

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.01.014

常柳, 段晓亮, 洪宇, 等. 添加麦芽粉和抗坏血酸对面包烘焙品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(1): 103-109.

CHANG L, DUAN X L, HONG Y, et al. Effects of malt flour and ascorbic acid additions on bread baking quality[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(1): 103-109.

添加麦芽粉和抗坏血酸对 面包烘焙品质的影响

常柳, 段晓亮, 洪宇, 邢晓婷, 周桂英, 孙辉✉

(国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘要: 研究添加麦芽粉和抗坏血酸对面包烘焙品质的影响。以河南和山东 2 个小麦主要生产省的 29 个代表性品种样品为材料, 用布勒实验磨制粉后, 在面包基础配方上设置添加组和未添加组, 研究添加麦芽粉和抗坏血酸后面包感官评分、质构及 C-Cell 图像分析变化。结果表明, 添加麦芽粉和抗坏血酸后, 可明显提高面包体积、体积评分、外观评分和最终综合评分, 使面包冠变大, 颈变明显; 对面包芯色泽、质地和纹理的改善作用不明显。质构分析中面包的硬度和韧性均明显减小, 衰减比例无明显变化。C-Cell 指标中的面包切片面积、切片周长、气孔数量、平均气孔密度值均明显增大, 切片亮度和气孔直径明显降低。仪器评价指标与面包感官评价中部分参数存在相关关系。

关键词: 麦芽粉; 抗坏血酸; 面包; 质构; C-Cell 图像分析

中图分类号: S512.1; TS213.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)01-0103-07

Effects of Malt Flour and Ascorbic Acid Additions on Bread Baking Quality

CHANG Liu, DUAN Xiao-liang, HONG Yu, XING Xiao-ting, ZHOU Gui-ying, SUN Hui✉

(Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: To study the effect of malt flour and ascorbic acid addition on the quality of bread baking, the sensory score, texture and c-cell product image changes of the breads with malt flour and ascorbic acid addition were studied by using 29 representative samples from two major wheat producing provinces of henan and shandong. The results showed that, the volume, the volume score, the appearance score and the final comprehensive score of bread were significantly improved after the addition of malt flour and ascorbic acid. The bread crown became larger and the neck became more prominent; however, the color, texture and texture structure of bread scores changes were not obvious. In the analysis of texture, the hardness and toughness decreased significantly, the attenuation ratio did not change obviously. The slice area, slice circumference, cell number and cell density of bread increased significantly in the analysis of c-cell results. The slice brightness and cell diameter of the slices decreased significantly. There is a correlation between the

收稿日期: 2020-04-23

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (180008)

Supported by: Fundamental Research Funds of non-profit Central Institutes (No.180008)

作者简介: 常柳, 女, 1983 年出生, 硕士, 助理研究员, 研究方向粮食品质研究。E-mail: cl@ags.ac.cn.

通讯作者: 孙辉, 女, 1971 年出生, 博士, 研究员, 研究方向粮食品质与标准化研究。E-mail: sh@ags.ac.cn.

instrument evaluation index and some parameters in the bread sensory evaluation.

Key words: malt flour; ascorbic acid; bread; texture; C-Cell image analysis

面包是一种营养丰富、组织蓬松、易于消化吸收、食用方便的食物，深受广大消费者喜爱^[1]。而在面包生产中添加剂的使用非常普遍，目前主要应用的添加剂有蚕豆粉、麦芽粉、真菌淀粉酶、面筋粉、抗坏血酸、乳化剂、酶制剂等。目前国内学者对不同添加剂的研究报道很多。张国强指出蚕豆粉在一定程度上改善面团的水合力，提高面团的强度，面包坯起个，允差性能好，还可以克服未经熟化的面粉在静止中出现的误差，制出的面包体积较大，颜色白，但最大添加量为 2%^[2]。添加麦芽粉或 α -淀粉酶，可以增大面包体积，使面包松软，抗老化能力强，面包颜色和风味得到改善，添加量在 0.1%~0.2%^[3-7]。添加适量抗坏血酸可以增大面包的体积，降低面包的硬度、胶着性和咀嚼性，有效延缓面包的老化^[8]；但齐林娟等^[9]研究表明添加维生素 C 可使强筋品种师栾 02-1 和中筋品种矮抗 58 的面包体积有显著改良作用，但对面包外观、面包芯色泽、面包芯质地和面包芯纹理结构均没有影响。张俊凯研究了不同比例的葡萄糖氧化酶、真菌 α -淀粉酶、脂肪酶和单硬脂酸甘油酯 4 种添加剂于面包配方中，发现复合添加剂对面包质量以及老化作用影响显著，能保证面包色彩鲜明，面包芯更有弹性，口感更好^[10]。

