

山药薏米芡实混合粉对小麦粉加工品质的影响

Effect of the mixed flour of Chinese yam, *Coix chinensis* Tod. and *Euryale ferox* on the processing quality of wheat flour

石晶红

郝水源

郭淑文

SHI Jing-hong HAO Shui-yuan GUO Shu-wen

(河套学院农学系, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

(Agronomy Inner Department of Hetao College, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China)

摘要:在小麦粉中加入山药、薏米、芡实混合粉,利用快速黏度分析仪、Mixolab 混合实验仪和质构仪分析不同添加量的混合粉对小麦粉糊化特性、面团热机械学特性以及对馒头质构特性的影响。结果表明:随着混合粉添加量的增加,小麦粉的糊化黏度、崩解值、回生值、糊化温度、糊化时间、面团吸水率、形成时间和稳定时间逐渐降低,蒸煮稳定性和蛋白质弱化度逐渐增大;馒头的硬度、咀嚼性显著增大($P < 0.05$),弹性先增大后减少,感官评价与质构仪测定结果一致。混合粉添加量为 10% 时,小麦粉的糊化特性最佳,馒头的品质最好。混合粉添加量、糊化特性、面团热机械学特性与馒头的质构特性显著相关($P < 0.05$),可通过面团热机械学特性和糊化特性对馒头的质构特性进行预测。

关键词:山药;薏米;芡实;面团热机械学特性;糊化特性;质构特性

Abstract: Chinese yam, *Coix chinensis* Tod. and *Euryale ferox* were added to wheat flour, the effect of mixed powder with different addition amount on the gelatinization characteristics, thermomechanical properties of dough and texture characteristics of steamed bread were analyzed by using rapid viscosity analyzer, Mixolab hybrid experiment instrument and texture analyzer. The results showed that as the amount of mixed powder added increased, The gelatinization viscosity, disintegration value, retrogradation value, gelatinization temperature, gelatinization time, dough water absorption, formation time and stability time of wheat flour gradually decreased, and cooking stability and protein weakening gradually increased. The hardness and chewiness of

steamed bread increased significantly ($P < 0.05$), and elasticity increased first and then decreased. The sensory evaluation was consistent with the results of the texture analyzer. When the added amount of mixed flour was 10%, the gelatinization properties of wheat flour were the best, and the quality of steamed bread was the best. The added amount of mixed powder, gelatinization properties, and dough thermomechanical properties were significantly related to the texture properties of steamed bread ($P < 0.05$). The texture properties of steamed bread could be predicted by the thermomechanical properties and gelatinization properties of the dough.

Keywords: Chinese yam; *Coix chinensis* Tod.; *Euryale ferox*; thermomechanical properties of dough; gelatinization characteristics; texture characteristics

山药又名淮山药、薯蓣,为薯蓣科薯蓣属植物,具有除寒邪气、补中、益气、长肌肉等功效。薏米又称薏苡,为禾本科薏苡属植物,其营养及药用价值极高^[1],具有利水渗湿、健脾止泻等功效。芡实又名鸡头米,为睡莲科芡属植物,具补脾除湿、益肾固精之功效,素有“水中桂圆”之称。薏米中所含的活性成分不仅具有降血糖、降血脂作用,还能增强机体的免疫功能^[2],而山药具有降血脂、降血糖和调节脾胃的作用^[3],两者均为补气健脾及治疗虚胖合并糖脂代谢异常之靶药^[4]。

山药、薏米和芡实都是营养价值很高的药食同源食品。近些年来,以山药、薏米和芡实为原料的食品层出不穷,主要包括粮油制品、乳制品、饮品、罐头和八宝粥等^[5-7]。熊孜等^[8]研究了山药米发糕的加工工艺。王琳等^[9]优化了山药韧性饼干的配方。秦跃奇等^[10]研究了芡实馒头制作工艺研究。江云涛^[11]优化了芡实饼干的工艺。陈岑等^[12]研究了不同比例的芡实粉对面包品质和淀粉体外消化率的影响。侯俐南^[13]研究了不同替代量薏米粉和不同粒径薏米粉对面团特性和馒头品质的影响。刘

