.21±0.02	8.237	68.89±0.11	3.08±0.01	4.82±0.11	71±6	82.57±0.01	-1.08±0.01	15.4±0.01	13.51±0.07	4.84±0.7	6.67±0.03	0.09±0	8.65±0.07	3.52±0.04
3	8.15±0.06	1.99±0.03	7.447	72.75±0.49	2.24±0.04	5.84±0.13	69±15	81.3±0.01	-1.02±0.01	16.31±0.01	12.75±0.61	2.09±0.91	6.34±0.02	0.06±0	9.37±0.13	2.53±0.07
4	8.69±0.07	2.05±0.07	8.902	69.31±0.18	2.66±0.02	7.61±0.01	45±3	82.14±0.02	-1.07±0.02	16.14±0	12.1±0.38	4.36±1.13	6.35±0.03	0.09±0.01	8.73±0.14	3.94±0.07
5	7.79±0.05	2.23±0.02	9.253	70.03±0.13	2±0.03	6.38±0.13	30±5	84.68±0.01	-1.31±0.01	14.2±0	10.4±0.73	3.64±1.81	6.65±0.02	0.07±0	9.21±0.13	1.99±0
6	7.91±0.07	2.36±0.02	8.291	62.09±0.08	3.64±0.01	7.97±0.21	—	83.16±0.01	-0.08±0.04	15.31±0	9.26±0.26	4.54±0.03	6.65±0	0.18±0.01	3.85±0.11	1.83±0.04
7	9.91±0.19	3.37±0.2	9.35	66.35±0.08	3.45±0.16	7.29±0.09	199±18	77.61±0	3.31±0.01	26.88±0.04	5.57±0.11l	0.95±0.04	6.54±0.02	0.12±0.01	4.67±0.2	2.04±0.09
8	8.3±0.14	3.17±0.01	9.413	65.46±0.12	3.74±0.12	6.43±0.08	40±6	81.82±0.01	-0.3±0.01	20.53±0	14.49±0	5.25±1.41	6.53±0.01	0.14±0.01	7.76±0	3.34±0.21
9	8.02±0.11	3.32±0.01	10.012	54.79±0.11	0.8±0.04	5.39±0.13	10±4	84.35±0.01	-1.81±0.01	16.02±0.01	17.77±0.5	6.03±0.01	6.76±0.02	0.14±0	8.5±0.05	4.48±0.13
10	8.29±0.06	2.63±0.04	8.291	66.09±0.04	2.89±0.01	7.61±0.17	54±7	85.22±0	-1.94±0.01	14.82±0.01	9.85±0.49	1.07±0.11	6.77±0.02	0.06±0	8.85±0.28	4.02±0.19
11	8.65±0.14d	2.92±0	8.444	66.98±0.06	2.81±0.01	7.4±0.01	15±6	85.7±0	-2.09±0.01	14.43±0.01	7.11±0.38	1.88±0.38	6.75±0.04	0.06±0	8.94±0.04	4.24±0.04
12	8.52±0.09d	2.45±0.08	6.756	71.03±0.07	0.36±0.02	5.8±0.08	14±4	85.69±0.01	-2.22±0.01	15.74±0	6.87±0.27	2.19±0.38	6.79±0.01	0.05±0.01	8.68±0.21	4.15±0.12b
13	8.32±0.07	2.09±0	8.266	71.19±0.08	0.24±0.01	3.18±0.23	47±5	84.47±0	-1.15±0.01	13.21±0	7.68±0.11	0.88±0	6.89±0.01	0.05±0	8.25±0.03	3.93±0.06
14	8.29±0.24	2.82±0.07	6.996	68.41±0.02	1.8±0.13	10.89±0.19	13±8	78.12±0.05	-0.89±0	13.78±0.01	6±0.11	0.62±0.17	6.85±0.01	0.06±0.01	8.67±0.35	2.59±0.04
15	8.46±0.11	2.36±0.04	7.108	68.91±0.05	2.45±0.03	6.8±0.02	83±1	85.46±0	-1.12±0	13.99±0	11.83±0.07	1.39±0.49	6.66±0.03	0.07±0	7.8±0.28	2.39±0.04
16	7.8±0.04	2.86±0.05	8.556	64.07±0.11	2.63±0.04	5.73±0.04	26±4	85.76±0.01	-1.79±0	14.28±0	8.5±0.35	0.66±0.04	6.54±0.01	0.1±0.01	7.54±0.17	3.32±0.13
17	8.78±0.07	2.53±0.03	7.378	66.65±0.03	0.38±0.01	4.5±0.02l	10±5	86.47±0.01	-1.43±0	17.49±0.01	7.96±0.12	1.62±0.63	6.62±0.01	0.06±0.01	7.96±0.32	3.06±0.21
18	8.27±0.12	2.21±0	7.875	70.51±0.1	0.25±0.01	5.52±0.16	42±11	82.05±5.25	-1.09±0.08	13.73±0.5	6.44±0.11	0.96±0.11	6.74±0.02	0.04±0	9.08±0.11	2.46±0.02
19	10.16±0.02	2.63±0.04	8.696	68.79±0.11	0.6±0.04	2.86±0.37	40±10	83.53±0	-1.26±0.02	13.02±0	11.07±1.46	5.69±0.05	6.84±0.02	0.09±0.01	7.35±0.13	2.3±0.08
20	7.66±0.03l	2.62±0.01	8.645	71.17±0.09	1.01±0.01	7.65±0.08	34±7	84.69±0	-1.13±0.01	14.86±0.01	16.58±0.35	6±0.01	6.73±0.01	0.1±0	7.77±0.19	2.36±0.06
21	6.44±0.3	2.94±0.01	8.799	70.82±0.13	0.75±0.01l	5.84±0.07	84±3	82.98±0.01	-1.51±0.01	15.03±0.01	12.4±0.04	5.72±0.06	6.73±0.03	0.09±0.01	7.58±0.16	2.38±0.06
22	7.26±0.04	2.97±0.01	8.029	69.98±0.06	1.75±0.08	5.45±0.05	34±3	84.22±0	-1.67±0.01	15.15±0.01	12.19±2.57	5.26±0.01	6.73±0.02	0.08±0	8.96±0.04	2.3±0.04
23	7.11±0.04	2.91±0.01	8.303	72.01±0.03	1.83±0.05	4.3±0.01l	60±11	84.46±0	-1.61±0l	15.08±0.01	12.46±1.27	5.25±0.06	6.83±0.01	0.1±0.01	8.45±0.01	2.28±0.04
24	8.37±0.06	2.67±0.04	9.403	64.65±0.07	2.04±0.08	6.83±0.06	48±6	85.06±0.01	-1.73±0.01	14.97±0.01	6.77±0.19	3.24±0.24	6.67±0.01	0.07±0	7.8±0.1	2.46±0.11
25	7.49±0.06	2.73±0.02	8.608	65.68±0.06	2.92±0.04	8.89±0.08	94±7	82.08±0.01	-1.14±0.01	13.97±0.01	6.28±0.73	3.87±0.01	6.75±0.03	0.09±0.01	7.77±0.28	2.34±0.04
26	6.32±0.08	2.77±0.04	9.488	67.84±0.1	0.75±0.04l	7.21±0.11	170±1	82.76±0.01	-1.51±0.01	14.99±0.01	12.7±0.84	5.64±0.18	6.82±0.01	0.09±0	7.67±0.06	2.39±0.01
27	6.44±0.01	2.84±0.01	9.426	64.9±0.04	0.74±0.01l	6.23±0.13	68±9	82.69±0.01	-1.49±0.02	14.97±0.01	12.78±0.96	5.79±0.04	6.82±0.01	0.09±0	7.65±0.1	2.37±0
28	6.71±0.01	3.56±0.02	10.483	65.83±0.04	0.37±0.01	7.21±0.04	43±6	85.63±0.01	-1.26±0.01	14.72±0.01	10.61±0.81	5.09±0.04	6.69±0.01	0.08±0.01	8.12±0.08	2.45±0.08
29	7.62±0.25	3.49±0.01	7.689	64.74±0.1	0.29±0	2.92±0.1	80±3	84.74±0.04	-1.26±0.02	14.01±0	12.21±0.84	5.54±0.05	6.72±0.01	0.07±0	8.6±0.55	2.33±0.06
30	7.94±0.07	2.84±0.06	8.588	67.78±0.08	1.29±0	9.84±0.13	34±4	84.62±0.01	-1.54±0	15.23±0.01	8.58±0.3	4.42±0.2	6.64±0.02	0.06±0	8.83±0.13	2.43±0.04
Av±SD	8.12±0.85	2.7±0.42	8.51±0.88	67.66±3.64	1.67±1.14	6.28±1.87	55±43	83.66±2.12	-1.17±0.95	15.42±2.55	10.75±3.6	3.65±1.98	6.69±0.13	0.08±0.03	8.05±1.18	2.84±0.76
C.V（%）	10.47	15.56	10.25	5.38	68.26	29.78	78.18	2.53	81.20	16.54	33.49	54.25	1.94	37.5	14.48	26.76