目前实施的关于面包烘焙的国标方法（直接发酵法和快速烘焙法）中用到的添加剂主要是麦芽粉和抗坏血酸，在相关文献中，也仅是单独对抗坏血酸或麦芽粉进行研究，所以本研究收集小麦主产区的中强筋小麦品种，按照快速烘焙法面包基础配方表，设置添加组（加麦芽粉和抗坏血酸）和未添加组（不加麦芽粉和抗坏血酸），通过对面包进行感官评价、质构、C-Cell 分析，综合分析同时添加麦芽粉和抗坏血酸两种添加剂对面包烘焙品质的影响，为麦芽粉和抗坏血酸在面包工业中的应用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

收集了河南和山东 2 个小麦主要生产省的 29

种代表性品种样品。其中山东省的品种样品：山农 111、济麦 44、藁优 5766、济南 17、山农 25、济麦 229、石优 4366、晋麦 95、济麦 22、科农 2009、泰科麦 33、师栾 02-1、藁优 2018，共 13 个品种。河南省品种样品：周麦 32、西农 529、淮麦 40、安科 157、中麦 578、瑞华麦 518、徐麦 36、周麦 36、郑麦 158、周麦 18、新麦 26、西农 511、郑麦 366、郑麦 119、郑麦 7698、涡麦 9 号，共 16 个品种。

1.2 试验仪器和试剂

布勒全自动型实验磨粉机，型号 MLU-202：瑞士布勒公司；Swanson 针式和面机和压片机，型号 National mfg.co、体积测定仪：美国 National 公司；醒发箱，型号 JXFD7、旋转烤炉，型号 JKLZ4：北京东孚久恒仪器技术有限公司；面包切片机，旋转盘式无锯齿切片机：美国 Graef 公司；C-Cell 图像分析仪，型号 cc.200.06：英国 Calibre Control International Ltd.；物性仪，型号 TA-XT.PLUS：英国 SMS 公司。

白砂糖：太古糖业（中国）有限公司上海分公司；起酥油：安佳（Anchor）；即发干酵母：安琪酵母高活性干酵母；盐：中盐烹调海盐；麦芽粉：自制；抗坏血酸（食品级）：北京鸿瑞嘉盛商贸有限公司；水：实验室用纯净水。

1.3 实验方法

1.3.1 制粉

按照 NY/T1094.2—2006 方法，用瑞士布勒实验磨制粉。磨制的小麦粉室温放置一个月备用。

1.3.2 品质指标测试

灰分测定：按照 GB5009.4—2006 方法。

降落数值测定：按照 GB/T10361—2008 方法。

湿面筋含量测定：按照 GB/T 5506.2—2008 方法。

面筋指数测定：按照 LS/T 6102—1995 方法。

粉质特性测定：按照 GB/T 14614—2019 方法。

拉伸特性测定：按照 GB/T 14615—2019 方法。

1.3.3 面包制作配方

添加组：200 g 面包粉，其他配料按表 1 配比

添加；未添加组：200 g 面包粉，除不添加麦芽粉和 1% 抗坏血酸溶液，其他配料按表 1 配比添加。

1.3.4 面包制作及感官评价

采用快速发酵法，工艺参数及具体操作过程，参考 GB/T 35869—2018^[11]。按照 GB/T 35869—2018 附录 A 进行面包烘焙品质评分。

1.3.5 面包仪器评价

质构特性测试：参考 AACC74-09 方法^[12]，面

包冷却 18 h 后，切取面包中心部位 25 mm 的面包芯，采用 TA-XT.plus 物性仪的 SMS/36R 探头对硬度、韧性和衰减比率等参数进行分析。参数：测试前速度：1.0 mm/s；测试速度 0.17 mm/s；测试后速度：10.0 mm/s；压缩深度：7.0 mm；保持时间：60 s。

