

不同消化性能青稞全粉与中筋小麦粉复配体系的流变特性分析

钟少文, 郑波, 李晓玺, 陈玲

(华南理工大学食品科学与工程学院, 华南理工大学淀粉与植物蛋白深加工教育部工程研究中心, 广东省天然产物绿色加工与产品安全重点实验室, 广东广州 510640)

摘要: 为获得营养丰富且品质良好的青稞类食品, 本研究选用不同消化性能青稞全粉作为研究对象, 通过与中筋小麦粉复配的方法强化青稞粉的加工性能。采用布拉班德连续粘度计、微量粉质仪和质构分析仪, 探讨不同消化性能青稞粉与不同添加量中筋小麦粉复配后, 其糊性质、粉质特性和面团流变特性的变化, 获得不同复配条件对青稞粉加工性能的影响规律。研究表明抗消化成分含量越高的青稞粉峰值粘度(113 cp)、热糊稳定性(76 cp)和凝胶性能(75 cp)越低, 起糊温度(92.5 °C)、冷糊稳定性(15 cp)和抗凝沉性(55 cp)越高; 而中筋粉的添加对青稞粉粉质特性有提高作用, 且随 RC 含量增加, 其粉质特性受体系内其它组分的影响较大, 面团的拉伸特性显著提升, 从而有效改善了其加工性质。研究可为新型营养健康青稞产品的研发提供理论依据和基础数据。

关键词: 青稞粉; 消化性能; 小麦粉; 糊特性; 粉质特性; 拉伸特性

文章编号: 1673-9078(2018)04-75-80

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.04.013

Dough Character of a Compounded System Comprising Highland Barley Flour with Different Digestibility and Medium Strength Flour

ZHONG Shao-wen, ZHENG Bo, LI Xiao-xi, CHEN Ling

(College of Food Science and Engineering, Ministry of Education Engineering Research Center of Starch & Protein Processing, Guangdong Province Key Laboratory for Green Processing of Natural Products and Product Safety South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In this study, the process ability of highland barley flour with different digestibility was strengthened by compounding with medium strength flour to obtain highland barley products with better nutritional function and fabrication properties. Meanwhile, viscosity and dough characters of the compounded system comprising highland barley flours and medium strength flour were evaluated by rheometer, micro-dough LAB and texture analyzer to obtain the effects of different compound conditions on the processing properties of highland barley. The study indicated that highland barley flour with higher resistant content had a lower paste peak viscosity (113 cp), paste stability (76 cp), retrogradation (15) and gel property (75 cp), and had a higher pasting temperature (92.5 °C), cold paste stability (15 cp) and anticoagulation sinking (55 cp). Moreover, the farinograph characteristics of highland barley flour was improved by the addition of medium strength flour and significantly affected by other components with the increase of RC content. The extensographical properties of the dough were also significantly improved by the addition of medium strength flour, thus achieving better processing properties of highland barley flour. The results provide theoretical basis for the development of new nutritional highland barley product and accelerating the development of highland barley industry.

Key words: high-land barley flour; digestibility; wheat flour; pasting property; farinographical properties; extensographical properties

消化性能是影响主粮营养功能的重要因素之一,

收稿日期: 2018-02-04

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划课题(2016YFD04012021); 广州市重点科技项目(申请号: 2018-1003-sf-0103)

作者简介: 钟少文(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 碳水化合物绿色加工

通讯作者: 陈玲(1961-), 女, 教授, 博导, 研究方向: 食品组分结构与营养调控

会引起人体血糖和胰岛素应答的变化, 与人类慢性代谢性疾病的发生和发展密切相关, 对人类的健康具有重要意义^[1]。目前, 根据主粮在人体消化道内消化吸收的速度, 可将其分为快消化组分(RDC), 慢消化组分(SDC)和抗消化组分(RC)三类。RDC可在胃中被降解为葡萄糖等可直接吸收利用的物质, 其含量很大程度上决定了餐后的血糖应答, 可快速为机体补充能量; SDC可在小肠中被缓慢降解成葡萄糖等物质,