基金项目:内蒙古自治区科技计划项目(编号:20200203);河套学院重点项目(编号:HYZZ201928)

作者简介:石晶红,女,河套学院副教授,硕士。

通信作者:郝水源(1975—),男,河套学院副教授。

E-mail: 573372663@qq.com

收稿日期:2020-10-08

壮^[14]研究了薏米全粉对小麦粉加工品质的影响。目前山药、薏米、芡实在粮油制品中的应用主要集中在配方和工艺研究上,中国尚未见关于山药、薏米和芡实混合粉对小麦粉面团及馒头品质影响的研究报道。试验拟将山药、薏米、芡实粉碎后添加到小麦粉中,考察不同比例的混合粉对小麦粉面团特性及馒头品质的影响,旨在为新型功能性馒头的开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

小麦粉:内蒙古恒丰食品工业股份有限公司;
薏米、淮山药(干)、芡实:市售;
高速中药粉碎机:QE-10A 型,武义县屹立工具有限公司;
混合实验仪:Mixolab2 型,法国肖邦公司;
快速黏度分析仪:Tecmaster 型,澳大利亚 Newport Scientific 公司;
电子天平:BSA323S 型,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;
恒温恒湿箱:HWS-080 型,上海精宏实验设备有限公司;
和面机:CS-B5A 型,广州市宏阳铸造有限公司;
质构仪:TX-XT Plus 型,Micro Systems, Scarsdale, NY, USA。

1.2 试验方法

1.2.1 山药、薏米、芡实混合粉的制备 将山药、薏米、芡实去除杂质,分别用粉碎机粉碎并过 100 目筛备用。再将薏米、山药、芡实按 $m_{\text{薏米}}:m_{\text{山药}}:m_{\text{芡实}}$ 为 1:1:1 的比例混合均匀,得到混合粉。

1.2.2 营养成分的测定

- (1) 水分:按 GB/T 5009.3—2016 执行。
- (2) 灰分:按 GB 5009.4—2016 执行。
- (3) 蛋白质:按 GB/T 5009.5—2016 执行。
- (4) 脂肪:按 GB 5009.6—2016 执行。
- (5) 湿面筋:按 GB/T 5506.2—2008 执行。

1.2.3 小麦粉糊化特性的测定 将混合粉与小麦粉混合均匀,混合粉添加量分别为 0%,10%,20%,30%,40%,采用快速黏度分析仪(RVA),依照 AACC76-21 的方法测定。

1.2.4 小麦粉面团热机械学特性的测定 将混合粉与小麦粉混合均匀,混合粉添加量分别为 0%,10%,20%,30%,40%,采用 Mixolab 混合实验仪测定小麦粉的各个指标^[15-16]。

1.2.5 馒头的制作方法 将称量好的原辅料搅拌均匀后,加 30℃的温水和面,用和面机和面 15 min 后,将面团放入恒温恒湿箱中发酵(温度为 30℃、相对湿度为 70%)。发酵结束后,将面团揉制成型后醒发 15 min。待水煮沸后,将馒头坯放入蒸锅中,蒸 20 min 即可。

1.2.6 馒头质构特性的测定 采用质构仪测定馒头的各个指标^[17]。试验前将冷却好的馒头切成厚度 20 mm 的均匀薄片,采用 P32 压盘式探头。测试条件:测前速度 2.00 mm/s,测试速度 5.00 mm/s;测后速度 5.00 mm/s;压缩程度 50%,触发力 5 g,压缩间隔时间 5 s。

1.2.7 感官评价 按 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》附录 A 馒头感官评价与品尝的方法,由 10 名评价者对混合粉馒头进行感官评价。