纹理测试：采用 C-Cell 图像分析仪对切片亮度、气孔数量、粗细气孔比等纹理特性分析，参考孙辉等方法^[13]。

表 1 面包基础配方
Table 1 Bread basic recipe

项目	糖/g	起酥油/g	即发干酵母/g	盐/g	麦芽粉/g	1%抗坏血酸溶液/mL	水
每 100 g 小麦粉所需配料添加量	6.0	3.0	2.7	1.5	0.2	1.0	适量

1.3.6 统计分析

运用 Excel 和 SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) 软件进行统计分析。计量资料采用 $(\bar{X} \pm SD)$ 进行统计描述，正态性检验采用单样本 *K-S* 拟合优度法，两组均数的比较采用配对 *t* 检验。采用 *Pearson* 相关分析探讨仪器评价指标与面包感官评分的相关性。

统计分析取双侧检验，显著性检验水准取 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 供试材料的品质指标分析

供试材料的品质概况见表 2。所有参试样品的小麦粉降落数值均大于 300 s，灰分介于 0.33%~0.53% 之间。按 GB/T17320—2013《小麦品种品质分类》中品质指标要求范围看，山农 111、济麦 44、藁优 5766、济南 17、山农 25、济麦 229、科农 2009、泰科麦 33、师栾 02-1、藁优 2018、周麦 32、中麦 578、新麦 26、郑麦 7698 等 14 份样品的湿面筋含量大于 30.0%，吸水率大于 60.0%，稳定时间大于 8.0 min，最大拉伸阻力大于 350 EU，能量大于 90 cm²，为强筋品种；晋麦 95、西农 529、安科 157、郑麦 158、郑麦 366、郑麦 119 等 6 份样品的湿面筋含量大于 28.0%，吸水率大于 58.0%，稳定时间大于 6.0 min，最大拉伸阻力大于 300 EU，能量大于 65 cm²，为中强

筋品种；石优 4366、淮麦 40、周麦 36、西农 511、涡麦 9 号等 5 份样品的湿面筋含量大于 26.0%，吸水率大于 56.0%，稳定时间大于 3.0 min，最大拉伸阻力大于 200 EU，能量大于 50 cm²，为中筋品种；济麦 22、周麦 18、瑞华麦 518、徐麦 36 等 4 份样品由于粉质吸水率、稳定时间不在指标范围内，列为其他类，可能是由于种植环境、管理方式、气候的原因导致。

2.2 添加麦芽粉和抗坏血酸对面包感官评分的影响

添加组和未添加组的面包感官评分统计结果见表 3。同时添加麦芽粉和抗坏血酸后，面包体积、体积评分、外观评分和最终综合评分均高于未添加组，差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。主要表现在面包的体积平均增大了 70 mL，面包体积评分提高 4 分。面包冠变大，颈变明显。而面包芯色泽、质地和纹理结构与未添加组无统计学差异。抗坏血酸是一种抗氧化剂，添加到面团中后，会成为活跃的氧化剂，可改善面团的物理特性，加速面团的熟化，增强韧性，降低粘性，使面包坯圆挺起个，允差性好，发酵时间较长时，可以阻碍解肌酵素作用，使面包坯具有良好的外观和持气能力，烘烤后面包体积更大，面包瓤稍白，对风味无影响^[2]。麦芽粉中不仅含有大量的 α -淀粉酶，而且还含有少量的 β -淀粉酶和蛋白酶等。