一方面维持机体血糖的稳定和能量的平衡,从而可预防或控制慢性代谢性疾病(如II型糖尿病等)的发生和发展,另一方面也会提高机体对胰岛素的敏感度,降低胰岛素的分泌;而RC在人体上消化道中不被消化降解,在结肠中能被微生物发酵产生次级产物(如短链脂肪酸等),通过影响肠道菌群物种多样性来调控生命活动代谢通路^[2]。研究表明,通过调控食物消化性能,可使机体在满足日常生活能量所需的同时,有效控制血糖血脂、氧化应激和肠道微生态等^[3-5],因而可从膳食干预的新视角来预防肥胖症、糖尿病和心血管疾病等代谢性慢性疾病的发生^[6-8]。

青稞作为我国高原特色作物,与其他谷类作物相比,因其成分独特,营养价值高,越来越受到人们的关注,成为目前营养健康食品的加工原料之一。青稞具有高蛋白、高纤维、高维生素、低脂肪和低糖的营养特点,尤其是所含的 β -葡聚糖量是所有大麦品种中最高的,是小麦平均含量的50倍^[9-12]。但青稞同时也存在着口感较差,面筋蛋白含量低的缺点,且目前对其深加工较少,导致其缺乏高附加值利用,因此高效发挥青稞营养功能仍有很大的开发空间。面制品作为日常主食之一,已被人们广泛接受,如将青稞应用于面制品,既能提高面制品的营养特性,又能为青稞的加工产业提供新途径。而要实现高品质青稞杂粮面制品的创制,开展青稞粉与小麦粉复配体系的糊性质、粉质特性和面团拉伸特性等流变特性的研究尤为重要,而这方面的研究目前甚少报道。

本研究将营养理念与传统制作相结合,以不同消化性能的青稞粉为研究对象,将其与中筋小麦粉复配,利用现代分析技术考察不同消化性能青稞粉的糊性质、粉质特性和面团拉伸特性等流变性质的差异,不同复配比例对青稞粉与中筋小麦面粉流变性质的影响,探讨中筋粉的加入对不同消化性能青稞粉加工适应性的改良情况,为具有不同营养功能的青稞粉在面制品行业的应用提供依据,也为新型青稞营养健康产品的研发和推动青稞产业的发展提供新思路。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

表1 不同青稞粉消化性能

Table 1 Digestibility of different Highland barley flour

样品	RDC/%	RC/%	SDC/%
QK1	67.85±1.55 ^a	29.61±1.01 ^c	3.21±0.35 ^a
QK2	58.96±2.45 ^b	39.53±0.84 ^a	3.18±0.27 ^a
QK2	61.52±0.50 ^b	34.50±0.73 ^b	3.98±0.68 ^a

注:数据表示为平均值±标准偏差,同一列中不同的字母表示有显著性差异($p<0.05$),下同。

中筋小麦粉(特一粉),河南金苑粮油食品有限公司;不同消化性能的青稞全粉(QK1、QK2、QK3),实验室自制,其消化性能见表1。

1.2 主要仪器设备

万能高速粉碎机(FW177),天津市泰斯特仪器有限公司;恒温水浴锅(HH-4),江苏省金坛市宏华仪器厂;快速水分测定仪(DHS20-1),德国Sartorius公司;恒温干燥箱(DHG-9123A),上海一恒科学仪器有限公司;722型可见分光光度计,上海第三分析仪器有限公司;微量粉质仪, Micro-dough LAB,瑞典 perten公司;流变仪(Micro-Visco-Amylo-Graph),德国Brabender公司;质构分析仪(TA-XT Plus),英国Stable Micro Systems公司。

1.3 主要实验方法

1.3.1 青稞粉及其与中筋小麦粉复配体系糊性质的研究

分别向不同消化性能的青稞粉中加入10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%的中筋粉,混合均匀后获得不同复配比例的复配粉。依次以“青稞粉-中筋粉比例”样式分别命名为QK-10、QK-20、QK-30、K-40、QK-50、QK-60、QK-70。以同样的方式命名QK2和QK3系列。设定测量转子速度为250 r/min,升(降)温速率为7.5 °C/min。配制6%的淀粉20 mL,移入测量杯中,从30 °C开始升温,以7.5 °C/min的速率升温到95 °C后保温30 min,再以相同的速率降温到50 °C后保温30 min,得到粘度曲线。

1.3.2 青稞粉及其与中筋小麦粉复配体系的粉质特性研究

参考GB/T 14614-2006,采用全自动微型粉质仪对面团的粉质特性进行测定,比较粉质特性曲线的差异,可获得不同消化性能青稞全粉在不同复配比例下面团的吸水率、形成时间、稳定时间和弱化度等参数的变化情况,由此探讨不同消化性能青稞粉与中筋小麦粉复配体系的流变学特性。