1.2.8 数据处理 所有试验处理进行 3 次重复,利用 SPSS 13.0 对所得到的数据进行方差分析及相关分析。

2 结果与分析

2.1 原料粉的营养成分

由表 1 可知,4 种原料粉中薏米粉的蛋白质、脂肪、灰分含量最高,山药、薏米和芡实粉中均不含湿面筋。

2.2 混合粉对小麦粉糊化特性的影响

RVA 试验结果显示,小麦粉的所有参数都是最高的,随着混合粉添加比例的增加,RVA 所有参数逐渐降低。添加混合粉降低了小麦粉糊化黏度和崩解值,与钟雅云等^[18]的研究一致。淀粉糊化特性不仅受淀粉结构和淀粉颗粒大小的影响^[19],也受蛋白质、多糖和脂类等成分的影响。高温处理后淀粉粒溶胀破裂,吸附在淀粉粒表面的蛋白质通过共价键或非共价键与淀粉相互作用,使小麦粉糊化黏度下降。此外,崩解值和回生值降低,可能是因为薏米和芡实中高含量的膳食纤维,不仅提高了淀粉的热稳定性,还抑制了淀粉氢键的重新排列,从而抑制了淀粉的老化^[14]。

当混合粉添加量为 10% 时,峰值黏度、谷值黏度、最终黏度、崩解值与纯小麦粉无显著差异,但回生值、糊化时间和糊化温度显著降低($P<0.05$)。表明混合粉淀粉

表 1 原料粉中的基本营养成分

Table 1 Basic nutritional composition of raw powder						%
原料粉	水分	灰分	蛋白质	脂肪	湿面筋	
小麦	10.57±0.42	1.10±0.02	12.20±0.11	0.57±0.04	29.30±0.25	
山药	7.29±0.13	0.33±0.05	8.72±0.10	0.75±0.06	—	
芡实	10.44±0.11	0.42±0.03	9.34±0.21	0.32±0.03	—	
薏米	12.28±0.15	1.87±0.04	13.83±0.22	3.34±0.12	—	

表 2 混合粉添加量对小麦粉糊化特性的影响[†]

Table 2 The effect of mixed flour addition on the gelatinization characteristics of wheat flour

混合粉添 加量/%	峰值黏度/cP	低谷黏度/cP	崩解值/cP	最终黏度/cP	回生值/cP	糊化时间/min	糊化温度/℃
0	1 310.31±17.18 ^a	876.67±10.81 ^a	433.33±3.25 ^a	1 726.67±5.80 ^a	850.33±4.53 ^a	5.90±0.03 ^a	87.85±0.05 ^a
10	1 297.33±22.18 ^a	865.00±19.08 ^a	432.00±3.00 ^a	1 694.67±21.50 ^a	829.67±4.04 ^b	5.75±0.11 ^b	84.53±0.06 ^b
20	1 182.00±21.70 ^b	786.00±14.53 ^b	406.00±3.45 ^b	1 558.33±23.54 ^b	772.33±9.01 ^c	5.67±0.00 ^b	82.38±0.44 ^c
30	1 067.00±9.00 ^c	689.33±6.03 ^c	378.33±3.06 ^c	1 424.33±16.62 ^c	734.67±10.97 ^d	5.49±0.08 ^c	81.30±0.05 ^d
40	1 037.33±12.34 ^d	697.00±10.00 ^c	342.00±2.00 ^d	1 408.67±23.03 ^c	713.00±13.45 ^e	5.40±0.07 ^c	80.38±0.08 ^e

† 同列小写字母不同表示数据间差异显著(P<0.05)。

颗粒具有较好的黏附性,在高温条件下其耐剪切能力和淀粉糊化的热稳定性未发生变化,但混合粉使小麦淀粉更易吸水、膨胀、糊化,淀粉分子通过氢键再缔合能力减弱,小麦粉的糊化特性最佳。

