

沙棘果粉和酸枣粉对面粉特性的影响

崔 勇¹, 董 剑^{1,2}, 杨明明^{1,2,*}, 赵万春^{1,2}, 李建芳^{1,2}, 高 翔^{1,2,*}

(1.西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100; 2.陕西省小麦工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了解沙棘果粉和酸枣粉对面粉特性的影响, 将沙棘果粉和酸枣粉按不同比例分别与小麦粉混合, 使用快速黏度分析仪、粉质仪、物性测试仪分析2种添加物的添加量对面粉糊化、粉质和凝胶质构特性的影响, 并使用扫描电子显微镜对面筋的超微结构进行观察。结果表明: 随着酸枣粉含量的增加(0%、1%、3%、5%、7%、9%), 混粉的峰值黏度、低谷黏度、最终黏度呈下降趋势, 而当沙棘果粉添加量为5%~9%时, 混粉的上述糊化指标明显高于对照组; 吸水率、硬度、胶黏性、咀嚼性逐渐降低, 而形成时间、稳定时间和粉质质量指数则先降低, 后基本不变; 扫描电子显微镜观察显示, 2种添加物均阻碍了面筋网络的形成。因此, 沙棘果粉和酸枣粉的添加均改变了面粉的糊化、粉质、凝胶质构特性及面筋超微结构。

关键词: 糊化特性; 粉质特性; 质构特性

Influence of Incorporation of Sea Buckthorn Fruit Powder and Sour Jujube Powder on Wheat Flour Properties

CUI Yong¹, DONG Jian^{1,2}, YANG Mingming^{1,2,*}, ZHAO Wanchun^{1,2}, LI Jianfang^{1,2}, GAO Xiang^{1,2,*}

(1. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. Wheat Engineering Research Center of Shaanxi Province, Yangling 712100, China)

Abstract: Sea buckthorn and sour jujube, both rich in nutritional and bioactive substances, have important medicinal values. The aim of this study was to investigate the effect of different incorporation levels (0%, 1%, 3%, 5%, 7%, and 9%) of sea buckthorn or sour jujube powder on the properties of wheat flour. The pasting, farinograph and gel texture properties of blends were measured by rapid visco analyzer, farinograph and texture analyzer, respectively. Thereafter, the ultrastructure of gluten was determined by scanning electron microscopy. The results of the present study showed that the peak, trough and final viscosity of samples decreased with increasing addition of sour jujube powder (SJP), while sea buckthorn fruit powder (SBFP) at high levels (5%~9%) could increase the values of pasting parameters. With increasing sea buckthorn fruit powder or sour jujube powder content, water-absorbing capacity, hardness, gumminess and chewiness decreased, whereas dough development time, stability time and farinograph quality number decreased at first, and then tended to remain constant. Scanning electron microscopy images also showed that SJP and SBFP weaken the gluten-starch network of dough. Therefore, the addition of SJP and SBFP can lead to changes in pasting properties, farinograph properties, gel texture properties of blends and gluten ultrastructure.

Key words: pasting properties; farinograph properties; texture properties

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201611005

中图分类号: TS213.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)11-0024-06

引文格式:

崔勇, 董剑, 杨明明, 等. 沙棘果粉和酸枣粉对面粉特性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(11): 24-29. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201611005. <http://www.spkx.net.cn>

CUI Yong, DONG Jian, YANG Mingming, et al. Influence of incorporation of sea buckthorn fruit powder and sour jujube powder on wheat flour properties[J]. Food Science, 2016, 37(11): 24-29. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201611005. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2015-09-10

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划项目(2011AA100501); 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-3-2-47)

作者简介: 崔勇(1986—), 男, 博士研究生, 主要从事小麦品质研究。E-mail: cuiyong30@163.com

*通信作者: 杨明明(1984—), 男, 讲师, 博士, 主要从事小麦品质研究。E-mail: myang@nwsuaf.edu.cn

高翔(1960—), 男, 教授, 博士, 主要从事小麦品质研究。E-mail: gx@nwsuaf.edu.cn

面粉是重要的食品原料之一,它被用来制作各种各样的面制品,如面包、馒头、面条等。近年来,随着人们生活水平的提高和健康意识的加强,消费者对功能性食品的需求量正不断增加^[1]。

沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)是胡颓子科植物,广泛分布于亚洲和欧洲。其浆果富含维生素、类黄酮、类胡萝卜素、甾醇类和酚类等^[2]。在中国和中亚,沙棘被用于传统医药中。田俊生等^[3]采用悬尾和强迫游泳实验观察沙棘籽油对小鼠不动时间的影响,并采用慢性温和不可预知应激程序复制大鼠抑郁模型,结果发现沙棘籽油具有明显的抗抑郁作用。而李刚等^[4]发现沙棘Vp粉能显著增强小鼠免疫力。据报道,它还有抗菌^[5]、抗氧化^[6]、抗炎和抗癌的作用^[7]。此外,沙棘果实对预防心血管疾病、糖尿病、癌症也有一定的功效^[8]。

酸枣(*Ziziphus jujuba* Mill. var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chou)原产中国,是兼具生态和经济价值的重要野生物种^[9]。近年来,俄罗斯、韩国等一些周边国家也开始种植酸枣。酸枣具有很高的营养价值和药用价值^[9]。张惠芳等^[10]发现酸枣多糖对小鼠急性CCl₄性肝损伤具有明显的治疗作用。张舜波等^[11]研究表明酸枣仁总皂苷对失眠有一定疗效。研究人员发现酸枣果实具有抗病毒^[12]、抗氧化^[13]、抗癌、消炎的作用^[14]。

沙棘和酸枣均具有重要的营养和药用价值,然而有关2种添加物对面粉品质特性影响方面的研究较少。为了丰富沙棘和酸枣制品的多样性,本实验将沙棘果粉和酸枣粉分别按不同的比例加入面粉中,使用黏度分析仪、物性测试仪、粉质仪等仪器研究沙棘果粉和酸枣粉对面粉品质的影响,为沙棘果粉和酸枣粉的合理利用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

“陕627”面粉(特一粉) 杨凌繁育中心国家小麦工程技术研究中心;沙棘果粉 陕西艾康沙棘制药有限公司;酸枣粉 晋香斋食品专营店;安琪酵母 安琪酵母股份有限公司。

去离子水 陕西省小麦工程技术研究中心。

1.2 仪器与设备

RVA-Super3型快速黏度分析仪 澳大利亚Newport Scientific仪器公司;TA.XT Plus型物性测试仪 英国Stable Micro Systems公司;Farinograph-E电子型粉质仪 德国Brabender仪器公司;JSM-6360LV型扫描电子显微镜 日本电子株式会社。

1.3 方法

1.3.1 小麦粉、沙棘果粉和酸枣粉成分分析

按参考文献[15]为标准进行成分测定。样品的水分、灰分、粗纤维、粗脂肪和粗蛋白含量的测定分别依据44-15A Moisture: Air-Oven Methods、08-01 Ash: Basic Method、32-10 Crude Fiber in Flours, Feeds, and Feedstuffs、30-25 Crude Fat in Wheat, Corn, and Soy Flour, Feeds, and Mixed Feeds和46-13 Crude Protein: Micro-Kjeldahl Method方法进行。

1.3.2 混粉制备

小麦粉、沙棘果粉、酸枣粉过80目筛,然后按质量分数与小麦粉进行配粉,沙棘果粉或酸枣粉所占的比例分别是0%、1%、3%、5%、7%、9%,配粉后充分混匀。

1.3.3 糊化特性

样品的峰值黏度、低谷黏度、稀懈值、最终黏度和反弹值等指标通过快速黏度分析仪进行检测。检测前,取3.5 g样品(14%湿基)与25.0 g去离子水充分混合,再经过程序化的加热和冷却循环,得到样品的糊化指标。

1.3.4 凝胶质构特性

将快速黏度分析仪(rapid visco analyzer, RVA)检测后的样品在4℃条件下放置24 h,用于测定凝胶的质构特性。采用TA.XT Plus型物性测试仪进行质构特性分析,主要参数为:探头:P/0.5R,测前速率:1 mm/s,测试速率:0.5 mm/s,测后速率:1 mm/s,触发力:5.0 g,测定高度:5 mm,中间停留时间:5 s。

1.3.5 粉质特性

利用德国Farinograph-E电子型粉质仪中的揉面钵(规格是50 g)按照参考文献[15]标准中的54-21 Farinograph Method for Flour方法测定。称取50 g样品(14%湿基),启动揉面器揉和面粉1 min后,立即用滴定管自揉面钵右前角加入适宜水量,并用刮片将黏在内壁的碎面刮入面团,随后粉质仪程序化运行,测试结束后,得到面团吸水率、形成时间、稳定时间、粉质质量指数等粉质参数。