表 2 供试材料的品质指标概况

Table 2 Overview of the quality indicators of the test materials

样品	灰分/%	降落数值/s	湿面筋含量/%	面筋指数	粉质参数		拉伸参数 (135 min)		
					吸水量	500 FU/%	稳定时间/min	能量/cm ²	延伸性/mm
山农 111	0.37	458	30.6	92	63.6	13.7	106	137	576
济麦 44	0.43	406	31.7	99	63.7	32.8	161	151	852
冀优 5766	0.39	387	30.8	98	67.2	35.5	124	168	552
济南 17	0.42	411	34.7	95	67.8	10.1	100	177	428
山农 25	0.41	452	30.2	89	63.0	8.5	91	160	426
济麦 229	0.47	431	30.6	99	61.0	53.6	162	167	762
石优 4366	0.34	416	27.7	89	61.7	12.0	79	179	318
晋麦 95	0.37	448	32.1	87	63.3	6.0	79	179	318
济麦 22	0.38	373	35.1	43	65.5	2.5	54	172	217
科农 2009	0.33	368	34.0	94	64.2	15.9	117	179	488
泰科麦 33	0.35	356	32.4	96	63.4	17.1	118	172	516
师栾 02-1	0.41	359	33.2	97	62.0	40.3	161	189	674
冀优 2018	0.38	462	31.7	96	59.9	16.4	116	145	608
周麦 32	0.38	435	33.8	87	59.5	13.4	109	159	522
西农 529	0.42	371	28.7	95	59.4	15.5	119	146	626
淮麦 40	0.41	385	28.7	77	64.0	7.2	50	110	331
安科 157	0.41	472	28.9	92	66.7	11.6	89	136	484
中麦 578	0.35	454	31.6	94	62.8	19.0	108	162	518
瑞华麦 518	0.42	386	26.3	82	55.1	6.7	54	99	388
徐麦 36	0.41	384	26.3	85	53.9	5.0	55	104	375
周麦 36	0.44	423	33.8	78	57.8	10.1	86	126	498
郑麦 158	0.35	401	28.7	93	62.8	14.6	133	148	685
周麦 18	0.53	387	35.8	63	61.1	2.5	54	167	216
新麦 26	0.43	467	31.3	99	68.3	51.3	188	174	803
西农 511	0.52	394	27.8	93	58.5	9.3	108	179	445
郑麦 366	0.44	426	33.1	88	68.1	7.9	108	179	445
郑麦 119	0.42	430	34.5	92	67.9	6.8	104	183	414
郑麦 7698	0.43	403	32.8	79	61.8	12.6	120	162	573
涡麦 9 号	0.39	516	30.4	97	60.9	6.3	57	114	359

表 3 添加组和未添加组的面包品质变化

Table 3 Bread quality changes of the added group and the non-added group

评价指标	添加组(n=29)	未添加组(n=29)	t 值	P 值
面包体积/mL	916.00±75.98	830.00±69.65	9.19	<0.001
面包体积评分/分	43.00±3.69	39.00±5.00	6.00	<0.001
面包外观/分	4.00±0.97	3.40±0.99	4.65	<0.001
面包芯色泽/分	4.80±0.38	4.70±0.77	1.72	0.096
面包芯质地/分	6.80±2.04	6.40±2.10	1.95	0.062
面包芯纹理结构/分	28.00±8.00	28.00±6.30	0.54	0.594
面包综合评分/分	86.00±14.20	82.00±13.81	3.38	0.002

添加适量的麦芽粉,可补充面粉中 α -淀粉酶量的不足。 α -淀粉酶直接作用于损伤淀粉,改善淀粉的持水性能而降低面团的粘性,生成的糊精改善面包芯组织和可压缩性,与 β -淀粉酶联合作用能迅速将淀粉水解成麦芽糖和少量的葡萄糖,能持续的供酵母菌作用产生气体,改善面包的质量^[4-5]。实验表明:当麦芽粉和抗坏血酸同时添加时,两种添加剂均能很好发挥作用。

2.3 添加麦芽粉和抗坏血酸对面包质构的影响

质构分析中,硬度、韧性主要影响面包芯的质地,硬度越小、韧性越大,面包芯质地评分越高。松弛弹性比率则反应面包的老化程度,值越大,面包弹性越好,越不易老化,品质也越好^[14]。如图 1,在样品形变过程中,在 6.25 mm 处感受到的载荷数值作为样品的硬度;阴影部分的积分面积为韧性,表示的是将样品挤压到设定距离过程中的能量消耗;松弛弹性比率表示的是样品保持该形变期间,时间终点的载荷和时间起点的载荷的百分比,反映样品此时的松弛弹性状态。

