小麦粉湿面筋含量对广式叉烧包品质的影响

阮征[1]，李冉冉[1]，李汴生[1]，黄家荣[2]，罗永保[2]
（1.华南理工大学轻工与食品学院，广东广州 510640）（2.东莞万好食品有限公司，广东东莞 523460）

摘要：将湿面筋含量为22%和38%的低高筋小麦粉以湿面筋含量为依据进行配粉，探讨不同湿面筋含量的面粉理化指标、粉质和拉伸特性对广式叉烧包品质的影响。结果表明：随着湿面筋含量的增加，面粉粉质和拉伸特性发生显著性的变化；叉烧包的比容呈现下降的趋势；叉烧包皮层的pH值逐渐变大；CD/AF值（内部组织结构）先升高后降低；叉烧包硬度、弹性和粘着性均有不同程度的增加；用湿面筋含量为24%的面粉制作的叉烧包感官评价总分较高。叉烧包粘牙性和最大拉伸阻力呈极显著负相关（R=-0.96），弹性与最大拉伸阻力呈极显著正相关（R=0.97），叉烧包形状和感官评价总分与面团稳定时间、最大拉伸阻力、拉伸比和拉伸面积呈极显著负相关（R=-0.93~-0.98）。适合做优质叉烧包的面粉特性是中低筋度（面筋含量为22%~26%），稳定时间在1.30~1.90 min，最大拉伸阻力在492.50~700.00 BU，拉伸面积在37.50~70.00 cm^2，拉伸比（R/E）在7.76~8.00，延伸度在61.50~86.00 mm。

关键词：叉烧包；湿面筋含量；粉质特性；拉伸特性

文章篇号：1673-9078(2015)1-186-193 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.033

Effects of the Wet Gluten Content in Wheat Flour on the Quality of Cantonese-style Barbecued Pork Buns

RUAN Zheng[1], LI Ran-ran[1], LI Bian-sheng[1], HUANG Jia-rong[2], LUO Yong-bao[2]
(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)
(2. Million Harvest Dongguan Company Limited, Dongguan 523460, China)

Abstract: Flour with 22% and 38% wet gluten contents were mixed to study the effects of the physical and chemical properties, quality, and stretching character of flour with different wet gluten contents on the quality of Cantonese-style barbecued pork buns. The result showed that with the increase in wet gluten content, the quality and stretching character of flour changed significantly. The specific volume of the barbecued pork bun decreased, while its pH increased gradually. The CD/AF value (internal structure) first increased and then decreased. In addition, the hardness, springiness, and adhesiveness were all enhanced, but their extent of enhancement was different. Barbecued pork buns made using flour with 24% wet gluten content had the highest total sensory score. A significant negative correlation was found between maximum resistance and adhesiveness (R = -0.96), while a significant positive correlation existed between maximum resistance and springiness (R = 0.97). The shape and total sensory score of barbecued pork buns showed significant negative correlation with stability time, maximum stretch resistance, resistance-extensibility ratio, and the area under the curve for stretching (R = -0.93~-0.98). Flour with a low to medium wet gluten content (at 22%~30%) was recommended for obtaining high-quality barbecued pork buns. The recommended stability time was 1.30~1.90 min, maximum resistance was 492.50~700.00 BU, the area under the curve for stretch was 37.50~70.00 cm^2, resistance-extensibility ratio (R/E) was 7.76~8.00, and extensibility was 61.50–86.00 mm.

Key words: cantonese-style barbecued pork bun; wet gluten content; flour property; stretching property

包子是一种传统的中式面点，一般是直径为5~10 cm的半球形，可以含有不同种类的馅料以提供口感的多样性[1]。其中广式叉烧包是华南地区最具代表性的点心之一。它的外皮以面粉为主料，经和面自然发酵成面种，加入泡打粉和白糖搅拌均匀，然后加碱调节pH值，呛入干面粉揉匀而成。馅心是将切成小块的叉烧，配合蚝油皮冻等多种调味料制成的叉烧芡，香滑多汁、甜咸适口[2]。

传统广式叉烧包的公认特征标准是“爆口、多汁、弹牙”。也就是说，叉烧包不仅要能包裹量大多汁的内馅，还要有柔软而有弹性的外皮，而且蒸制时包子顶部会自然呈三瓣裂口，微微露馅但不流汁。这些特点的实现都与面粉中湿面筋含量、蛋白质和流变学特性

收稿日期：2014-05-28
基金项目：广东省教育部产学研结合项目（2012B090600003）
作者简介：阮征(1972-)，女，博士，副教授，主要从事食品加工和保藏研究
通讯作者：李汴生(1962-)，男，博士，教授，主要从事食品加工和保藏研究

有关[3~5]。目前关于面粉对叉烧包品质影响的研究较少，而对馒头[6]、面包[7~8]和面条[9~10]的研究较多。研究指出，湿面筋含量为 19%~22%，蛋白质含量为 7.5%~9.0%的面粉适合制作南方馒头；但也有研究指出湿面筋含量为 24%~28%能制作出口感暄软的南方馒头；另外，广式馒头需要面筋含量较低或中等的面粉[11]。有研究[12]认为使用澳大利亚小麦制作的馒头，蛋白质含量和馒头品质有显著的负相关，但也有其他研究认为当蛋白质含量低于 10%时，面粉蛋白质含量和馒头品质成正相关；当蛋白质含量高于 10%时，馒头品质不受蛋白质含量的影响，但是会受其他指标的影响，例如面团拉伸特性。