1.3.3 青稞粉及其与中筋小麦粉复配体系的面团拉伸特性研究

称取4.0 g样品置于微量粉质仪中,按粉质仪测得给出的吸水率和面团形成时间加水混制成面团,取出面团置于25 °C,相对湿度(RH)95%的醒发箱中醒发20 min,然后再放入质构仪(TA-XT Plus)拉伸测定探头(Kieffer Dough & Gluten Extensibility Rig)的

面团制备槽中。面团放置于非黏性聚四氟乙烯板中之前，先用适量植物油均匀涂抹凹槽。将压制出的 2 mm×60 mm 的面条快速挑出，放置于已安装固定好的拉伸探头中，测定面条的拉伸性能。测试参数为：Probe: A/KIE, Mode: tension, Test speed: 3.33 mm/s, Distanse: 75.0 mm。通过记录从测试开始到面条断裂的拉伸阻力-拉伸距离曲线，获得最大拉伸阻力、拉断距离和拉伸曲线积分面积等面团拉伸特性参数。

1.3.4 数据统计分析

采用 OriginPro 8.5 软件作图，通过 SPSS Statistics 22 统计软件进行数据处理，检验水准取 $p=0.05$ ，所有数据均以平均值±SD 表示。采用单因素方差分析 (one-way ANOVA)，比较采用 Duncan 法。 $p<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 不同消化性能青稞粉及其与中筋小麦粉

复配体系的糊性质研究

图 1 为三种不同消化性能青稞粉及其与不同比例小麦中筋粉复配体系的糊粘度曲线图，表 2 为相应的糊化曲线关键点及性质参数。

由图 1 和表 2 可知，青稞粉 QK1 与中筋粉相比，具有较高的粘度，较好的热糊稳定性和凝胶性能，起糊温度稍低，冷粘稳定性稍差，凝沉性较高；而调控消化性能后的青稞粉 (QK2 和 QK3)，其糊粘度较大幅度降低。

但起糊温度增幅明显，热糊稳定性和凝胶性能变差，冷糊稳定性和抗凝沉性提高。这主要是由于在热处理过程中，青稞粉中的主要成分如淀粉等的大分子链发生断裂，且使小分子化合物更易进入分子中，由此糊液中的大分子聚集、缠绕和网络结构形成受到抑制，故粘度、凝胶性和凝沉性降低，冷粘稳定性提高；而另一方面，热能作用促使大分子分子链发生运动和重排，形成一些局部有序化的结构域，因此提高青稞粉抗消化性能的同时也使其不易发生糊化。

当将三种不同消化性能的青稞粉与中筋粉进行复

配时，中筋粉的加入会改变体系的糊性质，其中 QK1 的粘度、凝胶性和凝沉性均降低，而 QK2 和 QK3 的粘度、凝胶性和凝沉性却得到提高，且随中筋粉的添加量不同而影响程度不同。可见，通过利用不同添加量的中筋粉可调控青稞粉的糊性质，使其具有更好的加工适应性。