1.3.6 面团扫描电子显微镜观察

每100 g小麦面粉中分别添0、1、3 g沙棘果粉或酸枣粉,混合均匀后和成面团,面团醒发时间为90 min,然后拉伸搓圆。从面团中取出3~5 mm³的小面团作为测试样品,按照Mei Caiying等^[16]的方法对用于扫描电镜观察的样品进行处理,并用JSM-6360LV型扫描电子显微镜观察,加速电压为15 kV,放大倍数为1 200倍。

1.4 数据分析

各测试均3次重复,使用Statistix 8.0软件对实验数据进行分析,显著性水平为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 成分分析

小麦粉、沙棘果粉和酸枣粉的水分、灰分、粗纤维、粗脂肪和粗蛋白的检测结果如表1所示,小麦粉含有10.03%的水分、0.36%的灰分、0.32%的粗纤维、1.33%的脂肪和11.80%的蛋白质。与小麦粉相比,沙棘果粉和酸枣粉的灰分含量明显偏高(1.56%和5.64%),而蛋白质含量却显著偏低(1.96%和5.98%)。因此,添加沙棘果粉和酸枣粉能提高面制品中灰分的含量。当小麦粉中添加香蕉粉^[17]时,也可以提高混粉中上述成分的含量。沙棘^[18]和酸枣^[19]中还有高含量的碳水化合物,因此沙棘果粉和酸枣粉有较高的热量。

表1 小麦粉、沙棘果粉和酸枣粉化学成分分析
Table 1 Chemical compositions of wheat flour, sea buckthorn fruit powder and sour jujube powder

样品	水分含量/%	灰分含量/%	粗纤维含量/%	粗脂肪含量/%	粗蛋白含量/%
小麦粉	10.03±0.14 ^b	0.36±0.03 ^c	0.32±0.04 ^b	1.33±0.03 ^a	11.80±0.04 ^a
沙棘果粉	4.94±0.03 ^c	1.56±0.09 ^b	—	0.23±0.05 ^b	1.96±0.08 ^c
酸枣粉	19.17±0.07 ^a	5.64±0.01 ^a	5.93±0.04 ^a	1.39±0.03 ^a	5.98±0.06 ^b

注:同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05);—,未检出。下同。

2.2 糊化特性

淀粉糊化是烹煮食品过程中重要的环节,而糊化特性则是反应淀粉品质的重要指标。其中峰值黏度是充分吸水膨胀后的淀粉粒互相摩擦从而使样品黏度升高所致,它反映了淀粉的膨胀能力,也显示了样品结合水的能力。而最终黏度则可以反映待测样品在冷却过程中的回生情况。

表2 添加沙棘果粉和酸枣粉对面粉糊化特性的影响
Table 2 Pasting properties of wheat flour replaced with increasing quantities of SBFP or SJP

添加物	添加量/%	峰值黏度/cP	低谷黏度/cP	稀懈值/cP	最终黏度/cP	反弹值/cP
沙棘果粉	0	2 513.3±10.02 ^c	1 531.3±5.51 ^c	982.0±10.15 ^d	2 615.3±8.50 ^d	1 084.0±7.00 ^d
	1	2 418.3±9.07 ^d	1 446.7±9.87 ^d	971.7±2.89 ^d	2 586.7±10.07 ^d	1 140.0±14.00 ^b
	3	2 404.3±11.72 ^d	1 384.3±11.59 ^e	1 020.0±2.65 ^c	2 581.0±9.17 ^d	1 196.7±2.52 ^a
	5	2 807.7±3.06 ^b	1 663.3±17.9 ^b	1 144.3±17.79 ^{ab}	2 764.0±41.24 ^a	1 100.7±25.74 ^c
	7	2 876.0±14.00 ^a	1 732.7±12.01 ^a	1 143.3±26.01 ^b	2 808.3±18.34 ^a	1 075.7±29.91 ^{cd}
酸枣粉	9	2 819.3±14.64 ^b	1 650.7±9.61 ^b	1 168.7±5.03 ^a	2 712.7±26.50 ^c	1 062.0±22.07 ^d
	0	2 513.3±10.02 ^c	1 531.3±5.51 ^c	982.0±10.15 ^d	2 615.3±8.50 ^d	1 084.0±7.00 ^d
	1	2 350.3±9.45 ^b	1 382.7±6.03 ^b	967.7±3.79 ^b	2 487.3±13.20 ^b	1 104.7±7.57 ^b
	3	2 265.0±9.64 ^c	1 319.7±9.07 ^c	945.3±4.62 ^c	2 455.7±7.51 ^d	1 136.0±7.21 ^a
	5	2 254.7±5.51 ^c	1 324.0±6.25 ^c	930.7±7.51 ^d	2 415.3±13.80 ^a	1 091.3±11.59 ^b
	7	2 153.0±7.00 ^d	1 207.0±9.54 ^c	946.0±5.29 ^c	2 261.7±17.62 ^c	1 054.7±13.32 ^c
	9	2 157.0±10.82 ^d	1 235.3±11.15 ^d	921.7±5.03 ^d	2 247.0±12.49 ^c	1 011.7±23.63 ^d