表 2　市场采集马铃薯全粉的糊化特性指标

编号	峰值粘度/cP	最低粘度/cP	崩解值/cP	最终粘度/cP	回生值/cP	糊化时间/min	糊化温度/℃
1	1767.5±357.09	1045±73.54	722.5±283.55	1534.5±125.16	489.5±51.62	3.73±0.28	50.18±0.04
2	2000±11.31	1130±15.56	870±26.87	1943±8.49	813±7.07	3.67±0.57	50.25±0
3	2415±93.34	1477±141.42	938±48.08	2088±29.7	611±111.72	4.4±0.1	50.18±0.04
4	1771.5±47.38	1179±59.4	592.5±12.02	1811.5±48.79	632.5±10.61l	4.7±0.04	50.2±0
5	2487.5±333.05	1196±39.6	1291.5±293.45	1986.5±53.03	790.5±13.44	3.47±0.37	50.23±0.04
6	630.5±10.61	595±4.24	35.5±6.36	800±24.04	205±19.8	6.3±0.14	83.58±0.6
7	63.5±0.71	60±0	3.5±0.71	206.5±2.12	146.5±2.12	5.67±0.19	50.23±0.04
8	1313±80.61	990.5±33.23	322.5±47.38	1406.5±37.48	416±4.24	4.9±0.04	50.2±0.07
9	999±487.9	539±115.97	460±371.94	891.5±75.66	352.5±40.31	3.8±0.28	54.75±6.36
10	2702±154.15	1628±172.53	1074±18.38	2674.5±71.42	1046.5±101.12	4.7±0.14	50.2±0
11	1964±15.56	1278.5±13.44	685.5±2.12	2203.5±28.99	925±15.56	5.04±0.05	50.2±0
12	2442.5±2.12	1718.5±4.95	724±7.07	2622±28.28	903.5±23.33	5.04±0.05	50.2±0.07

13	2567.5±20.51	1543.5±4.95	1024±25.46	2542±2.8	998.5±2.12	4.84±0.05	50.15±0
14	2114.5±0.71	1491.5±9.19	623±8.49	2727.5±17.68	1236±8.49	5.34±0.09	50.2±0.07
15	2257±56.57	1604.5±26.16	652.5±30.41	2428±8.49	823.5±17.68	4.84±0.05	50.18±0.04
16	1701.5±34.65	1124.5±37.48	577±72.12	1995.5±3.54	871±33.94	4.93±0	50.45±0.35
17	2273±11.31	1703±2.83	570±8.49	2738.5±23.33	1035.5±26.16	5.24±0.05	52±2.55
18	2399±212.13	1609.5±120.92	789.5±91.22	2829.5±265.17	1220±144.25	5.14±0.19	50.23±0.04
19	2834.5±126.57	1525±164.05	1309.5±37.48	2288±77.78	763±86.27j	3.7±0.04	50.23±0.04
20	1868.5±1072.68	888±261.63	980.5±811.05	1361±503.46	473±241.83l	3.83±0.71	54.25±5.8
21	2548±91.92	1387±36.77	1161±55.15	1933.5±48.79	546.5±12.02	3.67±0.09	50.25±0
22	3269±76.37	1467.5±14.85	1801.5±91.22	2173±35.36	705.5±50.2	2.6±0.1	50.2±0.07
23	2536.5±50.2	1243±2.83	1293.5±53.03	2017.5±38.89	774.5±36.06	3.2±0.18	50.23±0.04
24	3493.5±43.13	1767±18.38	1726.5±24.75	3033.5±47.38	1266.5±28.99	3.74±0.09	50.2±0
25	2444±253.14	1502±226.27	942±26.87	2911±148.49	1409±77.78	4.44±0.05	50.25±0
26	2385±363.45	1359.5±89.8	1025.5±273.65	1941.5±58.69	582±31.11	3.97±0.33	50.3±0
27	2465±147.08	1279±15.56	1186±131.52	1895±35.36	616±19.8	3.84±0.05	50.28±0.04
28	2633±172.53	1480±16.97	1153±155.56	2268.5±9.19	788.5±7.78	4.43±0.14	50.23±0.04
29	3600±89.1	2115±22.63	1485±66.47	3264.5±10.61	1149.5±33.23	4±0.1	50.25±0
30	2779.5±243.95	1712.5±51.62	1067±192.33	2798±45.25	1085.5±6.36	4.4±0.18	50.25±0
Av±SD	2224.17±777.41	1321.28±416.71	902.88±445.36	2110.47±693.94	789.18±316.82	4.38±0.81	51.68±6.19
C.V（%）	34.95	31.54	49.33	32.88	40.14	18.49	11.98

由表 1-表 2 分析可知，市场采集的 30 份马铃薯全粉的理化指标中，还原糖含量和斑点的变异系数较大；色泽指标中，a*值差异较大；功能性指标中，碘呈色度的样品间差异较大；糊化特性指标中，崩解值和回生值的变异系数较大。其中还原糖含量的差异可能来自品种或者贮藏条件，而斑点的差异可能来自于马铃薯全粉的加工。a*值差异较大的原因可能与马铃薯品种、马铃薯全粉的加工密切相关。碘呈色度的差异较大，即不同样品间的淀粉的熟化程度差异明显，可能与马铃薯全粉的加工有关。糊化特性反映的是马铃薯全粉的可再加工特性，样品间的差异较大，表明样品间的可再加工成传统的蒸煮类主食的特性差异明显。

马铃薯全粉的指标中，a*值、还原糖含量、斑点、碘蓝值、碘呈色度、崩解值、回生值的变异系数较大，因此，可将这些指标作为筛选马铃薯全粉关键性指标的参考指标。

（2）主成分分析

用 SPSS 对市场上购买和收集到的 30 个样品测定的 23 个指标进行主成分分析，用互不相关主成分来反映马铃薯全粉较多的信息，度量各个指标的优劣程度，找出能反映马铃薯全粉品质的主要指标，剔除某些不重要的指标。