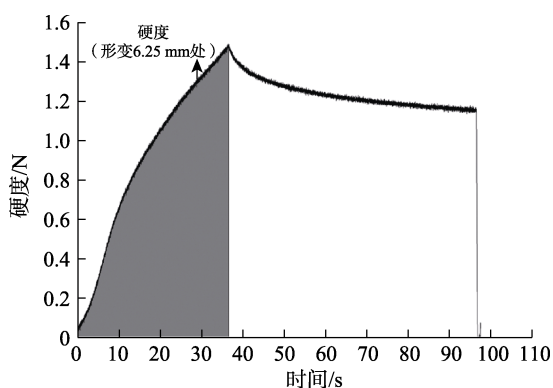


图 1 面包质构曲线示意图

Fig. 1 Schematic diagram of bread texture curve

添加组和未添加组的面包质构特性测试结果见表 4。同时添加麦芽粉和抗坏血酸,面包的硬度和韧性均低于未添加组,且差异具有统计学意义($P<0.007$ 、 $P<0.008$),松弛弹性比率与未添加组无统计学差异($P<0.085$)。研究表明,适量的抗坏血酸可以降低面包的硬度、胶着性和咀嚼性^[8],适量的麦芽粉可以降低面包的硬度、咀嚼性和胶黏性^[15]。实验结果显示,同时添加抗坏血酸和麦

芽粉,在面包硬度上,均能很好的发挥作用,使面包芯质地柔软;在面包韧性上,会彼此发生抑制作用,使面包芯弹性变差;对面包的老化程度发挥作用不明显。

表 4 添加组和未添加组的质构分析结果
Table 4 Texture analysis results of the added group and the unadded group

评价指标	添加组(n=29)	未添加组(n=29)	t 值	P 值
硬度/N	2.02±0.70	2.28±0.79	2.88	0.008
韧性/mJ	9.31±3.28	10.54±3.48	2.84	0.008
松弛弹性比率/%	73.24±8.27	75.29±2.38	1.78	0.085

2.4 添加麦芽粉和抗坏血酸对面包内部纹理的影响

添加组和未添加组的面包纹理测试结果见表 5。C-Cell 研究表明,面包瓤部暗淡的样品亮度值低,气孔大或者深的样品则由于会产生较大的阴影,亮度值亦低。气孔对比度是气孔平均亮度和气孔壁平均亮度的比值,对比度高表明气孔浅、气孔壁薄、产品光泽度好^[16]。同时添加麦粉和抗坏血酸后,面包的切片面积、切片周长、气孔数量、平均气孔密度均高于未添加组,且差异具有统计学意义,证实了两种添加剂的使用可以有效增大面包体积。切片的亮度值和气孔直径均低于未添加组,差异有统计学意义。气孔对比度、气孔壁厚、粗细气孔比、粗气孔体积、平均气孔延长长度与未添加组无统计学差异。

表 5 添加组和未添加组的内部纹理结果分析
Table 5 Analysis of internal texture results of the added group and the unadded one

评价指标	添加组(n=29)	未添加组(n=29)	t 值	P 值
面包切片面积/mm ²	276 210±25 793	270 590±22 484	2.219	0.035
切片周长/mm	1 979±103	1 939±91	3.866	0.001
切片亮度	146±3	159±6	13.584	<0.001
气孔对比度	0.77±0.02	0.77±0.02	1.638	0.113
气孔数量/个	3 050±354	2 820±404	3.219	0.003
壁厚/mm	3.34±0.12	3.40±0.16	1.883	0.070
气孔直径/mm	15.91±1.31	16.66±1.35	2.530	0.017
粗细气孔比	0.08±0.01	0.08±0.01	1.875	0.071
粗气孔体积/mm ³	10.25±1.00	10.67±1.14	1.756	0.090
平均气孔延长长度	1.83±0.08	1.83±0.08	0.304	0.763
平均气孔密度	0.011±0.001	0.010±0.001	2.575	0.016

切片的亮度变暗, 原因可能是两种添加剂同时加入不能改善面包切片的亮度, 也可能是由于面包切片中气孔的大小和深浅导致的。虽然气孔直径变小, 但气孔壁厚、气孔对比度等一系列指标无变化, 结果导致面包感官评价中内部纹理的评分值没有差异。

2.5 仪器评价指标与面包感观评分的相关性分析

将仪器评价指标与面包感观评分做了相关性分析, 结果见表 6。其中质构指标中的硬度、韧性分别与面包芯质地和面包总分呈负相关关系。松弛弹性比率与面包芯质地和面包总分无相关关系。这与楚炎沛对硬度与面包评分的研究结果一致^[17]。