本研究以广式叉烧包为研究对象，选用两种低、高筋面粉（湿面筋含量分别为 22%和 38%）进行配粉，测定配粉理化指标、粉质和拉伸特性；并对配粉制作的叉烧包进行理化和感官评价分析，以确定面粉特性对叉烧包品质的影响，从而为传统广式叉烧包的品质控制和规范生产提供一定的理论依据和数据参考。

1 材料和方法

1.1 材料

金燕山面包粉（湿面筋含量 38%，蛋白质 7.15%，水分 13.72%，灰分 0.43%，无改良剂）和蜂鸟牌糕点粉（湿面筋含量 22%，蛋白质 13.00%，水分 14.34%，灰分 0.58%，无改良剂），佛山市山水丰顺食品有限公司。

1.2 仪器和设备

TA-XT Plus 质构分析仪，英国 Stable Micro System 有限公司；色差计 CR-400，柯尼卡美能达(中国)投资有限公司；Uniscan F28A 型平板扫描仪，紫光股份有限公司；FN1500 型降落值仪，瑞士 Perten 公司；2200 型 Glutomatic system 面筋仪，瑞士 Perten 公司；Farinograph E 型粉质仪，德国 Brabender 公司；Extensograph 拉伸仪，德国 Brabender 公司。

1.3 方法

1.3.1 配粉的制备

将湿面筋含量为22%和38%的面粉以湿面筋含量为依据进行配粉，采用 V 型混合机混合 15 min，混合均匀得到湿面筋含量为 24%、26%、30%和 34%的面粉，过 80 目筛后备用。

1.3.2 面粉理化指标测定

1.3.2.1 湿面筋含量测定

采用 2200 型 Glutomatic system 面筋仪根据 AACC38-12（AACC2000）测定。

1.3.2.2 粗蛋白质含量测定

采用 GB5009.5-2010《食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法进行测定。

1.3.2.3 面粉水分含量测定

采用 GB5009.3-2010《食品中水分的测定》中的直接干燥法。

1.3.2.4 灰分含量测定

采用 GB5009.4-2010《食品中灰分的测定》灼烧法。

1.3.2.5 面粉色泽分析

采用 CR-400 可携式色差计测定得到 L^*、a^*和 b^*，L^*表示亮度和白度，值越大则越亮越白；a^*表示红度或绿度，当大于零时表示有红色成分，小于零时表示有绿色成分；b^*表示黄度或蓝度，当大于零时表示有黄色成分，小于零时表示有蓝色成分；a^*、b^*数值（绝对值）越大颜色越浓。本实验采取 L^*作为面粉色泽的评价标准[14]。

1.3.2.6 面团粉质特性分析

粉质测试采用 AACC54-21（AACC2000）标准，在 30 ℃的恒温条件下，取 300 g（纠正到 14%的水分含量）面粉 Brabender 粉质仪的搅拌钵内搅拌 20 min，测定指标：吸水率、面团形成时间，稳定时间。

1.3.2.7 面团拉伸特性分析

拉伸测试采用 AACC54-10（AACC20000）标准，面团在 Brabender 粉质仪中形成，加入 6 g 的氯化钠代替 2%水。面团先被搅拌 1 min，停留 5 min 然后继续搅拌，直到面团的稠度达到 500 FU 停止搅拌，从中取出 150 g 面团搓圆拉条，然后放在调湿室（相对湿度 90%，温度 30 ℃）静置 45、90、135 min 后，使用 Brabender 拉伸仪拉伸面团直至断裂。测定指标：面团最大阻力，延伸度、拉伸比（R/E）和拉伸面积[14]。

1.3.3 叉烧包制作

叉烧包制作的工艺流程为：

面粉+酸面团+水（按照 5:1:2.5 比例混合）→揉制面团成团为止→发酵（24 ℃，85%相对湿度发酵 12 h）→面团+糖+泡打粉+碳酸氢氨+枧水（按照 30:100:30:4:1:1 比例混合）搅拌均匀→制皮→包馅成型（皮料 27 g，叉烧馅料 21 g）→蒸制（采用间歇蒸制，每次蒸制 120 s，重复 4 次，蒸制间隔时间 60 s）→成品

1.3.4 叉烧包特性分析

1.3.4.1 叉烧包比容测定

叉烧包体积采用国标 GB/T21118-2007 小麦粉馒头菜籽置换法测定，质量采用感量为 0.01 g 的天平称，

叉烧包比容（mL/g）为体积与质量之比。

1.3.4.2 叉烧包皮层 pH 测定

参照国标GB/T21118-2007 小麦粉馒头 pH的测定方法测定。

1.3.4.3 叉烧包气孔结构成像分析

采用钟京等人[16~18]的研究方法对叉烧包皮进行成像分析，具体步骤为：将叉烧包做成无叉烧芡的馒头形状，将馒头切成厚度为 1 cm 的片状，用紫光 Uniscan F28A 型平板扫描仪进行扫描，分辨率为 300 dpi，取图像中心部位 1.5×1.5 cm^2 大小，最后用 ImageJ 软件进行分析，计算单位面积气孔的个数（CD，个/cm^2）及气孔的表面积占有率（AF，%），每组数据取 3~4 个平行样。

