冷藏发酵工艺对面团及油条品质的影响

张康逸，康志敏，杨妍，高玲玲，宋范范，温青玉
（河南省农业科学院农副产品加工研究中心，河南郑州 450008）

摘要：以无铝油条预混粉为原料制作冷藏面团，考察面团在不同冷藏条件下的发酵能力及制作成油条的品质变化，研究不同冷藏温度、冷藏时间及前发酵时间对面团发酵及油条品质的影响。发现前发酵时间、冷藏温度及冷藏时间对油条感官品质及质构品质均有影响，除前发酵 60 min 外，随冷藏时间增加，感官评分先增加后减小；前发酵时间相同的条件下，冷藏温度越高，面团发酵越快，到达发酵终点用时越短；相同冷藏温度条件下，前发酵时间越长，面团醒发越快，到达发酵终点所需时间越短；油条质构特性指标显示硬度与剪切力变化一致，与弹性指标变化相反。结果表明，油条面团经前发酵 40 min 在 2 ℃温度下冷藏 1~3 d，油条感官品质及质构特性较好，此条件下，油条冷藏面团的货架期为 3 d。

关键词：冷藏发酵面团；品质；质构特性；油条
文章篇号：1673-9078(2018)03-149-158 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.03.022

Effects of Refrigeration and Fermentation on the Quality of Dough and Deep-fried Dough Sticks

ZHANG Kang-yi, KANG Zhi-min, YANG Yan, GAO Ling-ling, SONG Fan-fan, WEN Qing-yu
(Center of Agricultural Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450008, China)

Abstract: The refrigerated dough was made by deep-fried dough sticks premixed powder (aluminum free), and the fermentation ability of dough and the quality change of deep-fried dough sticks were studied under different refrigeration conditions. The effects of different refrigeration temperature, refrigeration time and pre-fermentation time on the dough fermentation and the quality of deep-fried dough sticks were investigated. The results showed that the pre-fermentation time, refrigeration temperature and refrigeration time had influences on the textural properties of the deep-fried dough sticks, and the sensory score first increased and then decreased with the increase of refrigeration time after the pre-fermentation of 60 min. Under the same conditions of fermentation time, the higher of the refrigeration temperature, the faster of the dough fermentation and the shorter the fermentation time. Under the same conditions of refrigeration temperature, the longer of the pre-fermentation time, the faster of the dough fermentation and the shorter the optimum fermentation time. The analysis of textural properties showed that the hardness changes was consistent with the shear force and opposite with the elasticity. Consequently, good textural properties of deep-fried dough sticks were obtained when the dough was refrigerated for 1 to 3 days at 2^{o}C after the pre-fermentation of 40 min, and the shelf life of refrigerated dough was 3 days.

Key words: refrigeration- fermentation dough; quality; textural properties; deep-fried dough sticks

油条是我国传统食品，它是以小麦粉，水和酵母为主要原料，经过面团调制、静置成型、油炸而成，外酥里嫩，鲜香适口，深受广大消费者的喜爱[1]。在传统制作工艺中，油条面团醒发完成后要立即炸制，且在炸制后 3 h 内食用品质最佳，否则会因油条老化造成表皮、内部组织变硬，水分减少，风味变差，降低油条的食用品质。因此油条仍采用现炸现卖的方式进行销售，为满足人们对新鲜油条的需求及厂家对扩大油条生产的要求，增加油条的销售空间和食用跨度时间，冷藏面团技术[2]越来越受到人们的关注。

冷藏面团是一种应用食品冷藏原理加工面团及其成品的新技术[3,4]，为传统食品的工业化生产提供了一条有效的途径。它将面团成型和熟制两个环节进行分离，适当改变了传统工艺，将和好的面团放入冷藏环境中，节约了设备、场地、时间和人力，降低了生产成本，同时产品可以在工厂进行集中生产、配送，推动了传统主食产品的工业化和标准化，提高了产品的

收稿日期：2017-10-25
基金项目：河南省重大科技专项（151100111300）；2016 年河南省产粮大省奖励资金农业科技创新项目（ycm201513116）
作者简介：张康逸（1981-），男，博士，副研究员，主要从事农副产品加工研究
通讯作者：康志敏（1986-），女，助理研究员，硕士，主要从事农副产品加工研究