对 30 份马铃薯全粉样品的所测指标进行主成分分析得出的评价因子的特征值、方差贡献率和累积方差贡献率见表 3。

表 3　评价因子的特征值和累积方差贡献率

提取因子	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	7.71	33.51	33.51
2	3.85	16.72	50.23
3	2.38	10.35	60.58
4	2.01	8.72	69.3
5	1.58	6.87	76.17
6	1.3	5.63	81.81
7	0.88	3.83	85.64
8	0.63	2.73	88.36
9	0.56	2.45	90.82
10	0.5	2.15	92.97
11	0.44	1.91	94.88
12	0.33	1.44	96.31
13	0.26	1.12	97.43
14	0.19	0.82	98.25
15	0.13	0.56	98.8
16	0.1	0.44	99.25
17	0.08	0.32	99.57
18	0.06	0.24	99.81
19	0.03	0.12	99.92
20	0.01	0.05	99.98
21	0.01	0.02	100
22	0	0	100
23	0	0	100

由表 3 可以看出，前 6 个主成分因子提取特征值均大于 1，累积方差贡献率达到 82%，所以，提取前 6 个主成分因子可代表市场上马铃薯全粉的大部分品质信息。

将 L*值、a*值、b*值、水分、灰分、粗蛋白含量、粗淀粉含量、还原糖含量、粗纤维含量、斑点、碘蓝值、碘呈色度、pH 值、溶解度、持水力、持油力、峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生值、糊化时间、糊化温度指标用 X_1、X_2、X_3、X_4、X_5、X_6、X_7、X_8、X_9、X_{10}、X_{11}、X_{12}、X_{13}、X_{14}、X_{15}、X_{16}、X_{17}、X_{18}、X_{19}、X_{20}、X_{21}、X_{22}、X_{23} 表示。计算出 6 个主成分的特征向量，并将它们按照绝对值大小降序排序，结果见表 4。

表 4 主成分特征向量（依照绝对值大小降序排列）

第一主成分		第二主成分		第三主成分		第四主成分		第五主成分		第六主成分	
指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量
X_{17}	0.331	X_{12}	0.458	X_{10}	0.511	X_7	-0.373	X_{16}	0.482	X_8	0.493
X_{18}	0.326	X_{11}	0.384	X_{16}	-0.378	X_9	0.358	X_{23}	-0.425	X_{13}	-0.475
X_{20}	0.319	X_{22}	-0.375	X_1	-0.345	X_4	-0.334	X_5	0.423	X_9	0.454
X_{14}	-0.288	X_6	0.312	X_{23}	-0.313	X_{11}	-0.317	X_7	-0.374	X_4	-0.282
X_2	-0.283	X_4	-0.249	X_2	0.304	X_5	0.3	X_6	0.298	X_{15}	0.282
X_{15}	0.276	X_{21}	-0.222	X_3	0.234	X_{23}	0.285	X_{15}	0.24	X_5	-0.213
X_{21}	0.275	X_{14}	0.219	X_7	0.218	X_{15}	-0.241	X_3	0.23	X_2	-0.165
X_{19}	0.274	X_5	0.207	X_{19}	0.21	X_{13}	0.226	X_{21}	0.116	X_{22}	-0.132
X_3	-0.267	X_{19}	0.207	X_5	0.169	X_{16}	-0.224	X_{12}	-0.109	X_1	-0.13
X_8	-0.2	X_9	-0.168	X_{22}	-0.156	X_{21}	0.216	X_{14}	-0.09	X_{11}	0.128

X_{23}	-0.181	X_{20}	-0.158	X_{17}	0.145	X_{22}	0.17	X_{19}	-0.073	X_{10}	-0.095
X_1	0.18	X_8	-0.154	X_{14}	-0.143	X_{20}	0.16	X_9	0.072	X_{12}	0.089
X_{22}	-0.163	X_1	0.139	X_{11}	-0.134	X_3	-0.144	X_4	0.062	X_7	0.082
X_{13}	0.138	X_2	-0.117	X_4	-0.092	X_{14}	0.127	X_2	-0.059	X_6	0.081
X_7	0.135	X_{13}	0.115	X_6	0.089	X_6	0.117	X_{17}	-0.059	X_3	-0.061
X_6	-0.124	X_7	-0.106	X_9	0.069	X_{18}	0.102	X_{11}	-0.048	X_{19}	0.054
X_{10}	-0.106	X_{18}	-0.095	X_{20}	0.054	X_{17}	0.086	X_1	0.042	X_{23}	-0.039
X_4	-0.086	X_{16}	-0.082	X_{21}	0.053	X_{10}	-0.07	X_{10}	0.04	X_{14}	0.032
X_9	-0.082	X_3	-0.071	X_{18}	0.05	X_2	-0.063	X_{13}	-0.038	X_{17}	0.02
X_5	-0.07	X_{17}	0.065	X_{15}	-0.036	X_8	0.061	X_{18}	-0.033	X_{18}	-0.018
X_{16}	0.035	X_{10}	0.031	X_{13}	-0.016	X_{19}	0.054	X_{20}	0.033	X_{20}	-0.008
X_{11}	-0.033	X_{23}	0.015	X_{12}	0.014	X_{12}	0.027	X_8	0.025	X_{16}	0.006
X_{12}	-0.015	X_{15}	0.008	X_8	-0.003	X_1	-0.018	X_{22}	0.008	X_{21}	0.006

由表 4 可知，第一主成分中，X_4、X_9、X_5、X_{16}、X_{11}、X_{12}的系数绝对值均小于 0.1，这表明这些变量对第一主成分的影响可忽略不计，以此类推，删掉 6 个主成分各自主成分系数绝对值小于 0.1 的变量，再依据第一主成分到第六主成分的方差贡献率分别为 33.51%、16.72%、10.35%、8.72%、6.87%、5.63%，初选指标在六个主成分中的选取个数分别定为 7、3、2、1、1、1。

在第一主成分中选前 7 个指标峰值粘度（X_{17}）、最低粘度（X_{18}）、最终粘度（X_{20}）、溶解度（X_{14}）、a*值（X_2）、持水力（X_{15}）、回生值（X_{21}）。

第二主成分选前三个指标碘呈色度（X_{12}）、碘蓝值（X_{11}）、糊化时间（X_{22}）；

第三主成分选前两个指标斑点（X_{10}）和持油力（X_{16}）；

第四主成分选粗淀粉含量（X_7）；

第五主成分选持油力（X_{16}）；

第六主成分选还原糖含量（X_8）。

对 6 个主成分的初选指标，用相关分析法做进一步的筛选。表 5-表 7 分别为第一、二、三主成分的各指标间的相关系数表。马铃薯全粉的样本量容量为 30，查看相关系数显著性检验表，得到置信水平为 0.01 的临界值是 0.449，当相关系数绝对值超过 0.449，便可认为变量之间存在显著的线性相关。在数轴上临界值 0.449 和绝对相关值 1 之间，把它平均分为 3 段，代表相关、中度相关和高度相关区域。当两指标间相关系数处于区间[0.816，1]时，认为它们高度相关，若品质指标意义相近，则根据重要性的判断删减为一个；若品质指标意义差别较大，则保留。