1.3.4.4 叉烧包质构特性测定

将蒸熟后叉烧包在 25 ℃环境中冷却 15 min[19]，采用 TA-XT Plus 物性分析仪进行测试，将整个包子放在载物台上，每个样品平行测定 6 次取平均值。测定参数：采用 P/100 探头，测前速率 5.0 mm/s，测试速率 1.0 mm/s，测试后速度 5.0 mm/s，压缩 50%，触发力 5 g，两次压缩时间间隔 5 s，数据采集速 200 pps。测量指标包括硬度、弹性、粘着性和内聚性。

1.3.4.5 叉烧包感官评价

根据模糊数学综合评判方法建立叉烧包的感官评价体系，确定叉烧包感官评价指标及评分细则，对叉烧包进行感官评价。将蒸熟后的叉烧包在室温冷却 15 min，然后选 10 位评价员评价，去掉最小和最大，然后计算平均值[20]。感官评价的评分标准见表 1。

表 1 叉烧包感官评分标准

Table 1 Scoring criteria for the sensory evaluation of the barbecued pork buns

项目	满分/分	评分标准
形状	15	形态好、开花三瓣、褶皱花纹清晰、对称挺立度好（10.1~15 分）; 形态差，开花没有明显的三瓣或者多瓣，褶皱花纹不清晰（5.1~10 分）; 形态较差，没有明显的开花，基本上无花纹（1~5 分）
色泽	15	叉烧包表皮呈白或奶白色、无色斑（10.1~15 分）; 表皮发黄或有乳黄色出现，有色斑（5.1~10 分）; 表皮发灰发暗（1~5 分）
表皮光滑程度	15	表皮光滑，无硬块，无脱皮现象（10.1~15 分）; 表皮粗糙，有硬块，有脱皮现象，但汁液不外漏（5.1~10 分）; 有脱皮现象，有褶皱，且有大量汁液流出（1~5 分）
内部组织结构	15	叉烧皮纵剖面气孔细小而均匀，呈海绵状（10.1~15 分）; 气孔大且不均匀，内部组织结构粗糙（5.1~10 分）; 气孔大小极不均匀，细密度极差，且表面较粗糙（1~5 分）
滋味	15	咀嚼性较好，嚼劲适中，口感细腻，叉烧皮香甜味和叉烧芡肉味明显，无涩味（10.1~15 分）; 咀嚼性一般，叉烧皮香甜味和叉烧芡肉味不明显，有稍微涩味（5.1~10 分）; 咀嚼性较差，有异味，涩味严重（1~5 分）
粘牙性	10	爽口，当叉烧包被咀嚼两次时，不粘牙性（7.1~10 分）; 不爽口，稍微粘牙性（4.1~7 分）; 粘牙性较严重（1~4 分）
弹性	10	手指按压叉烧包，能恢复原状且恢复性较快（7.1~10 分）; 恢复性较差（4.1~7 分）; 叉烧包被按压后不能恢复原状（1~4 分）
气味	5	有明显的麦香味和叉烧芡的肉香味，无异味（4.1~5 分）; 除麦香味和叉烧芡味外，还有些许异味（3.1~4 分）; 不能闻到麦香味和叉烧芡味，或仅能闻到麦香味或叉烧芡味，并且有异味（1~3 分）

1.4 数据处理

测定和分析结果采用 SPSS 18.0 for Windows、Excel 2010 和 Origin8.6 进行处理，方差分析采用新复极差分析法 Duncan，取 95%置信区间（P<0.05）；图片处理应用 Adope Photoshop CS5 及 ImageJ 软件。

2 结果与分析

2.1 不同湿面筋含量面粉理化指标分析

根据国标 GB8607-1988 和 GB8608-1988 规定，面粉湿面筋含量低于 24%为低筋粉，高于 30%为高筋粉。

表 2 显示了不同湿面筋含量面粉的理化指标，从中可以看出，面粉蛋白质含量随湿面筋含量增加有显著增加；但是水分含量差异不显著；当湿面筋含量高于 30%的面粉灰分含量和 L^*值有显著差异，当湿面筋含量为 38%时，面粉灰分含量最高，L^*值最低，即面粉色泽较暗；降落值与面粉中 α-淀粉酶的活性有关，降落值越大，α-淀粉酶活性越低，上述几种面粉降落值均在 350~370 s 之间，说明这几种面粉 α-淀粉酶的活性差异不明显。

表 2 不同湿面筋含量的面粉理化指标

Table 2 The physical and chemical indexes of flour with different wet gluten contents

湿面筋含量/%	蛋白质/%	水分/%	灰分/%	L^*	降落值/s
22	7.15±0.07^a	13.72±0.01^a	0.43±0.01^a	92.80±0.01^a	355.50±4.95^a
24	7.89±0.01^b	13.78±0.01^b	0.46±0.01^b	92.61±0.02^b	360.00±4.05^a
26	8.62±0.05^c	13.91±0.01^c	0.47±0.01^b	92.51±0.01^c	353.00±6.95^a
30	10.08±0.04^d	14.03±0.01^d	0.51±0.01^c	91.89±0.01^d	356.00±3.95^a
34	11.54±0.01^e	14.18±0.02^e	0.55±0.01^d	90.76±0.01^e	358.50±19.09^a
38	13.00±0.02^f	14.34±0.01^f	0.58±0.01^e	90.29±0.02^f	364.00±9.09^a