由表2可知,随着酸枣粉添加量的增加,混粉的峰值黏度、低谷黏度、稀懈值、最终黏度分别从2 513.3、1 531.3、982.0、2 615.3 cP降为2 157.0、1 235.3、921.7、2 247.0 cP。然而,添加沙棘果粉时,混粉峰值黏度、低

谷黏度、最终黏度一开始随添加量的增大而降低或基本不变(0%~3%),继续添加,混粉糊化指标却明显高于对照面粉(5%~9%)。混粉糊化特性的改变可能与样品中直、支链淀粉含量的变化、添加物的吸水能力、添加物与淀粉颗粒的互作等因素有关。

Wu等^[20]分别将0.1%、0.2%和0.5%的磷酸盐加入米粉时发现,随着磷酸盐含量的增加,混粉的峰值黏度、低谷黏度、稀懈值、最终黏度逐渐降低。当面粉中添加不同比例的啤酒糟(0%、15%、25%、35%)时,混粉的上述指标也呈现下降的趋势^[21]。此外,Li Wenhao^[22]和Alviola^[23]等也有相似的报道。研究人员的上述研究与本实验中添加酸枣粉时混粉糊化参数的变化趋势相一致。然而,Sun Qingjie等^[24]发现随着木糖醇含量的增高(0%~20%),小麦-木糖醇混粉的峰值黏度、低谷黏度、最终黏度和稀懈值则呈上升的趋势。

2.3 凝胶质构特性

凝胶硬度、黏附性、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性的检测结果列于表3。硬度指物性测试仪第1次压缩时的最大峰值,小麦-沙棘果粉及小麦-酸枣粉混粉凝胶的硬度均随各自添加物含量的提高而降低。小麦-沙棘果粉的硬度从125.84 g降为56.33 g,小麦-酸枣粉的硬度则从125.84 g降为91.90 g。混粉凝胶硬度的下降可能与添加物的添加导致淀粉含量的下降,尤其是直链淀粉含量有关^[25]。黏附性指第1次压缩曲线到达零点至第2次压缩曲线开始间曲线的负面积。小麦-沙棘果粉凝胶的黏附性刚开始随沙棘果粉的添加而显著下降,当沙棘果粉的添加量超过3%时,混粉凝胶的黏附性几乎不变。然而,小麦-酸枣粉凝胶的黏附性却随着酸枣粉的添加而呈下降趋势。

表3 添加沙棘果粉和酸枣粉对面粉凝胶质构特性的影响
Table 3 Texture properties of wheat flour gel with different levels of SBFP or SJP added

添加物	添加量/%	硬度/g	黏附性/(g·s)	弹性	凝聚性	胶黏性/g	咀嚼性/g
沙棘果粉	0	125.84±3.58 ^a	86.70±2.23 ^a	0.91±0.00 ^b	0.54±0.02 ^c	67.50±0.06 ^c	61.20±0.41 ^a
	1	110.40±3.45 ^b	65.76±3.12 ^b	0.91±0.00 ^b	0.57±0.02 ^b	62.89±0.76 ^b	57.44±1.02 ^b
	3	81.28±4.28 ^c	13.69±2.19 ^c	0.98±0.01 ^a	0.67±0.02 ^a	54.67±1.28 ^b	53.57±1.23 ^c
	5	71.21±3.43 ^d	12.58±1.40 ^c	0.98±0.00 ^a	0.69±0.02 ^a	49.34±1.49 ^d	48.18±1.34 ^d
	7	66.31±1.16 ^d	12.35±1.78 ^c	0.98±0.00 ^a	0.70±0.01 ^a	46.20±1.17 ^e	45.12±0.96 ^e
酸枣粉	9	56.33±2.69 ^e	11.97±1.83 ^c	0.98±0.00 ^a	0.69±0.02 ^a	38.85±1.32 ^f	38.19±1.08 ^f
	0	125.84±3.58 ^a	86.70±2.23 ^a	0.91±0.00 ^b	0.54±0.02 ^c	67.50±0.06 ^c	61.20±0.41 ^a
	1	115.17±3.32 ^b	77.88±3.29 ^b	0.91±0.00 ^b	0.56±0.02 ^{cd}	64.46±0.66 ^c	58.66±0.60 ^b
	3	109.89±2.21 ^c	53.36±4.33 ^c	0.92±0.00 ^b	0.58±0.02 ^{bc}	63.35±0.42 ^c	58.49±0.62 ^b
	5	103.40±2.34 ^d	36.97±2.15 ^d	0.94±0.00 ^b	0.60±0.02 ^{ab}	62.01±0.44 ^d	58.08±0.21 ^b
	7	97.97±2.24 ^e	33.43±1.46 ^e	0.95±0.00 ^a	0.61±0.01 ^a	59.42±0.53 ^e	56.64±0.36 ^c
	9	91.90±1.67 ^f	29.82±2.29 ^e	0.95±0.00 ^a	0.62±0.02 ^a	56.66±0.51 ^f	54.01±0.76 ^d