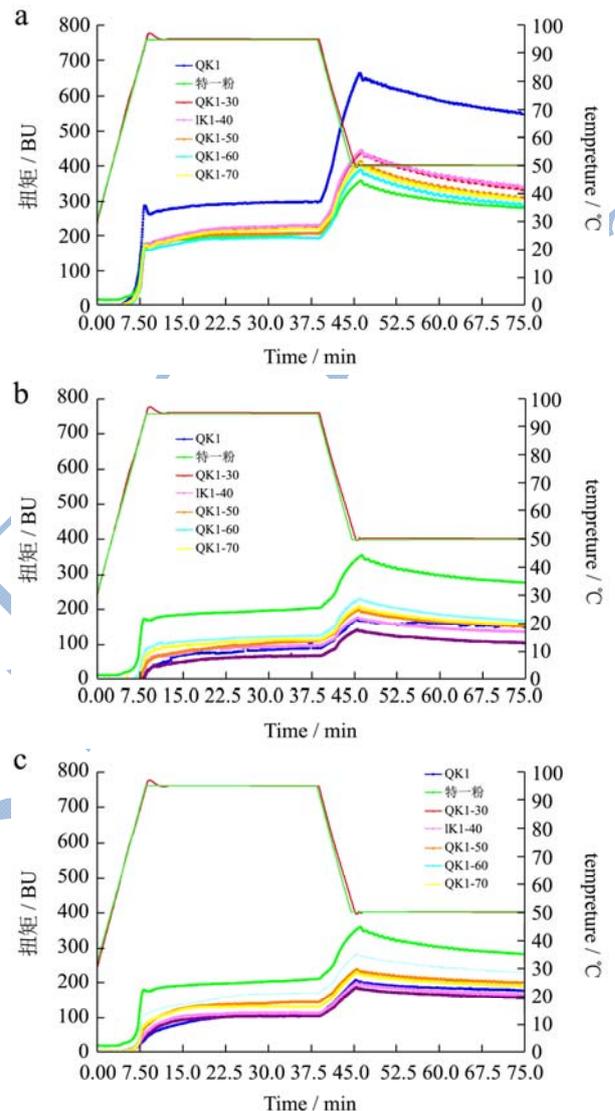


图 1 不同消化性能青稞粉及其与中筋小麦粉复配粉糊粘度曲线图

Fig.1 Viscosity of flour mixtures containing highland barley flour of different digestibility and medium strength flour

表 2 不同消化性能青稞粉及其与中筋小麦粉复配粉的糊性质

Table 2 Paste property of flour mixtures containing highland barley flour of different digestibility and medium strength flour

样品名称	起糊温度 A/°C	峰值粘度 B/cp	热糊稳定性 C-D	冷糊稳定性 E-F	崩解值 B-D	凝胶性 E-D	凝沉性质 E-B
中筋粉	70.4	208	32	55	0	127	127
QK1	68.9	297	19	63	1	314	313
QK1-30	75.6	224	46	80	2	188	186

转下页

接上页

QK1-40	73.8	230	54	74	1	185	184
QK1-50	76.0	208	38	76	2	178	176
QK1-60	77.8	196	34	78	4	172	168
QK1-70	74.8	220	47	77	1	162	161
QK2	92.5	113	76	15	20	75	55
QK2-30	90.7	76	48	31	5	68	63
QK2-40	86.6	101	58	32	0	71	71
QK2-50	87.5	115	69	35	0	79	79
QK2-60	71.9	118	50	40	1	84	83
QK2-70	81.9	129	42	52	1	94	93
QK3	78.1	107	71	18	0	85	85
QK3-30	81.5	101	56	20	0	73	73
QK3-40	81.9	111	58	22	1	76	75
QK3-50	77.8	142	73	26	0	82	82
QK3-60	81.6	129	51	28	1	86	85
QK3-70	75.8	168	65	37	0	97	97

2.2 不同消化性能青稞粉及其与中筋小麦粉复配体系的粉质特性的研究

研究发现, 青稞粉 QK2 和 QK3 的粉质特性劣于 QK1 和中筋粉, 且当混合体系中中筋粉含量少于 30% 时, QK2 和 QK3 均无法在粉质仪中形成面团。由表 3 可知, 青稞粉 QK1 吸水率为 67.50%, 大于中筋粉的 60.09%, 而面团形成时间和稳定时间均低于中筋粉, 表明青稞粉中面筋含量低、面团耐搅性和面筋筋力较弱, 不易成型, 加工性能较差, 因此难以独立开发成品质优良的面条等产品。随着中筋粉复配比例的提高, QK1 复配粉的吸水率和质量指数呈现先增大后降低,

弱化度先降低后升高, 并且吸水率和弱化度在 20% 中筋粉添加时达到极值; 面团形成时间和稳定时间分别从 1.0 min 和 0.6 min 逐渐上升到 1.27 min 和 1.97 min, 逐渐趋近中筋粉的粉质参数。

表明复配体系中面筋含量增多, 筋力增大, 加工性能逐渐得到改善。这主要是因为青稞粉中蛋白质含量丰富, 故吸水率较高, 但因缺乏面筋蛋白, 使得青稞粉面团筋力和耐搅性不如中筋粉, 随着中筋粉的复配比例增大, 体系中面筋蛋白含量升高, 复配体系中面筋增多, 面团耐搅性、加工性增强; 同时随着复配比例的增加, 体系中的组分复杂程度愈高, 两大组分青稞淀粉和小麦淀粉的性质不尽相同, 故引起质量指数和弱化度等参数的波动。