表 5　第一主成分指标间的相关系数

	峰值粘度	最低粘度	最终粘度	溶解度	a*值	持水力	回生值
峰值粘度	1	0.902**	0.851**	-0.680**	-0.642**	0.601**	0.688**
最低粘度		1	0.963**	-0.763**	-0.632**	0.587**	0.803**
最终粘度			1	-0.789**	-0.592**	0.586**	0.935**
溶解度				1	0.413*	-0.703**	-0.732**

a*值	1	-0.668**	-0.473**
持水力		1	0.518**
回生值			1

注：**相关性在 0.01 上显著；*相关性在 0.05 上显著。下同。

表 6　第二主成分指标间的相关系数

指标	碘呈色度	碘蓝值	糊化时间
碘呈色度	1	0.691**	-0.632**
碘蓝值		1	-0.549**
糊化时间			1

表 7　第三主成分指标间的相关系数

指标	斑点	持油力
斑点	1	-0.407*
持油力		1

从表5可知，峰值粘度和最低粘度、最终粘度高度相关，且这三个指标都是全粉的糊化特性指标，意义相近，考虑只留一个峰值粘度（X_{17}）这个指标，删掉最低粘度（X_{18}）和最终粘度（X_{20}），而最终粘度（X_{20}）和回生值（X_{21}）高度相关，故回生值（X_{21}）也不考虑。最低粘度（X_{18}）和最终粘度（X_{20}）已被删除，不再做考虑。溶解度（X_{14}）和持水能力（X_{15}）中度相关，且溶解度反映的是马铃薯全粉与水相互作用的大小，而持水能力反映的是马铃薯全粉吸收水并将水保留的能力，因为这两个指标的意义相近，故考虑删去其中的一个溶解度（X_{14}）指标，保留持水能力（X_{15}）。

综上，在初选的第一主成分的 7 个指标中选定了峰值粘度（X_{17}）、a*值（X_2）、持水力（X_{15}）。

表 6 中第二主成分中碘呈色度（X_{12}）和碘蓝值（X_{11}）、糊化时间中度相关，其中中度相关区间为[0.633，0.816]，因此第二主成分保留碘呈色度、碘蓝值（X_{11}）和糊化时间（X_{22}）。

由表 7 可知，斑点（X_{10}）和持油力（X_{16}）不相关，都保留。

有研究表明：马铃薯脱水制品的糊化程度会显著影响其吸水性，糊化程度越高，吸水性越强，而马铃薯全粉的碘呈色度是反映淀粉的熟化程度，全粉的糊化时间可以侧面反映全粉糊化的难易程度，糊化程度越高，起始糊化时间也越小，鉴于第一主成分筛选出的指标已有碘呈色度和峰值粘度，故而删去持水力（X_{15}）和糊化时间（X_{22}），而持油力与持水力和溶解度（X_{14}）均为反应全粉功能性的指标，因此也将持油力删去，粗淀粉含量（X_7）和还原糖含量（X_8）均为营养指标且均反应了且还原糖为粗淀粉的分解物之一，因此选择保留还原糖含量。

综上可知，马铃薯全粉的评价指标：峰值粘度、a*值、碘呈色度、碘蓝值、斑

点和还原糖含量。

3.4.1.2 马铃薯全粉加工过程品质控制指标筛选

（1）马铃薯全粉加工过程品质指标的测定

选择对马铃薯全粉品质影响较大工艺条件，测定不同工艺条件下马铃薯全粉品质指标结果见表 8。

表 8　加工工艺条件对马铃薯熟全粉和生全粉品质的影响

指标	熟全粉				生全粉			
	烘干温度	漂烫温度	粉碎粒度	变异系数/%	烘干温度	漂烫温度	粉碎粒度	变异系数/%
L*值	83.42±2.21	81.58±1.48	85.75±0.78	2.74	82.2±1.41	81.19±2.37	81.49±0.56	2.16
a*值	-0.71±0.18	0.54±0.31	-1.33±0.12	-303.57	0.78±0.51	0.38±0.82	0.64±0.1	110.71
b*值	15.17±0.47	17.24±1.77	16.01±0.85	9.44	12.58±1.72	13.05±1.04	12.14±0.09	9.06
水分/%	11.2±1	8.53±1.3	11±0.36	16.83	14.95±0.33	8.04±1.15	10.6±0.11	29.67
灰分/%	3.15±0.28	3.64±0.28	3.89±0.16	10.7	3.55±0.09	3.71±0.21	3.33±0.1	5.88
粗蛋白/%	7.62±0.24	8.41±0.4	8.72±0.24	6.55	7.42±0.54	7.96±0.12	7.84±0.84	6.56
粗淀粉/%	72.07±0.98	65.1±1.47	66.52±5.15	5.86	72.04±0.85	62.84±2.14	67.69±0.49	6.57
还原糖/%	1.07±0.04	5.24±0.15	4.98±0.16	50.51	2.49±1.18	4.72±0.62	3.83±0.2	32.11
碘蓝值	16.75±0.57	13.57±4.95	16.91±0.51	23.69	9.23±0.88	6.86±1.46	9.77±1.16	21.55
碘呈色度	5.9±0.11	4.13±1.96	5.36±0.23	30.44	0.19±0.1	0.23±0.64	0.28±0.03	15.48
pH 值	6.75±0.05	6.56±0.16	6.8±0.01	2.25	6.63±0.17	6.73±0.2	6.94±0.02	2.97
溶解度/%	0.13±0.02	0.14±0.02	0.15±0.01	14.28	0.12±0.01	0.16±0.04	0.14±0.01	21.43
持水力/g.g-1	4.84±0.17	4.38±0.23	4.88±0.11	6.46	2.55±0.07	3.57±1.06	2.56±0.05	28.48
持油力/g.g-1	2.68±0.11	2.85±0.17	2.61±0.04	6.2	2.64±0.13	2.58±0.31	2.54±0.4	10.42
峰值粘度/cP	1586.75±1156.34	890.25±591.93	1685±132.82	61.7	3003.13±470.53	2467.67±677.1	2831.67±49.33	20.45
最低粘度/cP	709.75±356.48	741.92±517.86	888.83±29.94	50.36	2704.25±415.57	2032.5±467.61	2747.5±31.61	21.33
崩解值	877±813.68	148.33±103.62	796.17±129.37	105.51	298.88±111.24	435.17±310.27	84.17±32.59	81.02
最终粘度/cP	1029.5±479.48	948.83±605.49	1200.67±44.74	45.58	3861.5±604.6	2888±869.76	4320.5±60	25.52
回生值	319.75±123.33	206.92±87.96	311.83±18.47	38.21	1157.25±199.13	855.5±411.42	1573±28.62	36.72
峰值时间/min	4.06±0.55	4.59±1.25	3.82±0.18	21.65	6.26±0.29	5.73±0.66	6.57±0.04	9.52
糊化温度/℃	54.17±4.68	67.04±7.72	51.75±2.64	15.42	69.43±1.06	69.33±3.88	70.74±0.28	3.77

由表8可知，对于马铃薯熟全粉指标a*值、还原糖含量、碘蓝值、峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生值的变异系数较大，变异系数越大工艺对其影响就越大。又由于峰值粘度、最低粘度、崩解值、回生值、最终粘度和峰值时间均反映的是马铃薯全粉的糊化特性，故可考虑选取指标峰值粘度来作为糊化特性指标中变异程度较大的代表。因此，马铃薯熟全粉加工过程中质量的控制指标可选为a*值、还原糖含量、峰值粘度、碘呈色度、碘蓝值。对于马铃薯生全粉指标a*值、水分、还原糖含量、碘蓝值、溶解度、持水力、峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生值的变异系数较大，同样选择峰值粘度来作为糊化特性指标中变异程度较大的代表。因此，马铃薯熟全粉加工过程中质量的控制指标可选为a*值、水分、还原糖含量、峰值粘度、碘蓝值、溶解度、持水力的影响较大。