注：同一列不同字母表差异显著（P<0.05）；蛋白质和灰分均以 14%的湿基计。

表 3 不同湿面筋含量的面粉粉质和拉伸特性

Table 3 The properties and stretching characters of flour with different wet gluten contents

湿面筋含量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	最大拉伸阻力/BU	延伸度/mm	拉伸比/(R/E)	拉伸面积/cm^2
22	58.70±0.28^a	1.35±0.10^a	1.30±0.14^a	492.50±1.20^a	61.50±1.10^a	7.76±2.20^a	37.50±2.30^a
24	58.80±0.14^a	1.45±0.10^a	1.55±0.10^{ab}	660.50±1.40^b	71.00±1.20^b	8.19±1.20^{ab}	63.50±1.30^b
26	59.85±0.30^b	1.55±0.07^b	1.90±0.14^b	700.00±1.80^c	86.00±2.20^c	8.00±1.10^b	70.00±1.10^c
30	61.45±0.40^c	1.60±0.14^c	3.45±0.10^c	840.00±1.40^d	89.50±1.40^d	8.99±3.20^c	82.50±0.90^d
34	62.35±0.20^d	2.60±0.14^d	7.55±0.21^d	860.00±2.40^e	88.50±1.50^e	9.26±1.30^d	89.50±1.40^e
38	65.35±0.30^e	3.05±0.20^c	7.65±0.35^d	990.50±3.20^f	101.00±1.60^f	10.81±1.20^e	96.50±1.60^f

注：同一列不同字母表差异显著（P<0.05）；拉伸指标均是在面团静置 135 min。

表 3 显示了不同湿面筋含量的面粉粉质和拉伸特性，从中可以看出，随着湿面筋含量增加，吸水率和形成时间逐渐增大，主要因为面粉吸水率和形成时间与湿面筋含量有关。随着湿面筋含量增加，稳定时间逐渐增大。面团的稳定时间与面粉面筋筋力强弱有关，稳定时间越长，面粉的筋力越强，形成的网络结构越致密；稳定时间短，说明面筋网络结构在不断搅拌时易被破坏[21]，因此湿面筋含量在 30%~38%的面团筋力显著强于湿面筋含量低于 30%的面粉。随着湿面筋含量增加，面团最大拉伸阻力、延伸度和拉伸面积显著增加。拉伸比(R/E)是将面团拉伸阻力和延伸度两个指标综合起来能较好评价面粉品质的指标，拉伸比(R/E)在湿面筋含量低于 26%范围内无显著性的增加，当湿面筋含量达到 30%时，拉伸比(R/E)发生显著性增加。这与李次力等人[22]的研究结果相似，湿面筋含量对拉伸性能有促进作用。当(R/E)小时，面团的拉伸阻力小，延伸性大，面团在发酵时会迅速变软和流散，导致产品塌陷；当(R/E)大时，拉伸阻力大，延伸性小，面团发酵时膨胀会受阻，面团的网络结构较致密，面团坚硬，导致产品体积小，内部组织结构变得粗糙致密，进而影响口感[23]。

2.2 不同湿面筋含量对叉烧包比容、皮层 pH 和内部组织结构的影响

叉烧包的比容反应叉烧包膨松程度，叉烧包皮层 pH 的大小会影响其口感和滋味，CD 值表示单位面积气孔数目，AF 是气孔的占有面积，根据钟京等人[16]研究认为 CD 越大，说明面包气孔数越多；AF 越小。说明气孔的占有面积越大，因此 CD/AF 间接反映叉烧包皮内部组织结构和气孔的均匀程度，CD/AF 越大，叉烧包皮内部组织结构越好。

图 1 可以看出，随着湿面筋含量的增加，叉烧包比容总体呈现减小的趋势；这主要因为叉烧包比容与湿面筋含量和拉伸比呈显著负相关（表 4 显示 R 分别为-0.95 和-0.96），湿面筋含量高、拉伸比大的面团能形成较致密坚硬的面筋网络结构，使面团发酵时难以膨胀，导致产品体积变小[24]；叉烧包皮层 pH 随湿面

筋含量增加逐渐增大，这可能是因为叉烧包皮层 pH 与面团的拉伸面积、延伸度和最大拉伸阻力有显著的正相关（表 4 显示 R 均大于 0.95），面筋含量高、拉伸面积和延伸度大的面团所形成的面筋网络结构持气能力强，在叉烧包蒸制的初始阶段产生的 NH_3 不能充分排出；同时当面筋含量太高时，也会影响 CO_2 的产生和流动，最终导致产品 pH 值升高，口感变涩。