2.3 混合粉对小麦面团热机械学特性的影响

由表 3 可知,随着混合粉添加量的增加,稳定时间、形成时间、吸水率、C3—C4、C5—C4 逐渐减小,蛋白质弱化度、C4/C3 逐渐增大,C3 值先增大后减小。混合粉添加量为 10%~40%时,面团的稳定时间变化差异不显著,与刘壮^[14]的研究类似;混合粉添加量由 20%增加到 30%时,形成时间显著降低(P<0.05)。添加混合粉后面团吸水率下降,可能是山药、薏米和芡实中的蛋白吸水能力比面筋蛋白差导致的。稳定时间变化不大,可能是由于薏米和芡实中含有活性较高的脂肪氧化酶,其可以将小麦

粉中的巯基氧化成二硫键,从而强化了面筋蛋白的三维结构。此外,由于山药、薏米和芡实都不含湿面筋,混合粉的添加稀释了面筋蛋白的浓度,导致小麦粉面团的抗剪切能力降低,使得蛋白质弱化度增加。

试验结果表明,在小麦粉中添加适量混合粉可以增强小麦淀粉糊化热稳定性、抗剪切能力和烹煮稳定性,同时对淀粉回生有抑制作用。

2.4 混合粉对馒头质构特性的影响

在一定范围内,硬度和咀嚼性越小,面团越柔软,口感越好。由表 4 可知,馒头的硬度和咀嚼性随着混合粉添加比例的增大逐渐增大,弹性、内聚性先增大后减小,回复性逐渐减小。当混合粉添加量为 10%时,馒头的硬度、胶着性、咀嚼性和回复性低于对照,内聚性高于对照,但以上指标与对照均无显著差异。当混合粉添加量为

表 3 混合粉添加量对小麦面团热机械学特性的影响[†]

Table 3 The effect of mixed flour addition on thermomechanical properties of wheat dough

混合粉添 加量/%	稳定时间/ min	形成时间/min	吸水率/%	C1—C2/Nm	C3/Nm	C3—C4/Nm	C4/C3	C5—C4/Nm
0	8.95±0.11 ^a	5.61±0.29 ^a	62.30±0.10 ^a	0.51±0.01 ^d	1.81±0.02 ^b	0.13±0.01 ^a	0.93±0.01 ^d	1.11±0.04 ^a
10	5.83±0.08 ^b	4.00±0.10 ^b	60.03±0.15 ^b	0.62±0.00 ^c	1.85±0.01 ^a	0.11±0.00 ^b	0.94±0.00 ^c	1.06±0.01 ^b
20	5.61±0.13 ^b	3.60±0.30 ^b	59.37±0.11 ^c	0.67±0.03 ^b	1.79±0.01 ^c	0.09±0.00 ^c	0.95±0.00 ^b	1.05±0.00 ^{bc}
30	5.57±0.17 ^b	1.01±0.09 ^c	59.00±0.00 ^d	0.68±0.00 ^b	1.75±0.01 ^d	0.06±0.00 ^d	0.96±0.00 ^a	1.02±0.00 ^{cd}
40	5.51±0.19 ^b	0.84±0.01 ^c	58.63±0.06 ^e	0.72±0.03 ^a	1.71±0.00 ^e	0.06±0.02 ^d	0.97±0.01 ^a	1.00±0.00 ^d

† C1—C2 表示蛋白质弱化度;C3 表示峰值扭矩;C3—C4 表示淀粉糊化热稳定性;C4/C3 表示蒸煮特性;C5—C4 表示淀粉的回生特性;同列小写字母不同表示数据间差异显著(P<0.05)。

表 4 混合粉添加量对馒头质构特性的影响[†]

Table 4 The effect of mixed flour addition on the texture characteristics of steamed bread