表 6 仪器评价指标与面包感观评分的相关性分析
Table 6 Correlation analysis between instrument evaluation indicators and bread sensory score

仪器指标	面包体积评分		面包芯质地		面包芯纹理		面包总分	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
硬度	-	-	-0.856**	<0.001	-	-	-0.823**	<0.001
韧性	-	-	-0.823**	<0.001	-	-	-0.787**	<0.001
松弛弹性比率	-	-	0.041	0.756	-	-	0.026	0.846
面包切片面积	0.710**	<0.001	-	-	0.524**	<0.001	0.675**	<0.001
切片周长	0.742**	<0.001	-	-	0.502**	<0.001	0.673**	<0.001
切片亮度	-0.165	0.207	-	-	0.370**	0.004	0.181	0.167
气孔对比度	0.216	0.098	-	-	0.530**	<0.001	0.451**	<0.001
气孔数量	0.653**	<0.001	-	-	0.543**	<0.001	0.670**	<0.001
壁厚	-0.372**	0.003	-	-	-0.386**	0.002	-0.438**	<0.001
气孔直径	-0.041	0.758	-	-	-0.070	0.596	-0.075	0.568
粗细气孔比	0.022	0.865	-	-	-0.054	0.681	-0.034	0.794
粗气孔体积	-0.021	0.876	-	-	-0.140	0.287	-0.109	0.406
平均气孔延长度	0.140	0.285	-	-	0.392**	0.002	0.337**	0.009
平均气孔密度	0.264*	0.042	-	-	0.270*	0.037	0.317*	0.014

注: *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$ 。

C-Cell 指标中的切片面积、周长、气孔数量、平均气孔密度分别与面包体积评分、面包芯纹理、面包总分呈正相关关系; 气孔对比度、平均气孔延长度与面包芯纹理和面包总分呈正相关关系; 切片亮度仅与面包芯纹理呈极显著正相关; 壁厚与面包体积分、面包芯纹理、面包总分呈负相关关系; 气孔直径、粗细气孔比、粗气孔体积与面包体积分、面包芯纹理、面包总分均无相关关系。与白兴梁的研究结果^[18] (面包感观评分与气孔的数量、气孔的直径呈正相关, 与切片亮度和气孔的面积呈负相关) 存在不一致。造成此结果的原因可能由于评分标准的差异、切片的厚度不同导致。

3 结论

添加麦芽粉和抗坏血酸后, 可明显提高面包

体积、体积评分、外观评分和面包的最终综合评分, 使面包冠变大, 颈变明显。对面包芯色泽、质地和纹理的改善作用不明显。

添加麦芽粉和抗坏血酸后, 面包的硬度和韧性均明显减小, 松弛弹性比率无明显变化。

添加麦芽粉和抗坏血酸后, 可明显提高面包的切片面积、切片周长、气孔数量、平均气孔密度值, 但切片的亮度值和气孔直径均明显降低。气孔对比度、气孔壁厚、粗细气孔比、粗气孔体积、平均气孔延长度无明显变化。

质构指标中的硬度、韧性与面包芯质地和面包总分呈负相关关系。C-Cell 指标中的切片面积、周长、气孔数量、平均气孔密度、气孔对比度、平均气孔延长度、壁厚与面包体积评分、面包芯纹理、面包总分有相关关系。

参考文献:

- [1] BOJNANSKA T, MOCKO K. Bread-making quality of Slovak and Serbian wheat varieties[J]. *Journal of Microbiology Biotechnology & Food Sciences*, 2018, 4(3): 190-194.
- [2] 张国强. 介绍几种面包添加剂[J]. *粮食加工*, 1993, 18(2): 25-26.
ZHANG G Q. Introduce several bread additives[J]. *Grain Processing*, 1993, 18(2): 25-26.
- [3] 洪蓉茂. 添加 α -淀粉酶对面包品质的影响[J]. *成都大学学报自然科学版*, 1990, (1): 35-39.
HONG R M. The additive of α -amylase to the influence of the propertice of bread[J]. *Journal of Chengdu University Natural Science Edition*, 1990, (1): 35-39.
- [4] 邵秀芝, 郭利美. 麦芽粉对面团流变学特性和面包质量的影响[J]. *山东轻工业学院学报*, 1997, 11(4): 57-60.
SHAO X Z, GUO L M. Effects of malt flour on rheological properties of dough and bread quality[J]. *Journal of Shan Dong Institute of Light Industry*, 1997, 11(4): 57-60.
- [5] 孙晓云, 王小生. α -淀粉酶对面包品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2005, 26(11): 65-67.
SUN X Y, WANG X S. Effect of α -amylase on bread quality[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2005, 26(11): 65-67.
- [6] 张剑, 李梦琴, 艾志录, 等. 小麦芽粉的应用对面包品质影响的研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2005, (12): 8-9, 12.
ZHANG J, LI M Q, AI Z L, et al. Application and effect of malt flour on bread quality[J]. *Cereal&Feed Industry*, 2005, (12): 8-9+12.
- [7] 张帅, 刘永, 黄广磊. α -淀粉酶对面包品质的改良[J]. *中国酿造*, 2008, (3): 42-43.
ZHANG S, LIU Y, HUANG G L. Study on improvement of α -amylase on bread quality[J]. *China Brewing*, 2008, (3): 42-43.
- [8] 李丽杰. L-抗坏血酸对面包的抗老化作用研究[J]. *内蒙古农业大学学报*, 2013, 34(2): 100-103.
LI L J. Study on anti-staling effect of L-ascorbic acid to bread[J]. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 2013, 34(2): 100-103.
- [9] 齐琳娟, 陶海腾, 王步军. 维生素C对面包烘焙品质及面团特性的影响[J]. *麦类作物学报*, 2012, 32(5): 955-959.
QI L J, TAO H T, WANG B J. Effect of adding Vc on baking quality and dough properties of wheat flour[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2012, 32(5): 955-959.
- [10] 张俊凯. 添加剂对面包品质产生的影响分析[J]. *现代食品*, 2017, (14): 84-86.
- ZHANG J K. Analysis on the effect of additives on bread quality[J]. *Modern Food*, 2017, (14): 84-86.
- [11] 粮油检验小麦粉面包烘焙品质评价快速烘焙法: GB/T35869[S]. 中华人民共和国: 中国标准出版社, 2018.
Inspection of grain and oils- Bread-baking quality evaluation of wheat flour- Rapid-baking test: GB/T35869[S]. China: Standards Press of China, 2018.
- [12] Measurement of Bread Firmness by Universal Testing Machine: AACC74-09[S]. USA: American Association of Cereal Chemists, 2004.
- [13] 孙辉, YAN S P, MACRITCHIE F. 利用图像分析技术评价发酵面食品品质的研究[J]. *河南工业大学学报*, 2011, 32 (4): 59-67.
SUN H, YAN S P, MACRITCHIE F. Study on the quality evaluation of fermented wheaten food by image analyzing technology[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2011, 32 (4): 59-67.
- [14] 方秀丽, 常柳, 段晓亮, 等. 马铃薯泥对面团及面包品质的影响[J]. *粮油食品科技*, 2020, 28(2): 73-78.
FANG X L, CHANG L, DUAN X L, et al. The effects of potato mud on the dough and the quality of bread[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2020, 28(2): 73-78.
- [15] 雷爱秋, 刘晓艳, 高听明. 几种添加剂对面包质构的影响[J]. *食品工业科技*, 2008, 29 (11): 229-231.
LEI A Q, LIU X Y, GAO T M. Influence of chemical additives on the bread anti-aged function[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008, 29(11): 229-231.
- [16] CAUVAIN S P. The C-Cell image analysis system for objective measurement of bread quality[C]. *Proceeding of the ICC-SA/SACB Bread and Cereal Symposium*. South Africa: Johannesburg, 2004: 396-402.
- [17] 楚炎沛. 物性测试仪在食品品质评价中的应用研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2003, (7): 40-42.
CHU Y P. Research on the application of texture analyzer in food quality evaluation[J]. *Cereal&Feed Industry*, 2003, (7): 40-42.
- [18] 白兴梁, 张亚飞, 胡鹏. 图像分析技术预测吐司面包质构及感官评价模型的建立[J]. *粮食与饲料工业*, 2014, 12(12): 28-31.
BAI X L, ZHANG Y F, HU P. Model prediction to make the correlation among the C-Cell, texture analyzer and sensory evaluation of toast[J]. *Cereal&Feed Industry*, 2014, 12(12): 28-31. 