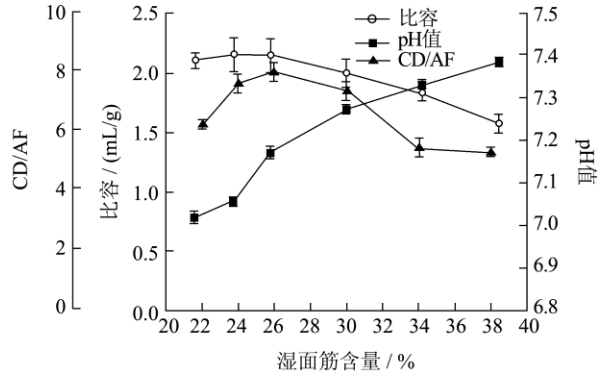


图 1 湿面筋含量对叉烧包比容、皮层 pH 值和内部组织结构的影响

Fig.1 The effect of wet gluten content on the specific volume, surface pH and, internal structure of the barbecued pork buns

表 4 面粉流变学特性与叉烧包比容、皮层 pH 和内部组织结构的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between flour rheology characteristics and the specific volume, surface pH, and internal structure of the barbecued pork buns

指标	比容/(mL/g)	pH	CD/AF
湿面筋含量/%	-0.95**	0.97**	-0.83*
吸水率/%	-0.92*	0.94**	-0.84*
形成时间/min	-0.91*	0.86*	-0.83*
稳定时间/min	-0.93**	0.91**	-0.88*
最大拉伸阻力/BU	-0.89*	0.96**	-0.81
延伸度/mm	-0.89*	0.95**	0.71
拉伸比/(R/E)	-0.96**	0.89**	-0.90*
拉伸面积/cm^2	-0.92*	0.95**	-0.79

注：**在 0.01 水平（双侧）上显著相关，*在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

随着湿面筋含量增加，叉烧包皮层内部组织结构 CD/AF 先升高后降低。由于皮层组织结构主要是与面粉中的面筋含量、灰分、吸水率、形成时间和稳定时间和拉伸比呈负相关。当湿面筋含量为 24%和 26%时，由于面筋含量低，面团膨松效果较好，并且面团能形成较稳定的面筋网络结构，且此时灰分含量低于 0.50%，因此能使叉烧包具有膨松、气孔均匀的内部组织结构（如图 2 中 B 和 C）；当湿面筋含量低于 24%时，由于面筋含量较低，面团不能形成完整的网络结构，持气能力弱，CO_2 气体易逸出，造成气孔分布不均匀（如图 2 中 A）；当湿面筋含量超过 30%时，面团形成时间、稳定时间和拉伸比显著增大（如表 3），面团的筋力增强，能形成较致密且坚硬的网络结构，使得叉烧包在蒸制过程中难以膨松，且此时面粉灰分含量超过 0.50%，进一步阻碍 CO_2 气体的产生和流动，造成气孔大小不均匀[25]（如图 2 中 D、E 和 F）。

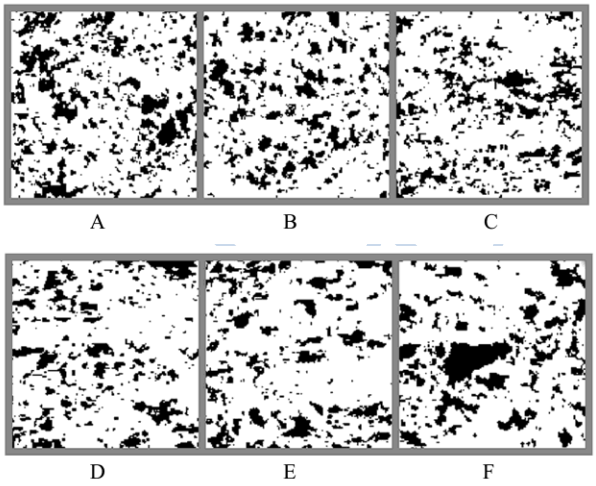


图 2 叉烧包皮层气孔解析图

Fig.2 Image analysis of the surface air holes of the barbecued pork buns

注：A、B、C、D、E 和 F 表示湿面筋含量分别为 22%、24%、26%、30%、34%和 38%的叉烧包皮层。

2.3 不同湿面筋含量对叉烧包质构特性的影响

表 5 不同湿面筋含量对叉烧包质构特性的影响

Table 5 The effect of wet gluten content on the texture of the barbecued pork buns

湿面筋含量/%	硬度/g	弹性	粘着性/g s	内聚性
22	597.93±192.59^{a}	0.74±0.05^{a}	-6.14±3.9^{a}	0.64±0.01^{a}
24	737.40±114.35^{ab}	0.81±0.03^{ab}	-3.77±2.08^{a}	0.69±0.02^{bc}
26	783.29±50.19^{abc}	0.82±0.01^{b}	-8.49±3.20^{a}	0.70±0.02^{bc}
30	1026.08±87.44^{cd}	0.84±0.05^{b}	-92.38±5.92^{b}	0.72±0.01^{bc}
34	1272.35±146.26^{d}	0.84±0.02^{b}	-134.43±10.02^{c}	0.72±0.03^{c}
38	1392.17±190.48^{e}	0.86±0.03^{b}	-151.24±2.81^{d}	0.71±0.01^{bc}

注：同一列不同上标者表差异显著（P<0.05）。

随着质构仪在食品品质检测领域的广泛推广，通过仪器量化指标辅助感官评价来保证品质评价结果的客观准确性，已得到广大食品科技工作者的普遍认可。表 5 显示了面粉湿面筋含量对叉烧包质构特性的影响。其中硬度表示叉烧包的柔软性，数值越低越松软；