凝胶弹性为变形样品在去掉压力后恢复到变形前的高度比例,而凝聚性则反映出样品承受2次形变的能力。由表3可知,添加1%沙棘果粉和1%酸枣粉对凝胶弹性影响不大,当添加量超过3%时,小麦-沙棘果粉与小麦-酸

枣粉混粉凝胶的弹性和凝聚性均明显高于对照组(0%添加量)。这说明,较高含量的沙棘果粉/酸枣粉可以显著改变混粉凝胶的弹性和凝聚性,有助于增强凝胶内部的结合,提高凝胶恢复形变的能力。Alamri等^[26]将秋葵胶加入土耳其豆淀粉时,上述指标也出现增高的现象。此外,凝胶的胶黏性和咀嚼性随着沙棘果粉或酸枣粉添加量的增大而降低。

2.4 粉质特性

粉质参数是评价面粉内在品质的重要指标。添加其他物质对面团特性的改变可以通过粉质指标的变化体现出来。如表4所示,在0%~9%的添加量范围内,面团吸水率随沙棘果粉或酸枣粉的添加而显著降低。小麦-沙棘果粉面团的吸水率从68.70%降为59.43%,小麦-酸枣粉面团的吸水率也从68.70%降到65.43%。而且相同添加量时,小麦-酸枣粉面团的吸水率高于小麦-沙棘果粉面团。面团吸水率的变化可能与混粉蛋白质含量的变化、添加物的吸水能力等有关。Nataša^[27]和吕俊丽^[28]等分别向面粉中添加荞麦粉和水苏糖时也发现相似的下降趋势。

表4 添加沙棘果粉和酸枣粉对面团粉质特性的影响
Table 4 Farinograph properties of wheat flour paste with different levels of SBFP or SJP added

添加物	添加量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU	粉质质量指数
沙棘果粉	0	68.70±0.17 ^a	6.07±0.12 ^a	5.33±0.06 ^a	112.67±1.15 ^e	90.33±2.31 ^d
	1	68.10±0.20 ^b	4.67±0.06 ^b	3.47±0.12 ^b	129.67±3.06 ^d	68.67±1.15 ^b
	3	66.37±0.21 ^c	4.47±0.06 ^c	2.07±0.06 ^c	154.00±3.00 ^c	54.33±0.58 ^c
	5	63.53±0.15 ^d	4.07±0.12 ^d	2.00±0.00 ^c	192.33±3.06 ^b	49.33±0.58 ^d
	7	61.43±0.21 ^e	3.93±0.12 ^d	2.13±0.12 ^c	199.33±2.52 ^b	50.33±1.15 ^d
	9	59.43±0.12 ^f	4.10±0.10 ^d	2.13±0.12 ^c	190.33±2.52 ^b	51.33±1.53 ^d
酸枣粉	0	68.70±0.17 ^a	6.07±0.12 ^a	5.33±0.06 ^a	112.67±1.15 ^e	90.33±2.31 ^d
	1	68.47±0.06 ^b	4.97±0.06 ^b	3.90±0.00 ^b	133.33±3.06 ^d	77.33±1.15 ^b
	3	68.07±0.12 ^c	4.20±0.00 ^c	3.07±0.06 ^c	159.67±2.52 ^d	61.67±0.58 ^c
	5	67.13±0.15 ^d	4.27±0.06 ^c	2.67±0.06 ^d	180.00±3.61 ^c	57.00±0.00 ^d
	7	66.13±0.06 ^e	4.17±0.06 ^c	2.57±0.12 ^d	197.00±2.65 ^b	53.33±0.58 ^c
	9	65.43±0.12 ^f	4.17±0.06 ^c	2.63±0.06 ^d	215.67±2.31 ^a	54.00±0.00 ^e