表 3 青稞粉 QK1 的粉质特性

Table 3 Farinograph characteristics of highland barley flour QK1

样品名称	青稞粉含量/%	中筋粉含量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU	质量指数
中筋粉	0	100	60.07±0.12 ^h	1.93±0.31 ^a	2.60±0.20 ^a	144.90±10.00 ^{ab}	40.00±2.17 ^d
QK1	100	0	67.50±0.00 ^d	1.00±0.00 ^{cd}	0.60±0.10 ^g	151.57±7.64 ^a	38.33±1.33 ^d
QK1-10	90	10	68.03±0.40 ^c	0.87±0.06 ^e	0.53±0.06 ^g	126.60±10.35 ^{cde}	40.73±1.50 ^c
QK1-20	80	20	71.07±0.12 ^a	0.93±0.06 ^{de}	0.70±0.10 ^g	131.57±2.89 ^{bcd}	40.60±0.10 ^{cd}
QK1-30	70	30	68.87±0.12 ^b	0.93±0.06 ^{de}	0.90±0.10 ^f	111.67±7.64 ^c	48.13±1.75 ^{ab}
QK1-40	60	40	67.23±0.25 ^d	1.00±0.10 ^{cd}	1.13±0.06 ^e	111.67±7.64 ^e	49.83±1.01 ^a
QK1-50	50	50	63.33±0.42 ^e	1.03±0.06 ^{cd}	1.47±0.15 ^d	120.00±5.00 ^{de}	47.20±0.95 ^b
QK1-60	40	60	62.40±0.17 ^f	1.10±0.10 ^c	1.70±0.10 ^c	143.23±11.55 ^{ab}	38.67±0.35 ^{cd}
QK1-70	30	70	61.87±0.12 ^g	1.27±0.06 ^b	1.97±0.06 ^b	141.57±10.41 ^{abc}	39.37±1.70 ^{cd}

由表 4 和表 5 可知, 复配体系中随着 QK2、QK3 配比从 30% 增大到 70%, 复配粉吸水率分别从 79.23% 和 93.23% 增加到 107.00% 和 136.47%, 说明 RC 含量

高的青稞粉具有更大的吸水率, 且持水性更好; 随着中筋粉添加量的增加, 复配粉中面筋蛋白含量增高, 但 QK2 复配面团的形成时间却由 8.80 min 逐渐下降到

3.23 min, 弱化度也由 96.67 FU 逐渐增加到 134.90 FU, 而 QK3 复配面团表现为形成时间先增大后减小, 在 50% 的中筋粉添加时达到最大值, 稳定时间和弱化度变化不随中筋粉复配比例的增加呈规律性变化。这可能是由于随着中筋粉配比增加, 面筋蛋白作用被青稞粉中破损淀粉以及其他多糖等成分所掩盖, 从而面团的筋力以及和面特性变差; 同时由于小麦淀粉较青稞淀粉吸水性好, 易吸水膨胀, 所以中筋粉的比例增加

使得水分更容易渗透面团内部形成稳定结构。

将三种不同消化性能的青稞粉与中筋粉进行复配时, 中筋粉的添加量会影响体系的粉质特性。其中 QK1 复配面团形成时间和稳定时间增加, 加工性能得到改善; 而因 QK2 和 QK3 复配体系中粉质特性的改善作用受青稞粉 QK2、QK3 中其他大分子多糖组分的影响严重, 所以可以通过面团拉伸实验, 进一步探讨中筋粉添加对面团品质及加工性能的影响。

表 4 青稞粉 QK2 的粉质特性

Table 4 Farinograph characteristics of highland barley flour QK2

样品名称	湿热处理青稞粉含量/%	中筋粉含量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU	质量指数
QK2-30	70	30	107.00±0.00 ^a	8.80±0.10 ^a	2.13±0.06 ^a	96.67±2.89 ^e	54.33±0.31 ^a
QK2-40	60	40	100.23±0.15 ^b	7.17±0.31 ^b	1.90±0.10 ^{ab}	105±0.00 ^d	52.27±0.25 ^b
QK2-50	50	50	94.70±1.01 ^c	4.03±0.06 ^c	1.73±0.23 ^b	115.00±5.00 ^c	51.43±1.29 ^b
QK2-60	40	60	87.00±0.20 ^d	3.63±0.06 ^d	2.03±0.15 ^a	121.67±2.89 ^b	49.03±0.35 ^d
QK2-70	30	70	79.23±0.25 ^e	3.23±0.06 ^e	2.00±0.10 ^{ab}	134.90±5.00 ^a	44.00±1.55 ^e