弹性与叉烧包的“弹牙”口感密切相关，数值越大越“弹牙”；粘着性是体现包子皮粘牙程度最直接的指标，绝对值越大表示皮层越粘牙；内聚性则显示了包子皮内部面筋蛋白结合能力的强弱。内聚性高表明其内部蛋白质骨架具有较好的支撑力，保证了皮层良好的外形和质地。

从表 5 可以看出，随着面筋含量的增加，叉烧包硬度逐渐增大，相应的弹性也有所增强。这主要因为湿面筋含量的提高促进了面筋蛋白网络结构的进一步致密和强化，叉烧包面团筋力增强，弹性增大的同时，面团的膨松阻力也有所增加，导致包点硬度增大，松软度降低。理想的叉烧包口感应兼顾一定的弹性和松软性。从市售叉烧包的质构特性检测分析结果来看，口感较适宜的硬度范围为 700~800 g，弹性范围为 0.75~0.80，叉烧包要求有爽口的感觉，相应的粘着性应该越弱越好。优良品的粘着性一般在-10 g s 以内。数据显示当湿面筋含量 22%~26%范围内，叉烧包粘着性无显著性差异，口感良好。当含量增至 30%~38%，叉烧包弹性没有变化，但粘着性显著增加，口感较粘牙。说明当面筋含量超过一定范围后，对叉烧包的口感有显著影响。随着湿面筋含量增加，叉烧包内聚性呈现增大的趋势，说明内部蛋白质骨架支撑力越强，从而能使叉烧包有较好的外形和质地，但当支撑力太强时，叉烧包顶部开花较困难，市售优良叉烧包内聚性在 0.65~0.70 之间，因此当湿面筋含量在 24%~26%范围内时，叉烧包不仅具有良好的外形而且开花效果较佳。

2.4 不同湿面筋含量对叉烧包感官评价影响

不同湿面筋含量的面粉制成的叉烧包的外观如图 3 所示，叉烧包的感官评价结果如表 6。由图 3 和表 6 可以看出，随着湿面筋含量的增加，叉烧包的感官指标除了表皮光滑程度和气味均发生了显著性的变化。广式叉烧包的形状需顶部自然开裂（如图 3 中 A、B 和 C）。湿面筋含量为 22%、24%和 26%的叉烧包形状得分显著高于湿面筋含量为 30%、34%和 38%的叉烧包，说明湿面筋含量 22%~26%的叉烧包顶部开裂效果较佳。主要因为湿面筋含量越大，面团最大拉伸阻力和延伸度会越大（如表 3），面团的弹性和韧性也会越大，因此面团的可塑性变小[26~27]，在蒸制初始阶段叉烧包产生 NH_3 难以冲破面团致密的网络结构，导致开裂效果不佳。因此制作叉烧包时，面粉的面筋含量应该为 22%~26%，拉伸面积为 37.50~70.00 cm^2，延伸度为 61.50~86.00 mm。

叉烧包的色泽主要与配粉灰分含量和色泽有关，随着配粉灰分含量增加和 L^*值的减小，叉烧包的色泽得分逐渐降低。叉烧包感官评价中内部组织结构、粘牙性和弹性与 TPA 仪器测定结果一致。