形成时间是面粉从开始加水到面团达到最大转矩的时间,这反映了食品加工过程中的和面时间。此指标受面粉蛋白质含量及其质量的影响^[29]。由表4可知,在0%~5%范围内,随着沙棘果粉的添加,面团形成时间显著降低,当继续增加添加物的含量(5%~9%)时,面团形成时间基本不变。添加酸枣粉时,面团形成时间一开始也随添加量的增加而显著下降(0%~3%),当添加量超过3%后,面团形成时间趋于一致。上述结果表明,添加沙棘果粉和酸枣粉均能缩短面团形成时间,这利于节省时间,提高面制品制作效率。当Ahmad等^[30]将绿茶粉加入面粉时,面团形成时间则呈现上升的趋势。

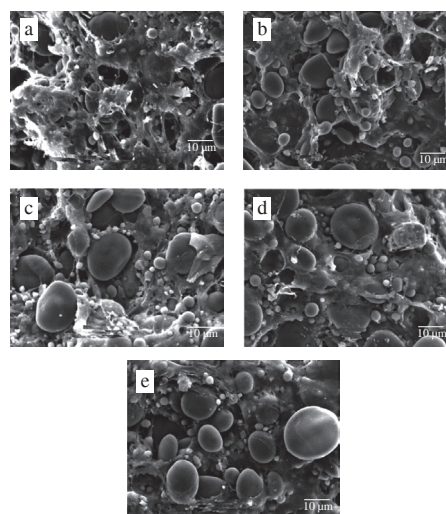
面团稳定时间是粉质曲线从到达500 FU标线到离开500 FU标线的时间。稳定时间越长,则面团的强度越大、耐揉性越好。由表4可知,当添加量在0%~3%时,

小麦-沙棘果粉面团的稳定时间随添加物的增加而显著降低,此后面团稳定时间变化不大。而小麦-酸枣粉面团的稳定时间开始时也随酸枣粉的添加而降低,当添加量超过3%时,面团稳定时间基本不变。Xu Yingying^[31]和Ahluwalia^[32]等分别将亚麻籽粉、万寿菊粉混入面粉时,面团稳定时间也出现下降的趋势。粉质质量指数是决定面团质量的重要指标^[33]。随着沙棘果粉、酸枣粉的添加,面团粉质质量指数从90.33降为51.33和54.00。弱化度是粉质曲线到达峰值后12 min时,谱带中心线从500 FU标线下降的距离。弱化度越高,则面团的面筋网络结构越差,对机械搅拌的承受性越低。在0%~7%范围内,小麦-沙棘果粉及小麦-酸枣粉的弱化度均随添加量的增加而增大。

本实验中上述参数的降低可能与果粉的添加稀释了蛋白质的含量,进而影响到面筋网络的形成与扩展有关。当沙棘果粉、酸枣粉添加量较大时,面团形成时间、稳定时间、粉质质量指数变化不大,这可能是添加物中的多糖分子间交联形成网络,并与面筋蛋白相互作用引起的。同样,Teng Yuefei^[34]、Tömösközi^[35]和Onyango^[36]等的研究中也发现了随添加物含量的增加,面团稳定时间、粉质质量指数降低,而弱化度升高的现象。

2.5 扫描电子显微镜分析

面团网络结构如图1所示,对照面团(图1a)中淀粉颗粒多浸没在蛋白质中,面筋网络连续。当添加1%沙棘果粉(图1b)时,面筋网络开始断裂,更多淀粉颗粒无法被蛋白质包裹。添加3%沙棘果粉(图1c)时,淀粉颗粒与面筋网络的分离更加明显。当0%、1%和3%的酸枣粉混入面粉时,面团的网络结构也出现相似的变化。Dhinda等^[37]同样有添加物阻碍面筋网络结构形成的报道。



a. 面粉对照组; b. 1%沙棘果粉; c. 3%沙棘果粉; d. 1%酸枣粉; e. 3%酸枣粉。

图1 添加沙棘果粉和酸枣粉对面团微观结构的影响

Fig. 1 Effect of adding sea buckthorn fruit powder or sour jujube powder on the microstructure of dough