（2）主成分分析

对表 8 数据进行主成分分析，得出的马铃薯生全粉和马铃薯熟全粉的评价因子的特征值、方差贡献率和累积方差贡献率见表 9。

表 9　评价因子的特征值和累积方差贡献率

提取因子	熟全粉			生全粉		
	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	7.8	35.45	35.45	7.75	35.25	35.25
2	6.51	29.61	65.05	5.52	25.07	60.31
3	2.9	13.2	78.25	3.6	16.36	76.67
4	1.76	8.01	86.26	1.95	8.86	85.53
5	0.96	4.35	90.61	0.88	3.98	89.51
6	0.73	3.33	93.94	0.85	3.87	93.38
7	0.51	2.33	96.27	0.58	2.62	96
8	0.33	1.5	97.77	0.4	1.81	97.8
9	0.23	1.05	98.81	0.29	1.33	99.13
10	0.11	0.49	99.3	0.1	0.47	99.6
11	0.09	0.43	99.73	0.06	0.28	99.88
12	0.06	0.27	100	0.03	0.12	100
13~22	0	0	100	0	0	100

由表 9 可以看出，对于马铃薯生全粉和马铃薯熟全粉前 4 个主成分因子提取特征值均大于 1，累积方差贡献率达到 86.26%和 85.53%，所以，提取前 4 个主成分因子可代表马铃薯全粉加工工艺对其品质判定的大部分品质信息。

将 L*值、a*值、b*值、水分含量、灰分含量、粗蛋白含量、粗淀粉含量、还原糖含量、粗纤维含量、碘蓝值、碘呈色度、pH 值、溶解度、持水力、持油力、峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生值、糊化时间、糊化温度指标用 X_1、X_2、X_3、X_4、X_5、X_6、X_7、X_8、X_9、X_{10}、X_{11}、X_{12}、X_{13}、X_{14}、X_{15}、X_{16}、X_{17}、X_{18}、X_{19}、X_{20}、X_{21}、X_{22}表示。计算出 4 个主成分的特征向量，并将它们按照绝对值大小降序排序，结果见表 10。

表 10　主成分特征向量（依照绝对值大小降序排列）

熟全粉								生全粉							
第一主成分		第二主成分		第三主成分		第四主成分		第一主成分		第二主成分		第三主成分		第四主成分	
指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量	指标	特征向量
X_{14}	0.322	X_{19}	0.373	X_5	0.495	X_{21}	-0.404	X_{14}	-0.312	X_{22}	-0.381	X_2	-0.386	X_5	-0.499
X_{22}	-0.308	X_{17}	0.363	X_6	0.474	X_{18}	0.389	X_8	-0.302	X_{16}	0.357	X_{13}	0.37	X_{10}	0.475
X_{11}	0.279	X_{20}	0.347	X_8	0.334	X_{15}	0.383	X_{19}	0.299	X_{18}	0.324	X_4	-0.353	X_6	0.298
X_2	-0.268	X_{16}	0.33	X_1	0.272	X_3	0.377	X_{17}	0.296	X_{21}	-0.283	X_7	-0.342	X_{15}	0.234
X_{10}	0.26	X_{13}	-0.315	X_7	-0.271	X_{16}	0.307	X_{20}	0.285	X_9	0.242	X_1	0.262	X_{20}	0.213
X_7	0.259	X_3	-0.281	X_{13}	0.242	X_{12}	-0.22	X_{21}	0.249	X_{13}	-0.231	X_{15}	-0.236	X_{18}	-0.212
X_8	-0.252	X_{10}	-0.243	X_2	-0.235	X_{13}	-0.208	X_9	-0.248	X_{15}	0.229	X_6	0.233	X_{12}	0.206
X_1	0.244	X_{11}	-0.222	X_9	0.179	X_{10}	0.204	X_{11}	-0.239	X_2	-0.223	X_{12}	0.231	X_{13}	-0.205
X_4	0.241	X_{18}	0.222	X_{12}	0.155	X_2	0.199	X_3	-0.245	X_{17}	0.227	X_{20}	0.193	X_8	0.178
X_9	-0.235	X_{21}	0.204	X_{22}	-0.142	X_{20}	0.198	X_7	0.24	X_{12}	-0.223	X_3	-0.182	X_9	0.173
X_{18}	0.215	X_9	0.173	X_4	0.139	X_{11}	0.173	X_4	0.237	X_{11}	0.196	X_5	0.163	X_{11}	0.171

X_{21}	-0.215	X_2	-0.146	X_{15}	-0.124	X_4	-0.118	X_1	0.205	X_{19}	0.189	X_{10}	0.155	X_{21}	0.15
X_{12}	0.211	X_4	0.128	X_{14}	0.102	X_1	-0.107	X_{18}	-0.196	X_{14}	0.186	X_{22}	-0.141	X_{22}	0.148
X_{15}	-0.198	X_{15}	-0.128	X_{16}	0.09	X_{19}	0.106	X_{16}	0.184	X_1	0.172	X_8	0.139	X_{19}	0.139
X_6	-0.166	X_1	-0.127	X_{17}	0.083	X_5	0.102	X_6	-0.124	X_{20}	0.129	X_{19}	0.112	X_1	-0.136
X_3	-0.139	X_{12}	0.107	X_3	0.076	X_{17}	0.077	X_{12}	0.123	X_5	-0.126	X_{11}	0.084	X_2	0.091
X_5	-0.138	X_8	-0.095	X_{19}	0.074	X_8	0.043	X_{15}	-0.123	X_7	0.112	X_{16}	0.055	X_4	-0.074
X_{20}	0.129	X_{14}	-0.043	X_{18}	0.072	X_6	0.023	X_5	-0.109	X_3	-0.094	X_{17}	0.042	X_{17}	0.074
X_{16}	0.109	X_7	0.03	X_{21}	-0.069	X_7	-0.02	X_{10}	-0.049	X_8	-0.091	X_9	-0.036	X_{14}	0.051
X_{17}	-0.083	X_5	-0.029	X_{10}	0.058	X_{22}	-0.011	X_{22}	0.036	X_6	-0.052	X_{18}	0.036	X_3	-0.031
X_{13}	0.052	X_{22}	0.025	X_{20}	0.028	X_{14}	0.008	X_2	-0.024	X_{10}	-0.048	X_{21}	-0.035	X_7	0.029
X_{19}	-0.041	X_6	-0.019	X_{11}	-0.015	X_9	-0.007	X_{13}	0.001	X_4	0.039	X_{14}	-0.033	X_{16}	-0.028