表 5 青稞粉 QK3 的粉质特性

Table 5 Farinograph characteristics of highland barley flour QK3

样品名称	干热处理青稞粉含量/%	中筋粉含量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU	质量指数
QK3-30	70	30	136.47±0.50 ^a	2.50±0.36 ^c	1.90±0.17 ^{bc}	105.00±0.00 ^c	51.67±1.19 ^b
QK3-40	60	40	123.53±0.50 ^b	2.80±0.20 ^c	4.03±0.15 ^a	91.67±2.89 ^d	61.33±1.25 ^a
QK3-50	50	50	115.20±0.35 ^c	5.63±0.21 ^a	1.40±0.20 ^c	163.23±2.89 ^b	38.27±0.57 ^d
QK3-60	40	60	106.27±0.64 ^d	3.70±0.10 ^b	1.47±0.29 ^c	179.90±5.00 ^a	37.00±1.50 ^d
QK3-70	30	70	93.23±0.25 ^e	1.80±0.17 ^d	2.23±0.23 ^b	164.90±5.00 ^b	41.57±2.94 ^c

2.3 不同消化性能青稞粉及其与中筋小麦粉

复配体系的面团拉伸特性的研究

面团的拉伸性能是评价面团品质的重要指标, 主要由拉断距离和拉伸阻力体现。拉断阻力指的是面团拉断时候拉钩所使用的力, 体现了面筋网络结构的坚实程度, 拉断阻力越大, 面团筋力越强。拉断距离指

的是面团从拉钩接触面团至面团拉断拉钩所升高的距离, 代表了面团的可塑性, 拉伸性和收缩性。拉断距离越大说明面团的延伸性越好、可塑性越强。由表 6 可知, 青稞粉 QK1 形成的面团的拉伸特性在延伸度、拉伸阻力和拉伸做功分别为 10.79 mm、16.63 g 和 33.00 g·s, 均远小于中筋粉面团的 21.43 mm、39.37 g、189.86 g·s, 说明青稞粉面团的加工性能远低于中筋粉, 这与粉质实验结果一致。

表 6 青稞粉 QK1 面团拉伸特性

Table 6 Extensographical properties of highland barley flour QK1

QK1/%	中筋粉含量/%	面团延伸度/mm	最大拉伸阻力/g	拉伸做功/(g·s)
100	0	10.79±1.02 ^{ef}	18.32±2.24 ^c	33.00±1.06 ^b
90	10	7.75±0.95 ^e	17.61±0.48 ^c	41.92±3.70 ^e
80	20	9.95±0.72 ^f	15.32±0.44 ^d	38.78±2.98 ^e
70	30	12.47±1.11 ^{de}	17.80±0.57 ^c	52.35±1.23 ^f
60	40	15.94±0.86 ^{bc}	19.00±0.91 ^c	69.94±2.82 ^e
50	50	13.91±0.55 ^{cd}	25.58±0.55 ^b	96.51±3.43 ^d
40	60	16.70±2.88 ^b	25.44±1.62 ^b	110.66±2.43 ^c
30	70	16.44±0.66 ^b	26.64±0.78 ^b	124.80±2.07 ^b
0	100	21.43±0.49 ^a	39.37±0.85 ^a	189.86±2.39 ^a

结合表 7 和表 8 可知,随着中筋粉配比由 30% 逐渐增加到 70%,不同消化性能的青稞粉的面团延伸度、最大拉伸阻力以及拉伸做功均逐渐增大,各拉伸

试验参数差异减小。这说明随着中筋粉比例的增加,体系中面筋含量和面团拉伸性能随之增加,面团的加工性质得到有显著改善作用。

表 7 青稞粉 QK2 面团拉伸特性

Table 7 Extensographical properties of highland barley flour QK2

QK2/%	中筋粉含量/%	面团延伸度/mm	最大拉伸阻力/g	拉伸做功/(g·s)
70	30	7.15±0.31 ^c	16.96±0.48 ^d	43.81±0.84 ^c
60	40	8.84±0.94 ^b	18.65±0.38 ^c	43.61±2.01 ^c
50	50	9.32±0.46 ^b	17.75±0.63 ^c	47.96±1.55 ^c
40	60	13.61±0.89 ^a	24.27±1.87 ^b	78.15±5.10 ^b
30	70	14.70±1.18 ^a	26.94±2.13 ^a	94.91±4.31 ^a