3 结 论

随着酸枣粉含量的增加,混粉的峰值黏度、低谷黏度、最终黏度呈现下降趋势,而当添加沙棘果粉时,上述3个糊化参数一开始随添加量的增大而降低或基本不变(0%~3%),之后混粉的糊化指标则明显高于对照(5%~9%)。混粉吸水率、硬度、胶黏性、咀嚼性随沙棘果粉和酸枣粉的添加而降低,面团形成时间、稳定时间和粉质质量指数则先降低之后变化不大。相同添加量条件下,小麦-酸枣粉混粉的吸水率、稳定时间、粉质质量指数、硬度、黏附性、胶黏性、咀嚼性均高于小麦-沙棘果粉混粉。同时,扫描电子显微镜观察显示,沙棘果粉和酸枣粉的添加均会阻碍面筋网络的形成。

参考文献:

- [1] 尤新. 面粉和面食品质改良剂发展动向[J]. 粮食加工, 2008, 33(1): 7-9.
- [2] SOLCAN C, GOGU M, FLORISTEAN V, et al. The hepatoprotective effect of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries on induced aflatoxin B₁ poisoning in chickens[J]. Poultry Science, 2013, 92(4): 966-974. DOI:10.3382/ps.2012-02572.
- [3] 田俊生, 郑晓芬, 张丽增, 等. 沙棘籽油抗抑郁作用[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 279-282. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201319057.
- [4] 李刚, 何彦峰, 丁学峰, 等. 沙棘Vp粉的制备及增强免疫功能研究[J]. 食品科学, 2014, 35(21): 229-233. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201421045.
- [5] POPESCU C, POPESCU B, POPESCU B, et al. Antimicrobial efficacy of the organic greasy oils combination-sea buckthorn oil and maize germs oil[J]. Farmacia, 2014, 62(4): 743-752.
- [6] 梁楷, 蒋玉梅, 李昕, 等. 沙棘鲜果抗氧化成分提取参数优化及抗氧化性能分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(24): 264-269.
- [7] GREEN R C, LOW N H. Physicochemical composition of buffaloberry (*Shepherdia argentea*), chokecherry (*Prunus virginiana*) and sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) fruit harvested in Saskatchewan[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2013, 93(6): 1143-1153. DOI:10.4141/CJPS2013-087.
- [8] XU Y J, KAUR M, DHILLON R S, et al. Health benefits of sea buckthorn for the prevention of cardiovascular diseases[J]. Journal of Functional Foods, 2011, 3(1): 2-12. DOI:10.1016/j.jff.2011.01.001.
- [9] SUN Y F, SONG C K, VIERNSTEIN H, et al. Apoptosis of human breast cancer cells induced by microencapsulated betulinic acid from sour jujube fruits through the mitochondria transduction pathway[J]. Food Chemistry, 2013, 138(2): 1998-2007. DOI:10.1016/j.foodchem.2012.10.079.
- [10] 张惠芳, 周瑜珍, 陈嘉璐, 等. 酸枣多糖对小鼠CCl₄急性肝损伤的作用[J]. 现代食品科技, 2014, 30(9): 33-37. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.09.006.
- [11] 张舜波, 王平, 田代志, 等. 酸枣仁总皂苷对失眠老年大鼠脑神经递质及受体表达的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(4): 124-127. DOI:10.11653/syjf2014040124.
- [12] KESSLER J H, MULLAUER F B, ROO G M D, et al. Broad *in vitro* efficacy of plant-derived betulinic acid against cell lines derived from the most prevalent human cancer types[J]. Cancer Letters, 2007, 251(1): 132-145. DOI:10.1016/j.canlet.2006.11.003.
- [13] 孙延芳, 梁宗锁, 刘政, 等. 酸枣果三萜皂苷抑菌和抗氧化活性的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 139-142.
- [14] SUN Y F, LIANG Z S, SHAN C J, et al. Comprehensive evaluation of natural antioxidants and antioxidant potentials in *Ziziphus jujube* Mill. var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chou fruits based on geographical origin by TOPSIS method[J]. Food Chemistry, 2011, 124(4): 1612-1619. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.08.026.
- [15] American Association of Cereal Chemists (2000) approved methods of the AACC[S].
- [16] MEI C Y, ZHANG Y, MAO X M, et al. The effects of culture parameters on the conidial germination and yields of *Ophiocordyceps sinensis*[J]. Journal of Yeast and Fungal Research, 2013, 4(4): 44-51. DOI:10.5897/JYFR2013.0116.
- [17] PERLA O D, JOSÉ J. I H, EDITH A A, et al. Chemical, starch digestibility and sensory characteristics of durum wheat/unripe whole banana flour blends for spaghetti formulation[J]. Food and Nutrition Sciences, 2014, 5(3): 264-270.
- [18] 李垚, 张慧颖, 王鹏祖. 沙棘营养成分及作用的研究进展[J]. 中国初级卫生保健, 2007, 21(3): 73-76.
- [19] 刘晓庚, 陈优生. 南酸枣果实的成分分析[J]. 中国野生植物资源, 2000, 19(3): 35-40.
- [20] WU W S, CHANG Y H, PAN B S, et al. Effects of phosphates on the pasting properties of rice flour from waxy and non-waxy varieties[J]. Journal of Texture Studies, 2011, 42(1): 31-41. DOI:10.1111/j.1745-4603.2010.00265.x.
- [21] K TENIOUDAKI A, O'SHEA N, GALLAGHER E. Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: brewer's spent grain and apple pomace[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(2): 362-368. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2012.12.005.
- [22] LI W H, BAI Y F, ZHANG Q, et al. Effects of potassium alum addition on physicochemical, pasting, thermal and gel texture properties of potato starch[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(8): 1621-1627. DOI:10.1111/j.1365-2621.2011.02663.x.
- [23] ALVIOLA J N, JONDIKO T O, AWIKA J M. Effect of strong gluten flour on quality of wheat tortillas fortified with cross-linked resistant starch[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2012, 36(1): 38-45. DOI:10.1111/j.1745-4549.2011.00549.x.
- [24] SUN Q J, XING Y, XIONG L. Effect of xylitol on wheat dough properties and bread characteristics[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2014, 49(4): 1159-1167. DOI:10.1111/ijfs.12412.
- [25] MUA J P, JACKSON D S. Relationships between functional attributes and molecular structures of amylose and amylopectin fractions from corn starch[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(10): 3848-3854.
- [26] ALAMRI M S, MOHAMED A A, HUSSAIN S, et al. Legume starches and okra (*Abelmoschus esculentus*) gum blends: pasting, thermal, and viscous properties[J]. Food Science and Technology Research, 2013, 19(3): 381-392.
- [27] NATAŠA N, MARIJANA S, ANAMARIJA M, et al. Rheological properties and mineral content of buckwheat enriched wholegrain wheat pasta[J]. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 2014, 20(1): 135-142. DOI:10.2298/CICEQ120801125N.
- [28] 吕俊丽, 张正茂, 梁灵. 水苏糖对面团流变学特性影响的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 12-14.