混合粉添 加量/%	硬度/g	弹性	内聚性	胶着性/g	咀嚼性/g	回复性
0	2 743.25±121.13 ^d	0.95±0.01 ^b	0.86±0.02 ^a	2 365.90±127.00 ^c	2 248.25±135.82 ^d	0.47±0.01 ^a
10	2 707.53±78.24 ^d	0.98±0.02 ^a	0.87±0.02 ^a	2 329.39±63.93 ^c	2 286.47±56.18 ^d	0.46±0.00 ^a
20	4 451.11±183.49 ^c	0.96±0.02 ^{ab}	0.83±0.01 ^b	3 717.20±124.33 ^b	3 574.50±146.01 ^c	0.43±0.02 ^b
30	4 819.62±37.09 ^b	0.93±0.02 ^c	0.78±0.02 ^c	4 009.86±253.27 ^b	4 003.44±180.88 ^b	0.41±0.02 ^b
40	6 726.34±160.88 ^a	0.90±0.01 ^d	0.75±0.01 ^d	5 207.94±258.18 ^a	4 764.17±195.12 ^a	0.37±0.00 ^c

† 同列小写字母不同表示数据间差异显著(P<0.05)。

10%时,馒头的弹性最大且显著高于对照($P<0.05$),可能由于混合粉中的脂肪氧化酶促使二硫键的形成,二硫键的增加可以阻止面团加工品质的劣变^[14],因此馒头的弹性增加。当混合粉添加量 $>20\%$ 时,硬度、胶着性和咀嚼性显著增大,弹性、内聚性和回复性显著减少($P<0.05$),馒头品质变差。这是因为混合粉不仅对面筋蛋白起稀释作用,其所含的膳食纤维也阻碍了面筋网络的形成,导致面团的气室减小,面筋的弹性和延展性变差,馒头的硬度和咀嚼性增加^[20]。

2.5 混合粉对馒头感官品质的影响

添加混合粉后馒头的比容减小,色泽变暗,内部结构粗糙,气孔变小,黏弹性降低,与质构仪测定的结果一致。比容、内部结构、弹韧性降低,是因为添加混合粉后使面筋蛋白的含量降低,面筋的持气能力下降。混合粉添加

量为10%时馒头的品质与对照相比变化不大,具体结果见表5。

2.6 相关性分析

由表6可知,形成时间、稳定时间、吸水率、C3、C3—C4、C5—C4和糊化特性参数与馒头的硬度、胶着性和咀嚼性呈显著负相关($P<0.01$),与内聚性、回复性呈显著正相关($P<0.05$);弹性与C3、C3—C4、C5—C4和糊化特性参数呈显著正相关($P<0.05$),与稳定时间、吸水率、C1—C2无相关性。添加量与硬度、胶着性和咀嚼性呈极显著正相关($P<0.01$),与弹性、内聚性和回复性呈极显著负相关($P<0.01$)。

3 结论

山药、薏米、芡实混合粉的添加对小麦粉的糊化特性、面团热机械学特性及馒头的质构特性有显著影响。

表 5 混合粉添加量对馒头感官品质的影响

Table 5 The effect of mixed flour addition on the sensory quality of steamed bread

混合粉添加量/%	比容	高	表面光泽	表面结构	外观形状	内部结构	弹性	韧性	黏性	气味	总分
0	13.00	4.00	9.00	9.00	8.00	13.00	8.00	8.30	8.70	4.00	85.00
10	12.00	4.00	8.80	8.80	8.00	12.80	8.00	8.40	8.70	4.40	83.90
20	11.00	3.70	8.50	8.00	7.60	12.00	7.80	8.20	8.40	4.20	79.40
30	9.00	3.30	7.50	7.00	6.30	11.00	7.00	7.40	7.40	4.10	70.00
40	8.00	3.00	6.80	6.50	5.80	9.00	6.50	6.80	6.80	4.00	63.20

表 6 馒头质构特性与面团热机械学特性、糊化特性的相关性[†]

Table 6 Correlation between texture characteristics of steamed bread and thermal mechanical properties and gelatinization characteristics of dough