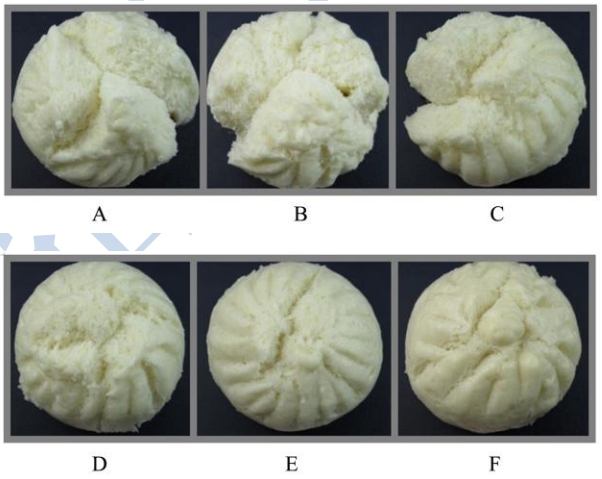


图 3 叉烧包感官评价图

Fig.3 The pictures of the barbecued pork buns for sensory evaluation

注：A、B、C、D、E 和 F 表示湿面筋含量分别为 22%、24%、26%、30%、34%和 38%的叉烧包。

表 6 叉烧包感官评价结果

Table 6 The sensory evaluation results of the barbecued pork buns

湿面筋含量/%	形状/15 分	色泽/15 分	表皮光滑程度/15 分	内部组织结构/15 分	滋味/15 分	粘牙性/10 分	弹性/10 分	气味/5 分	总分/100 分
22	12.50±0.71^{a}	13.00±1.06^{ab}	10.00±1.41^{a}	11.75±0.33^{a}	13.50±0.70^{a}	9.25±0.35^{a}	7.65±0.21^{a}	4.75±0.35^{a}	82.40±0.84^{a}
24	13.00±1.41^{a}	14.00±0.21^{a}	10.50±0.70^{a}	12.75±0.22^{b}	13.50±0.71^{a}	9.50±0.71^{a}	8.25±0.35^{ab}	4.75±0.35^{a}	86.25±0.35^{b}
26	12.75±0.35^{a}	11.75±1.06^{b}	10.50±0.71^{a}	13.25±0.35^{b}	12.75±0.35^{a}	8.50±0.71^{a}	8.55±0.07^{bc}	4.50±0.70^{a}	82.55±0.07^{a}
30	7.00±1.41^{b}	9.75±0.35^{c}	10.00±1.41^{a}	11.75±0.35^{a}	11.75±1.06^{ab}	5.50±0.71^{b}	9.1±0.14^{cd}	4.50±0.07^{a}	69.35±0.49^{c}
34	5.00±0.35^{bc}	8.50±0.71^{cd}	9.50±0.70^{a}	10.25±0.30^{c}	11.75±1.06^{ab}	5.50±2.12^{b}	9.25±0.35^{cd}	4.25±0.35^{a}	64.00±0.70^{d}
38	3.50±0.71^{c}	7.50±0.71^{d}	10.50±3.53^{a}	9.75±0.35^{c}	10.25±0.35^{b}	5.00±1.41^{b}	9.4±0.56^{d}	4.25±0.35^{a}	60.15±1.90^{e}

注：同一列不同字母表示差异显著（P<0.05）。

表 7 显示了面粉流变学特性与叉烧包感官评价的相关性。可以看出，叉烧包粘牙性和最大拉伸阻力呈

显著负相关（R 为-0.96）；而弹性与最大拉伸阻力呈显著正相关（R 为 0.97），因此综合粘牙性和弹性的影响，制作叉烧包时应该选择面团最大拉伸阻力适中的面粉。叉烧包形状、滋味和感官评价总分与湿面筋含量、面团稳定时间、最大拉伸阻力和拉伸比呈显著负相关，随着湿面筋含量增加，叉烧包感官评价总分先增大后减小。当湿面筋含量在 22~26%时，总分均在 80 分以上，且在湿面筋含量 24%时，感官评价总分为较高，即叉烧包的总体感官评价较好（市售叉烧包感官评价结果显示，优良叉烧包的感官评价总分在 80 分以上）。

表 7 面粉流变学特性与叉烧包感官评价的相关性分析

Table 7 Correlation analysis of flour rheology characteristics and the sensory evaluation of the barbecued pork buns

指标	形状/分	表皮光滑程度/分	内部组织结构/分	滋味/分	粘牙性/分	弹性/分	气味/分	总分/分
湿面筋含量/%	-0.93**	0.07	-0.83*	-0.95**	-0.91*	0.94**	-0.60	-0.96**
吸水率/%	-0.90*	0.17	-0.84*	-0.98**	-0.89*	0.88*	-0.48	-0.95**
形成时间/min	-0.86*	0.11	-0.88*	-0.86*	-0.78	0.79	-0.64	-0.88*
稳定时间/min	-0.93**	-0.02	-0.91*	-0.86*	-0.87*	0.85*	-0.71	-0.94**
最大拉伸阻力/BU	-0.93**	0.05	-0.77	-0.95**	-0.96**	0.97**	-0.52	-0.97**
延伸度/mm	-0.85*	0.11	-0.70	-0.96**	-0.89*	0.95**	-0.49	-0.91*
拉伸比/(R/E)	-0.96**	0.08	-0.91*	-0.92*	-0.91*	0.89*	-0.55	-0.98**
拉伸面积/cm^2	-0.90*	0.12	-0.78	-0.97**	-0.92*	0.95**	-0.58	-0.95**

注：**在 0.01 水平（双侧）上显著相关，*在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

3 结论

3.1 随着湿面筋含量的增加，面团稳定时间、最大拉伸阻力、延伸度和拉伸面积逐渐增大，面团形成时间和拉伸比在湿面筋含量 22~26%无显著性增加，在湿面筋含量在 30~34%显著性增加。

3.2 随着面粉湿面筋含量的增加，叉烧包的比容呈下降的趋势；叉烧包皮层的 pH 值逐渐变大；CD/AF 值（内部组织结构）先升高后降低；叉烧包硬度、弹性和粘着性均有不同程度的增加，内聚性没有显著的变化。

3.3 随着湿面筋含量增加，叉烧包感官评价总分先增大后减小，当湿面筋含量为 22~26%时，总分均在 80 分以上，且在湿面筋含量 24%时，感官评价总分较高。叉烧包粘牙性和最大拉伸阻力呈显著负相关（R=-0.96），弹性与最大拉伸阻力呈显著正相关（R=0.97），叉烧包形状、滋味和感官评价总分与面团稳定时间、最大拉伸阻力、拉伸比和拉伸面积呈显著负相关（R=-0.93~-0.98）。

3.4 叉烧包品质主要受湿面筋含量和面团拉伸特性的影响，适合做优质叉烧包的面粉品质特性是中低筋度（面筋含量为 22%~26%），稳定时间在 1.30~1.90 min，最大拉伸阻力在 492.50~700.00 BU，拉伸面积在 37.50~70.00 cm^2，拉伸比（R/E）在 7.76~8.00，延伸度在 61.50~86.00 mm。

参考文献

[1] Luangsakul N, Keeratipibul S, Jindamorakot S, et al. Lactic acid bacteria and yeasts isolated from the starter doughs for Chinese steamed buns in Thailand [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(8): 1404-1412