- [29] ELHASSANEEN Y A, ELHADY Y A A, MOHAMED N H. The use of gum arabic from acacia tree (*Acacia senegal*), a food additive to improve the nutritional and rheological properties of wheat flour dough[J]. Life Science Journal, 2014, 11(4): 385-393.
- [30] AHMAD M, BABA W N, WANI T A, et al. Effect of green tea powder on thermal, rheological & functional properties of wheat flour and physical, nutraceutical & sensory analysis of cookies[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(9): 5799-5807.
- [31] XU Y Y, HALL III C A, MANTHEY F A. Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough and on bread characteristics[J]. Journal of Food Research, 2014, 3(6): 83-91.
- [32] AHLUWALIA P, KAUR A, DHILLON G K. Effect of dried marigold flower powder as a source of natural color on rheological properties of flour[J]. International Journal of Food Nutrition and Safety, 2014, 5(2): 63-73.
- [33] PEČÍVOVÁ P, JUŘÍKOVÁ K, BUREŠOVÁ I, et al. The effect of pectin from apple and arabic gum from acacia tree on quality of wheat flour dough[J]. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2011, 59(6): 255-264.
- [34] TENG Y F, LIU C Y, BAI J, et al. Mixing, tensile and pasting properties of wheat flour mixed with raw and enzyme treated rice bran[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(5): 3014-3021. DOI:10.1007/s13197-014-1366-y.
- [35] TÖMÖSKÖZI S, GYENGE L, PELCÉDER Á, et al. Effects of flour and protein preparations from amaranth and quinoa seeds on the rheological properties of wheat-flour dough and bread crumb[J]. Czech Journal of Food Sciences, 2011, 29(2): 109-116.
- [36] ONYANGO C, UNBEHEND L, UNBEHEND G, et al. Rheological properties of wheat-maize dough and their relationship with the quality of bread treated with ascorbic acid and Malzperle Classic bread improver[J]. African Journal of Food Science, 2015, 9(2): 84-91. DOI:10.5897/AJFS2014.1238.
- [37] DHINDA F, LAKSHMI A J, PRAKASH J, et al. Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of high protein, high fibre and low carbohydrate bread[J]. Food and Bioprocess Technology, 2012, 5(8): 2998-3006. DOI:10.1007/s11947-011-0752-y.