参数	硬度	弹性	内聚性	胶着性	咀嚼性	回复性
添加量	0.953 **	-0.701 **	-0.921 **	0.952 **	0.965 **	-0.951 **
形成时间	-0.855 **	0.794 **	0.940 **	-0.851 **	-0.875 **	0.858 **
稳定时间	-0.623 *	0.201	0.538 *	-0.647 *	-0.677 *	0.664 *
吸水率	-0.791 **	0.405	0.739 **	-0.830 **	-0.836 **	0.823 **
C1—C2	0.828 **	-0.436	-0.737 **	0.848 **	0.877 **	-0.818 **
C3	-0.878 **	0.888 **	0.875 **	-0.874 **	-0.861 **	0.800 **
C3—C4	-0.925 **	0.709 **	0.886 **	-0.938 **	-0.960 **	0.915 **
C4/C3	0.913 **	-0.682 *	-0.871 **	0.926 **	0.950 **	-0.911 **
C5—C4	-0.841 **	0.598 *	0.811 **	-0.845 **	-0.857 **	0.876 **
峰值黏度	-0.930 **	0.751 **	0.941 **	-0.936 **	-0.963 **	0.915 **
低谷黏度	-0.878 **	0.633 *	0.870 **	-0.898 **	-0.941 **	0.868 **
崩解值	-0.836 **	0.918 **	0.886 **	-0.811 **	-0.794 **	0.796 **
最终黏度	-0.912 **	0.710 **	0.923 **	-0.922 **	-0.958 **	0.899 **
回生值	-0.925 **	0.767 **	0.949 **	-0.923 **	-0.948 **	0.918 **
糊化时间	-0.885 **	0.671 *	0.863 **	-0.878 **	-0.899 **	0.920 **
糊化温度	-0.865 *	0.517 *	0.820 **	-0.875 **	-0.905 **	0.874 **

[†] C1—C2 表示蛋白质弱化度;C3 表示峰值扭矩;C3—C4 表示淀粉糊化热稳定性;C4/C3 表示蒸煮特性;C5—C4 表示淀粉的回生特性;* 表示 $P<0.05$; ** 表示 $P<0.01$ 。

随着混合粉添加量的增加,小麦粉的糊化黏度、崩解值、回生值、糊化温度、糊化时间、面团吸水率、形成时间和稳定时间逐渐降低,蛋白质弱化度和蒸煮稳定性逐渐增大;馒头的硬度和咀嚼性显著增大($P<0.05$),弹性先增大后减少,感官评价与质构仪测定结果一致。除弹性与稳定时间、吸水率、C1—C2 无相关性外,馒头的质构特性与面团热机械学特性、糊化特性显著相关($P<0.05$)。添加量与 C1—C2、C4/C3、硬度、胶着性和咀嚼性呈极显著正相关($P<0.01$),与其他参数呈极显著负相关($P<0.01$)。可通过混合粉面团热机械学特性、糊化特性对馒头的质构特性进行预测。当混合粉添加量为 10% 时,小麦粉的糊化特性最佳,馒头的品质最好。但山药和芡实对小麦粉加工品质的影响,还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 汪开治. 国外科技简讯[J]. 植物杂志, 2004(1): 48.
- [2] 毕天琛, 杨国宁, 马海春. 中药薏苡仁化学成分及药理活性研究进展[J]. 海峡药学, 2019, 31(11): 52-56.
- [3] 陈梦雨, 刘伟, 俞桂新, 等. 山药化学成分与药理活性研究进展[J]. 中医学报, 2020, 48(2): 62-66.
- [4] 顾成娟, 王涵, 朴春丽. 生薏苡仁、茯苓、山药治疗虚胖经验: 全小林三味小方撷萃[J]. 吉林中医药, 2020, 40(6): 712-714.
- [5] 徐子妍, 董凯旋, 苏亚东, 等. 山药的营养功效及加工利用研究进展[J]. 中国果菜, 2019, 39(8): 52-57.
- [6] 林红强, 王涵, 谭静, 等. 药食两用中药-芡实的研究进展[J]. 特产研究, 2019(2): 118-124.
- [7] 付荣霞, 高桂彬, 崔艳, 等. 山药薏米芡实褐色酸奶生产工艺研究[J]. 中国食物与营养, 2019, 25(8): 53-56.
- [8] 熊孜, 乔宇, 程薇, 等. 山药米发糕的加工工艺研究[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(24): 4 847-4 853.