[2] 周三保.中国名点[M].北京:中国轻工业出版社,2005:5-9
ZHOU San-bao. China famous snack [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2005: 5-9

[3] Sim S Y, Noor Aziah A A, Cheng L H. Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates or konjac glucomannan [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 951-957

[4] Zhu F. Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread [J]. Food Chemistry, 2014, 163: 154-162

[5] LimLey H A, Crosbie G B, Lim K K, et al. Wheat quality requirements for char siew bao made from australian soft wheat [J]. Cereal Chemistry, 2013, 90(3): 231-239

[6] Zhang P, He Z, Chen D, et al. Contribution of common wheat protein fractions to dough properties and quality of northern-style Chinese steamed bread [J]. Journal of Cereal Science, 2007, 46(1): 1-10

[7] Marpalle P, Sonawane S K, Arya S S. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread [J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 2(58): 614-619

[8] Barak S, Mudgil D, Khatkar B S. Relationship of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and

bread making performance of wheat varieties [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 51(1): 211-217

[9] Wu J, Aluko R E, Corke H. Partial least-squares regression study of the effects of wheat flour composition, protein and starch quality characteristics on oil content of steamed-and-fried instant noodles [J]. Journal of Cereal Science, 2006, 44(2): 117-126

[10] Ding S, Yang J. The influence of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and quality of fried instant noodles [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 53(1): 61-69

[11] Zhu J, Huang S, Khan K. Relationship of protein quantity, quality and dough properties with Chinese steamed bread quality [J]. Journal of Cereal Science, 2001, 33(2): 205-212

[12] Huang S, Yun S H, Quail K, et al. Establishment of flour quality guidelines for northern style Chinese steamed bread [J]. Journal of Cereal Science, 1996, 24(2): 179-185

[13] American association of cereal chemists. Approved methods committee. approved methods of the american association of cereal chemists [C]. AACC, 2000

[14] 黎金,张国权.添加荞麦多肽粉对面团流变学特性的影响[J].现代食品科技,2010,26(1):38-42
LI Jin, ZHANG Guo-quan. Effect of buckwheat peptides on dough rheological properties [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(1): 38-42

[15] Zhang H, Zhang W, Xu C, et al. Studies on the rheological and gelatinization characteristics of waxy wheat flour [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 64: 123-129.

[16] 钟京,王凤,刘娜,等.乳酸菌发酵麸皮酸面团对高纤维面包面团流变发酵学及烘焙特性的影响[J].食品工业科技,2013,34(9):49-54
ZHONG Jing, WANG Feng, LIU Na, et al. Effects of bran fermented by lactobacillus on the rheofermentation and baking properties of high-fiber bread dough [J]. Food Industry Science and Technology, 2013, 34(9): 49-54

[17] Demirkesen I, Sumnu G, Sahin S. Image analysis of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flour and baked in different ovens [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(7): 1749-1758

[18] Ozge Ozkoc S, Sumnu G, Sahin S. The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(8): 2182-2189

[19] Kruger J E, Morgan B, Preston K R, et al. Evaluation of some characteristics of Chinese steamed buns prepared from Canadian wheat flours [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1992, 72(2): 369-375

[20] Liu C, Chang Y, Li Z, et al. Effect of ratio of yeast to Jiaozi on quality of Chinese steamed bread [J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 12: 1203-1207

[21] 张焕新,张伟,徐春仲.糯小麦粉添加量对配粉流变学特性及馒头品质的影响[J].食品科学,2014,35(3):80-84
ZHANG Huan-xin, ZHANG Wei, XU Chun-zhong. Effect of waxy wheat flour on rheological properties of flour blending and steamed bread quality [J]. Food Science, 2014, 35(3): 80-84

[22] 李次力,缪铭.甜玉米粉对面团流变学特性,微观结构及汉堡包品质的影响[J].食品科学,2008,29(2):39-42
LI Ci-li, MIAO Ming. Effects of sweet corn powder on dough rheological properties, microstructure and hamburger quality [J]. Food Science, 2008, 29(2): 39-42

[23] 田金河,曾庆孝,王艳婕.面粉品质参数对面包配方及品质的影响研究[J].现代食品科技,2009,25(10):1159-1162
TIAN Jin-he, ZENG Qing-xiao, WANG Yan-jie. Effects of flour quality indexes on bread formulation and quality [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(10): 1159-1162

[24] Su D, Ding C, Li L, et al. Effect of endoxylanases on dough properties and making performance of Chinese steamed bread [J]. European Food Research and Technology, 2005, 220(5-6): 540-545

[25] 李卓.南方馒头对小麦粉品质的要求[D].郑州:河南工业大学,2011
LI Zhuo. Studys on the relationship of wheat flour quality and south style steamed bread quality [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2011

[26] 李蓓蓓.酥性饼干对小麦粉的品质要求[D].郑州:河南工业大学,2010
LI Bei-bei. Relationship between wheat flour quality and biscuit quality parameters [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2010

[27] 朱在勤,陈霞.小麦粉品质性状与扬州包子品质关系的研究[J].食品与发酵工业,2007,32(11):103-106
ZHU Zai-qin, CHEN Xia. Study on the relationship between characteristics of wheat flour and quality of yangzhou baozi [J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 32(11): 103-106