表 10 中，将特征向量的绝对值小于 0.1 的指标删掉，再依据马铃薯熟全粉第一主成分到第四主成分的方差贡献率分别为 35.45%、29.61%、13.2%、8.01%，初选指标在四个主成分中的选取个数分别定为 8 个、5 个、2 个和 1 个。再依据马铃薯生全粉第一到第四主成分的方差贡献率分别为 35.25%、25.07%、16.36%、8.86%，确定初选指标在这四个主成分中的选取个数分别为：6 个、5 个、3 个、2 个。然后对从四主成分选出的初选指标，用相关分析法做进一步的筛选。表 11、表 12、表 13 分别为第一、二、三主成分的各指标间的相关系数表。由于马铃薯熟全粉和生全粉的样本量容量均为 13，当样本数为 13 时，查看相关系数显著性检验表，得到置信水平为 0.05 的临界值是 0.514，当相关系数绝对值超过 0.514，便可认为变量之间存在显著的线性相关。在数轴上临界值 0.514 和绝对相关值 1 之间，把它平均分为三段，代表相关、中度相关和高度相关区域。当两指标间相关系数处于区间[0.838，1]时，认为它们高度相关，若品质指标意义相近，则根据重要性的判断删减为一个；若品质指标意义差别较大，则都保留。

表 11　第一主成分指标间的相关系数

熟全粉									生全粉						
	持水力	糊化温度	碘呈色度	a*值	碘蓝值	粗淀粉含量	还原糖含量	L*值		持水力	还原糖含量	最终粘度	最低粘度	回生值	峰值时间
持水力	1	-0.854**	0.751**	-0.660*	0.750**	0.578*	-0.471	0.767**	持水力	1	0.637*	-0.527	-0.473	-0.565*	-0.876**
糊化温度		1	-0.698**	0.670*	-0.677*	-0.517	0.436	-0.639*	还原糖		1	-0.663*	-0.755**	-0.509	-0.387
碘呈色度			1	-0.303	0.977**	0.479	-0.435	0.643*	最终粘度			1	0.979**	0.967**	0.302
a*值				1	-0.279	-0.367	0.408	-0.651*	最低粘度				1	0.896**	0.22
碘蓝值					1	0.404	-0.277	0.709**	回生值					1	0.387
粗淀粉						1	-0.781**	0.261	峰值时间						1
还原糖							1	-0.128							
L*值								1							

注：**相关性在 0.01 上显著；*相关性在 0.05 上显著。下同。

表 12　第二主成分指标间的相关系数

熟全粉						生全粉					
	最终粘度	最低粘度	回生值	峰值粘度	溶解度		糊化温度	峰值粘度	崩解值	峰值时间	a*值
最终粘度	1	0.991**	0.866**	0.848**	-0.737**	糊化温度	1	-0.760**	-0.842**	0.730**	0.726**
最低粘度		1	0.792**	0.778**	-0.715**	峰值粘度		1	0.389	-0.233	-0.604*
回生值			1	0.974**	-0.695**	崩解值			1	-0.958**	-0.503
峰值粘度				1	-0.650*	峰值时间				1	0.416
溶解度					1	a*值					1

表 13　第三主成分指标间的相关系数

熟全粉			生全粉			
	灰分	粗蛋白		a*值	溶解度	持水力
灰分	1	0.898**	a*值	1	-0.182	-0.165
粗蛋白		1	溶解度		1	-0.35
			持水力			1

（1）马铃薯熟全粉

第一主成分中，选 X_{14}、X_{22}、X_{11}、X_2、X_{10}、X_7、X_8、X_1，分别代表持水力、糊化温度、碘呈色度、a*值、碘蓝值、粗淀粉含量、还原糖含量、L*值；

第二主成分中，选 X_{19}、X_{17}、X_{20}、X_{16}、X_{13}，分别代表最终粘度、最低粘度、回生值、峰值粘度、溶解度；

第三主成分，选 X_5、X_6，分别代表灰分含量、粗蛋白含量；

第四主成分中，选 X_{21} 代表糊化时间。

从表 11 可以看出，马铃薯熟全粉中持水力和糊化温度、碘呈色度、a*值、碘蓝值、粗淀粉含量都具有显著性相关关系，与还原糖含量不相关；持水力与糊化温度、碘呈色度、碘蓝值、L*值高度相关，与 a*值和粗淀粉含量中度相关，因此，可考虑剔除持水力。保留糊化温度和碘呈色度、a*值、碘蓝值、粗淀粉含量和还原糖含量。其中粗淀粉含量和还原糖含量高度相关，鉴于这两个指标都代表了马铃薯全粉的营养方面的指标，故可留下还原糖含量，剔除粗淀粉含量。又 a*值与 L*值显著相关，同时代表全粉的色泽，代表的品质信息具有重叠性，故剔除 L*值。所以，第一主成分的指标有糊化温度、a*值、还原糖含量、碘蓝值和碘呈色度。

从表 12 可以看出，马铃薯熟全粉中最终粘度和最低粘度、回生值、峰值粘度高度相关，鉴于最终粘度、最低粘度、回生值和峰值粘度都代表的是马铃薯全粉的糊化特性品质，代表的品质信息有重合，因此选择峰值粘度。最终粘度和溶解度中度相关，则选择最终粘度。最终粘度和峰值粘度代表的品质信息具有重叠性，第二主

成分的指标有峰值粘度（X_{19}）。

从表 13 可知，第三主成分的指标中，灰分含量和粗蛋白含量高度相关，说明这两个指标具有相互可替代性，故删掉粗蛋白含量，选择灰分含量。

第四主成分中，由于糊化时间与第二主成分中的峰值粘度均是反映糊化特性的指标，指标代表的品质的意义相近，故删掉糊化时间。

综上所述，马铃薯熟全粉筛选7个评价指标：a*值、还原糖含量、碘蓝值、碘呈色度、峰值粘度、灰分含量。

（2）马铃薯生全粉

第一主成分中选 X_{14}、X_8、X_{19}、X_{17}、X_{20}、X_{21}，分别代表持水力、还原糖含量、最终粘度、最低粘度、回生值、糊化时间。

第二主成分中选 X_{22}、X_{16}、X_{18}、X_{21}、X_2，分别代表糊化温度、峰值粘度、崩解值、糊化时间、a*值。

第三主成分中选择 X_2、X_{13}、X_4，分别代表 a*值、溶解度、持水力。

第四主成分中选择 X_5、X_{10}，分别代表灰分含量和碘蓝值。

从表 11 可以看出：持水力和糊化时间高度相关，保留糊化时间。最终粘度和最低粘度、回生值高度相关；最低粘度和回生值高度相关，因此在这三个指标中保留一个指标最终粘度，同时保留还原糖含量这个指标。综上分析，第一主成分可选择保留糊化时间、最终粘度、还原糖含量。

从表 12 可知，糊化温度和峰值粘度、糊化时间中度相关，与崩解值高度相关，崩解值和糊化时间高度相关，因此在糊化温度、峰值粘度、糊化时间、崩解值四个指标中均为样品糊化特性指标，因此保留一个指标峰值粘度，a*值与糊化温度和峰值粘度中度相关，保留 a*值；综上可知，第二主成分的指标选择峰值粘度和 a*值。