- [9] 王琳, 熊双丽, 李安林. 响应面—主成分分析法优化山药韧性饼干配方[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 212-218, 226.
- [10] 秦跃奇, 高海燕, 孟可心, 等. 芡实馒头制作工艺研究[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2019, 47(6): 37-43.
- [11] 江云海. 芡实饼干研制及其工艺优化[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(1): 46-50.
- [12] 陈岑, 杨雯, 蔡国子, 等. 芡实粉对面包品质及淀粉消化性的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(12): 179-185.
- [13] 侯俐南. 薏米粉理化特性及其对面团特性和馒头品质的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2017: 26-46.
- [14] 刘壮. 薏米全粉对小麦粉加工品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(20): 99-103.
- [15] ŠVEC I, HRUŠKOVÁ M. The mixolab parameters of composite wheat/hemp flour and their relation to quality features[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 60(1): 623-629.
- [16] TORBICA A, DRAOVI M, TOMI J, et al. Utilization of mixolab for assessment of durum wheat quality dependent on climatic factors[J]. Journal of Cereal Science, 2016, 69: 344-350.
- [17] 姬成宇, 石媛媛, 李梦琴, 等. 抗冻蛋白对预发酵冷冻面团发酵流变特性和馒头品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(4): 68-72.
- [18] 钟雅云, 吴磊燕, 周锦枫, 等. 藜麦粉对冷冻面团特性及其面包品质的影响[J]. 现代食品科技, 2019, 35(12): 112-121.
- [19] 何兆位, 刘雄, 赵天天, 等. 紫薯粉对面包粉流变学及糊化特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(8): 6-9.
- [20] 崔丽琴, 崔素萍, 马平, 等. 豆渣粉对小麦面团、馒头质构特性及馒头品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(5): 85-88.

(上接第 142 页)

- [22] WATANABE E, TAMADA Y, HAMADA-SATO N. Development of quality evaluation sensor for fish freshness control based on KI value [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2005, 21(3): 534-538.
- [23] 宋永令, 罗永康, 张丽娜, 等. 不同温度贮藏期间团头鲂品质的变化规律[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(4): 104-110.
- [24] 管晓, 饶立, 刘静, 等. 结合数据融合技术与近红外光谱的休闲苹果脆片综合品质评价[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 45-49.
- [25] 吴依蒙, 陈舜胜, 今野久仁彦. 牙鲜在保藏过程中影响 ATP 关联化合物降解的因素[J]. 水产学报, 2016, 40(7): 1 114-1 122.
- [26] WATABE S, USHIO H, IWAMOTO M, et al. Temperature-dependency of rigor-mortis of fish muscle: Myofibrillar Mg^{2+} -ATPase activity and Ca^{2+} uptake by sarcoplasmic re-

- ticulum[J]. Journal of Food Science, 1989, 54(12): 1 107-1 109, 1 115.
- [27] 杨文鸽, 薛长湖, 徐大伦, 等. 大黄鱼冰藏期间 ATP 关联物含量变化及其鲜度评价[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 217-222.
- [28] SONGSAENG S, SOPHANODORA P, KAEWSRI-THONG J, et al. Quality changes in oyster (*Crassostrea belcheri*) during frozen storage as affected by freezing and antioxidant[J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 286-290.
- [29] 宋雪, 邱伟强, 陈舜胜, 等. 冷藏条件下蟹肉中 ATP 关联产物含量变化及其降解途径的探究[J]. 食品工业科技, 2015, 37(12): 334-338.
- [30] 李凯风, 罗永康, 冯启超, 等. 鱼鳞蛋白酶解物为基料的涂膜剂对鲫的保鲜效果[J]. 水产学报, 2011, 35(7): 1 113-1 119.
- [31] 蒋晨毓, 邱伟强, 贡三月, 等. ATP 关联化合物在鱼类贮藏过程中的降解规律[J]. 水产学报, 2018, 42(6): 3-7.