表 8 青稞粉 QK3 面团拉伸特性

Table 8 Extensographical properties of highland barley flour QK3

QK3/%	中筋粉含量/%	面团延伸度/mm	最大拉伸阻力/g	拉伸做功/(g·s)
70	30	6.83±0.56 ^d	16.63±0.27 ^d	31.57±1.71 ^e
60	40	5.91±0.76 ^d	19.12±0.83 ^c	41.03±1.82 ^d
50	50	9.60±0.76 ^c	20.09±0.74 ^{bc}	47.46±1.96 ^c
40	60	11.09±1.11 ^b	20.99±0.93 ^b	61.58±2.69 ^b
30	70	13.52±0.96 ^a	25.23±0.83 ^a	84.99±4.00 ^a

3 结论

3.1 本研究选用三种不同消化性能的青稞粉与不同比例的中筋小麦粉进行复配,分别对青稞粉、中筋粉和复配体系的糊性质、粉质特性和面团拉伸特性进行系统的探讨,发现青稞粉 QK1 与中筋粉相比具有较高的粘度,而热糊稳定性、凝胶特性及起糊温度均稍优于中筋粉,冷粘稳定性稍差,凝沉性较高。RC 含量越高的青稞粉(QK2、QK3)糊粘度越低,但起糊温度大,热糊稳定性和凝胶性能差,冷糊稳定性和抗凝沉性较好;不同消化性能的青稞粉与中筋粉复配对其糊性质及面团的拉伸特性均有明显的影响,能有效改善其加工适应性。

3.2 本文通过研究不同消化性能青稞粉的糊性质和流变学特性,揭示了青稞粉消化性能的改变与加工性能之间的关系,并获得添加不同量的中筋小麦粉对不同消化性能青稞粉的糊性质和流变学特性的影响规律,可为新型营养健康青稞面条等制品的开发提供依据和基础数据。

参考文献

- [1] Hamaker B R, Venktachalam M, Zhang G, et al. Slowly digesting starch and fermentable fiber. US, 2013
- [2] Fuentes-Zaragoza E R-N, M J Sánchez-Zapata, E Pérez-Ivarez J A. Resistant starch as functional ingredient: A review [J]. Food Research International, 2010, 43(4): 931-942
- [3] Foschia M, Peressini D, Sensidoni A, et al. Synergistic effect of different dietary fibres in pasta on in vitro starch digestion? [J]. Food Chem., 2015, 172: 245-50
- [4] Shen D, Bai H, Li Z, et al. Positive effects of resistant starch supplementation on bowel function in healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Int. J Food Sci. Nutr., 2017, 68(2): 149-157
- [5] Wong T H T, Louie J C Y. The relationship between resistant starch and glycemic control: A review on current evidence and possible mechanisms [J]. Starch - Stärke, 2017, 69(7-8): 160-205
- [6] Keenan M J, Zhou J, Hegsted M, et al. Role of resistant starch in improving gut health, adiposity, and insulin resistance [J]. Adv Nutr, 2015, 6(2): 198-205
- [7] Park O J, Kang N E, Chang M J, et al. Resistant starch supplementation influences blood lipid concentrations and glucose control in overweight subjects [J]. Journal of Nutritional Science & Vitaminology, 2004, 50(2): 93-99
- [8] Johnston K, Thomas E L, Bell J D, et al. Resistant starch improves insulin sensitivity in metabolic syndrome [J]. Diabetic Medicine, 2010, 27(4): 391-397
- [9] Gong L, Jin C, Wu X, et al. Determination of Arabinoxylans in Tibetan Hull-less Barley Bran [J]. Procedia Engineering, 2012, 37: 218-222
- [10] Gong L-X, Jin C, Wu L-J, et al. Tibetan Hull-less barley

- (*Hordeum vulgare* L.) as a potential source of antioxidants [J]. Cereal Chemistry Journal, 2012, 89(6): 290-295
- [11] Zhu F, Du B, Xu B. Superfine grinding improves functional properties and antioxidant capacities of bran dietary fibre from Qingke (hull-less barley) grown in Qinghai-Tibet Plateau, China [J]. Journal of Cereal Science, 2015, 65: 43-47
- [12] Zhu Y, Li T, Fu X, et al. Phenolics content, antioxidant and antiproliferative activities of dehulled highland barley (*Hordeum vulgare* L.) [J]. Journal of Functional Foods, 2015, 19: 439-450

现代食品科技