第三主成分中选择的 a*值、溶解度、持水力，按第一、二主成分分析，选择 a*值。

第四主成分中灰分含量和碘蓝值无相关性，因此保留。

由于糊化时间、最终粘度、峰值粘度均为样品糊化特性指标，可选择一个指标峰值粘度。

综上所述，马铃薯生全粉筛选5个评价指标：还原糖含量、a*值、碘蓝值、峰值粘度、灰分含量。

（3）马铃薯全粉粗细度分析与选择

粉碎粒度对马铃薯全粉的品质指标影响，如表14所示。

表14 粉碎粒度对马铃薯全粉品质的影响

指标	熟全粉			生全粉		
	80 目	100 目	140 目	80 目	100 目	140 目
L*值	85.02±0	85.65±0	86.57±0	81.38±0	80.99±0	82.08±0
a*值	-1.29±0	-1.21±0	-1.46±0	0.66±0	0.72±0.01	0.53±0.01
b*值	16.78±0	16.13±0	15.11±0	12.03±0	12.2±0	12.16±0
还原糖/%	5.06±0	5.07±0.07	4.8±0.01	3.62±0.09	4±0.03	3.86±0.08
碘蓝值	16.32±0.91	17.3±1.91	17.08±0.38	8.55±0.57	9.9±0.26	10.85±0.53
碘呈色度	5.17±0.05	5.29±0.07	5.62±0.13	0.28±0.02	0.28±0.06	0.23±0.04
峰值粘度/cP	1561.5±382.54	1825.5±13.44	1668±8.49	2865±59.4	2855±4.24	2775±48.08
最低粘度/cP	902.5±147.79	909.5±0.71	854.5±3.54	2744.5±37.48	2780.5±26.16	2717.5±41.72
崩解值/cP	659±234.76	916±12.73	813.5±4.95	120.5±21.92	74.5±30.41	57.5±6.36
最终粘度/cP	1206±214.96	1242.5±3.54	1153.5±6.36	4320.5±40.31	4380.5±41.72	4260.5±28.99
回生值/cP	303.5±67.18	333±4.24	299±2.83	1576±2.83	1600±15.56	1543±12.73
峰值时间/min	4.03±0.14	3.73±0	3.7±0.04	6.57±0.05	6.53±0	6.6±0.1
糊化温度/℃	54.8±6.43	50.2±0	50.25±0	70.63±0.53	71.05±0	70.53±0.67

由表14可知，不同粉碎粒度对马铃薯熟全粉的亮度有显著性影响，随着粉碎粒度的增加，还原糖含量而呈现减小的趋势，而碘呈色度呈现增加的趋势。由表19可知，粉碎粒度较大时，马铃薯生全粉的L*值较大，a*值较低，b*值较高。还原糖含量和碘蓝值随着粉碎粒度的增加而呈现增加的趋势。因此，粗细度可以作为马铃薯熟全粉和马铃薯生全粉品质判定规则的指标之一。

3.4.2 马铃薯全粉质量控制指标的确定

根据马铃薯全粉的实验室加工和市场上的调研结果，结合变异系数和主成分分析筛选出马铃薯全粉品质评价的指标结果，以及《马铃薯雪花全粉》（SB/T 10752-2012)标准，进行综合分析，马铃薯熟全粉选择指标 a*值、还原糖含量、碘蓝值、碘呈色度、灰分含量、水分含量和斑点，马铃薯生全粉选择指标 a*值、还原糖含量、碘蓝值、灰分含量、水分含量和斑点作为马铃薯全粉的质量评价的判定指标。

感官质量是食品质量标准不可缺少的一部分，它是人的感觉器官(视觉、听觉及触觉)对食品的颜色、外观、味道、气味等进行的综合评价，此法迅速、简便，而且具有理化分析无法取代的特点。口味和适口性，仅靠理化指标难以判断，因此考虑到马铃薯全粉加工的产品的口味和适口性，感官指标增加马铃薯全粉固有的色泽、气味及口味上。经查阅大量资料以及调研，做为加工的粉状粮食应增加含砂量和磁性金属物 2 个指标。由于色泽与 a*值同是一类指标，因此标准中选择用感官质量指标的色泽取代 a*值。

标准制定组收集了30份马铃薯熟全粉样本（表15），并在实验室依据不同工艺条件制备了马铃薯生全粉和马铃薯熟全粉各13份（表16）。

表 15 马铃薯全粉样品的来源及编号

编号	品种	来源
1	无	山东泗水利丰食品有限公司
2	无	河南鑫生源实业有限公司
3	无	郑州广宇食品添加剂有限公司
4	无	河南高丝宝商贸有限公司
5	无	河南德大化工有限公司
6	无	江苏兴化市统全食品有限公司
7	无	山西三来食品有限公司
8	无	石家庄凌峰农副产品开发有限公司
9-13	k、r、s、i、a，5 种不同品种的雪花全粉	内蒙古凌志马铃薯科技有限公司
14-18	K、r、s、i、a，5 种不同品种的颗粒全粉	内蒙古凌志马铃薯科技有限公司
19	夏波蒂	内蒙古富广食品有限公司
20	大西洋	内蒙古富广食品有限公司
21	无	内蒙古希森马铃薯产业集团有限公司
22	无	内蒙古海拉尔麦福劳有限公司
23	无	内蒙古海拉尔麦福劳有限公司
24	无	内蒙古海拉尔麦福劳有限公司
25	克新	内蒙古富广食品有限公司
26	无	内蒙古希森马铃薯产业集团有限公司
27	无	内蒙古希森马铃薯产业集团有限公司
28	夏波蒂	甘薯薯香园农业科技有限公司
29	大西洋	甘薯薯香园农业科技有限公司
30	克新	甘薯薯香园农业科技有限公司

表 16 马铃薯全粉实验室制备工艺条件

样品编号		熟全粉	生全粉
1	烘干温度/℃	50	50
2		60	60
3		70	70
4		80	80
5		对照	对照
6	漂烫温度/℃	60	60
7		70	70
8		80	80
9		90	90
10		100	100
11	粉碎粒度/目	80	80
12		100	100
13		140	140

3.6 质量指标的结果分析

对收集到的马铃薯全粉样品各指标进行检测，数据结果如表17所示。

表 17 马铃薯全粉质量指标结果分析统计

测定指标	市场上			实验室制备					
				熟全粉			生全粉		
	均值	变幅	变异系数/%	均值	变幅	变异系数/%	均值	变幅	变异系数/%
水分/%	8.12	6.22～10.17	10.46	9.92	6.73～12.04	16.5	10.75	6.58～15.42	29.03
灰分/%	2.7	1.97～3.57	15.54	3.54	2.74～4.04	10.71	3.57	3.21～3.94	6.65
还原糖/%	1.67	0.23～3.82	68.55	3.9	0.99～5.4	49.57	3.83	1.26～5.38	31.71
碘蓝值	10.75	5.49～20.18	33.48	15.32	8.14～19.69	23.57	8.26	5.16～11.23	21.41
碘呈色度	3.65	0.5～6.24	54.19	4.96	2.04～6.66	29.97			

（1）水分/%：市场上的马铃薯全粉的平均水分含量为8.12%，变幅为6.22%～10.17%;实验室制备的马铃薯熟全粉的平均水分含量为9.92%,变幅为6.73%～12.04%，生全粉的平均水分含量10.75%，变幅为6.58%～15.42%；确定马铃薯生全粉和熟全粉的水分含量均为≤10%。

（2）灰分/%：市场上马铃薯全粉的平均灰分含量为2.7%，变幅为1.97%～3.57%；实验室制备的熟全粉的平均灰分含量为3.54%，变幅为2.74%～4.04%；实验室制备的马铃薯生全粉的平均灰分含量为3.57%，变幅为3.21%～3.94%；结合SB/T 10752-2012《马铃薯雪花全粉》中灰分的规定，确定马铃薯全粉的灰分含量均为≤3.5%。

（3）还原糖含量/%：市场上的马铃薯全粉的平均还原糖含量为1.67%，变幅为0.23～3.82%；实验室制备的马铃薯全粉的还原糖含量，熟全粉为3.90%，生全粉为3.83%，不同文献中有测得熟全粉的还原糖含量为3.18%、1.87%、2.68%，生全粉的为0.75%、3.03%。结合SB/T 10752-2012 《马铃薯雪花全粉》中还原糖的规定，将马铃薯全粉的还原糖含量均限定为≤3.0%。

（4）碘蓝值：市场上的马铃薯全粉的平均碘蓝值为10.75，变幅为5.49～20.18；而不同加工工艺制备的马铃薯熟全粉的平均碘蓝值为15.32，变幅为8.14～19.69，生全粉的平均碘蓝值为8.26，变幅为5.16～11.23。将马铃薯生粉的蓝值限定为≤10%，将马铃薯熟粉的蓝值限定为≤20%。

（5）碘呈色度：市场上的马铃薯全粉的碘呈色度为3.65，不同加工工艺制备熟全粉的碘呈色度为4.96。将马铃薯熟全粉的碘呈色度要求为≤5，而马铃薯生粉不做限制。

（6）色泽、气味，感官品质在一定程度上可以反应马铃薯全粉品质的优劣，因此，感官无异常也作为其质量指标之一，经过专家多方讨论，参考行业建议，对马铃

薯全粉的感官指标进行了相应的描述。

（7）粗细度：在实验过程中试验了80目（CB33）、100目（CB39）、140目筛对马铃薯全粉不同质量指标的影响，结果显示，不同的粗细度主要影响了马铃薯全粉的还原糖含量、蓝值和碘呈色度，而这些指标另有限定。同时参考行业其他标准和专家建议，对马铃薯全粉的粗细度指标限定为CB30全通过，CB36留存≤10%。

（8）斑点：对市场上马铃薯全粉的斑点个数统计发现，其差异性较大，从最少的17号样10个到最多的7号样199个；斑点越少，马铃薯全粉的感官品质较好，杂色斑点过多，严重影响产品的感官品质。在30个样品中，斑点数小于100个占所有样品的93%，所以将马铃薯全粉的斑点数限定于≤100。

（9）含砂量、磁性金属物：此类杂质含量在一定程度上可以反应马铃薯全粉品质的优劣，经过专家多方讨论，参考行业其他标准规定，对马铃薯全粉中的含砂量限定≤0.02%，马铃薯全粉中的磁性金属物限定为≤0.003 g/kg。

3.7 质量要求

《马铃薯全粉》的“质量要求指标”项目包括：色泽、气味、粗细度、斑点（个）、含砂量、磁性金属物、水分、灰分（干基）、还原糖含量、粗纤维含量、蓝值、碘呈色度。标准起草组马铃薯全粉的质量指标应符合表18规定。

表 18 马铃薯全粉质量要求

项　　目		类别	
		马铃薯生全粉	马铃薯熟全粉
色泽		正常	
气味		正常	
粗细度		CB30全通过，CB36留存≤10%	
斑点（个）	≤	100	
含砂量/（%）	≤	0.02	
磁性金属物/（g/kg）	≤	0.003	
水分/（%）	≤	10	
灰分（干基）/（%）	≤	4.0	
还原糖含量/（%）	≤	3.0	
蓝值	≤	10	20
碘呈色度	≤	-	5

3.8 卫生指标要求

按 GB2715 和国家有关规定执行。

3.9 检验方法

3.9.1 色泽、气味、口味鉴定：按 GB/T 5492 执行。

3.9.2 粗细度检验：按 GB/T 5507 执行。

3.9.3 斑点：按 SB/T 10752 执行

3.9.4 含砂量检验：按 GB/T 5508 执行。

3.9.5 磁性金属物检验：按 GB/T 5509 执行。

3.9.6 水分检验：按 GB/T 5009.3 执行。

3.9.7 灰分检验：按 GB 5009.4 执行。

3.9.8 还原糖含量检验：按 GB/T 5009.7 执行。

3.9.9 碘蓝值：附录 A

3.9.10 碘呈色度:附录 B

3.10 检验规则

3.10.1 一般规则：按GB/T 5490执行。

3.10.2 抽样、分样方法：按GB 5491执行。

3.10.3 原料要求：应符合SB/T 10968 加工用马铃薯流通规范。

3.10.4 产品组批：同原料、同工艺、同设备、同班次加工的同种产品为一批。

3.10.5 出厂检验：每批出厂的产品，应按5.1规定的项目进行检验。

3.10.6 型式检验：当原料、设备、工艺有较大变化时，均应进行型式检验。型式检验按第5章的规定检验。

3.10.7 判定规则：质量指标有一项不合格，该批产品应判为不合格产品。产品未标注类别时，则判为马铃薯全粉。

3.11 标签标识

3.11.1 预销售包装应符合 GB 7718 的规定。

3.11.2 非零售包装应在标签上标注产品名称、产品类别、产品标准号、原料、生产日期、保质期、生产厂家、厂址、联系方式。

3.12 包装、储存和运输

3.12.1 包装

3.12.1.1 应符合 GB/T 17109 和 GB 14881 的规定要求。

3.12.1.2 标注的净含量应为最大允许水分状态下的质量。

3.12.1.3 包装环境应清洁、卫生。

3.12.1.4 材料应符合包装技术要求和国家有关食品卫生的规定。

3.12.1.5 用袋子包装时，袋子应有足够的强度并牢固缝制或牢固密封。

3.12.1.6 不得脱离原包装零售。

3.12.2 运输

运输工具及器材应清洁干燥、无污染，并有防尘、防雨雪设施，不得与有毒有害物质混装运输。

3.12.3 贮存

袋装产品应码放在清洁、干燥、通风、无污染的库房中并距地面 15 cm、墙壁 20 cm 以上，注意防虫、防鼠、防潮。不得与有毒有害的物品混存。

3.12.4 保质期

在上述条件下，最低保质期为 12 个月。

4 新旧标准的总体对比

马铃薯全粉标准的制订，与 SB/T 10752 《马铃薯雪花全粉》确定了所涉及的术语和定义。无冲突。

5 技术经济论证及预期的社会经济效果

5.1 经济效益

马铃薯全粉标准的制定，将会更好的规范我国马铃薯全粉的生产质量，推动我国马铃薯全粉的商品化流动。增强马铃薯全粉在全国乃至全球的综合竞争能力，使我国优质特色马铃薯全粉成为销售热点，增加农民和生产企业的收入。

5.2 社会效益

有利于促进我国马铃薯全粉的品牌建设，增加安全、优质、绿色、健康的中高端食品的供给。提高我国马铃薯全粉的知名度和销售推广价值,这对我国马铃薯主粮化战略，打造特色农业大国，调整农业产业结构优化升级，推动区域经济快速发展，都具有重要意义。

6 参考的国际标准

未参考国际标准。

7 与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准的制定，与国家相关强制性标准无矛盾和冲突。国际（国外）相关法规标准情况，是未查到与其相关的国际（国外）标准的微生物规定。

8 贯彻行业标准的要求和措施建议

（1）发布后、实施前应将信息在媒体上广为宣传。

（2）要对标准的使用对象，生产厂家、监督管理部门等，有侧重点地进行培训、宣传。

（3）实施的过渡期宜定为 3 个月。

（4）建议监督管理部门加强对强制性指标的监测。

9 废止现行有关标准的建议

无。

10 其他应予说明的事项

无。

《马铃薯全粉》行业标准起草组

2018 年 10 月