安全性[5]。目前冷藏面团技术主要应用到了冷藏披萨面团[6,7]、冷藏面包面团[8~10]等工艺中，在油条冷藏面团中应用较少。

油条冷藏面团是将含有面粉，酵母及其他配料的油条预混粉经加水调制成面团，进行前醒发，然后冷藏制作而成。在冷藏过程中，冷藏面团酵母活性会因低温贮藏而降低，产气能力减弱，面筋蛋白劣变影响面团的保气性[11,12]，导致冷藏过程中面团品质劣变，同时在冷冻冷藏过程中由于低温浓缩效应会加速食品组分化学基团的反应，水分迁移与重结晶等对面团及其组分造成机械性损伤[13]；在销售过程中，由于面粉中存在的不溶性木聚糖导致面团持水性下降，冷藏温度剧烈变化或冷藏时间过长会造成冷藏面团渗漏黄色液体，影响产品销售[14,15]。因此，冷藏发酵工艺对面团及产品品质有极大的影响，油条冷藏面团的醒发、品质劣变及贮藏过程中品质变化等问题是其产业化过程中亟待解决的问题。本研究以油条冷藏面团为研究对象，以面团体积、油条比容、感官评分、硬度、弹性及剪切力为评价指标，探究前发酵时间、醒发温度、冷藏时间对面团发酵、油条感官品质及质构特性的影响，为推广油条冷藏发酵面团技术提供基础数据和理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

无铝油条预混粉，河南省农科院农副产品加工研究所；金龙鱼食用调和油，益海嘉里食品营销有限公司。

1.2 仪器与设备

DW-86W420 速冻机，海尔集团；BCD-202TD 冰箱，海信电器；HYC-310 医用冷藏箱，青岛海尔特种电器有限公司；美的 BCD-655WKPZM 变频风冷智能冰箱，合肥美的电冰箱有限公司；TMS-PRO 质构仪，美国 FTC 公司；DHG-9240A 鼓风干燥箱，上海精宏设备有限公司；艾格丽恒温油炸锅，湖北香江电器股份有限公司；SH-X 多路温度测试仪，东莞市联仪仪器有限公司；B10 食品搅拌机，盛恒如东嘉华食品机械有限公司。

1.3 方法

1.3.1 面团样品的制作

取 200 g 无铝油条预混粉[16]放入和面机，加 140 g 水搅打 3 min 成光滑面团。

1.3.2 面团冷藏条件及方法

面团成型放入 10×10×5 cm^3 的保鲜盒，放入 38 ℃、湿度为 80%的醒发箱，进行一定时间前发酵处理，前发酵不同时间后放冰箱冷藏。前发酵时间定为 0 min、20 min、40 min、60 min；储藏温度定为-3 ℃、0 ℃、2 ℃、4 ℃（实际储藏温度±0.5 ℃）。

1.3.3 面团冷藏过程中酵母产气能力测定

取面团 30 g，放入量筒中压实，将量筒口封保鲜膜（留换气孔），置入温度 38 ℃、湿度 80%的醒发箱中发酵；前发酵处理一定的时间后，放入不同温度的冰箱冷藏醒发。每天定时记录面团体积。

1.3.4 冷藏发酵面团油条的制作

将不同前发酵时间的面团在不同温度下冷藏一定时间后取出，将面团放置案板上拉伸，用手轻按成宽 8 cm，厚 0.5 cm 的面片，切成宽约 2.5 cm 的面胚，将两个剂子叠放，中间按压，用手捏住两端，拉伸至 20 cm[17]，预炸成型，预冷速冻，-18 ℃下冷藏。解冻，放入油锅内复炸，炸至色泽金黄[18]。在室温条件下冷却 20 min 后进行其余指标的测定。

1.3.5 速冻油条物理品质的测定

（1）油条质构特性的测定

质构分析（texture profile analysis，TPA）可以将感官品质量化，减少主观评判造成的误差，是食品评价的重要因素。本文采用如下条件测定油条质构指标：将速冻后的油条复炸 30 s，室温冷却 10 min，用质构仪进行测试；取油条成品中间一段，进行质构特性测定[19]，每种样品做 5 次平行试验，去除最大值和最小值，剩余三组取平均值。

TPA 试验：采用 p50 探头，测前速率：1.0 mm/s，测试速率：1.0 mm/s；测后速率 1.0 mm/s；触发力：5 N；压缩比 30%，两次压缩时间间隔：1 s。分别测定油条的硬度、弹性、粘性和咀嚼性[20,21]。

剪切试验：采用剪切探头，压缩比为 90%，测定剪切力。

（2）油条比容的测定

油条比容是反映油条膨胀度的一个量化指标，将速冻油条复炸后室温冷却 10 min，采用菜籽置换法测定其比容[22]。

（3）油条感官品质的测定

感官评定是食品最直接最重要的评定方法[23]，直接反映人们对食品的喜好程度。将速冻油条复炸后室温冷却 10 min，选择 10 名感官评价员分别对不同条件下的油条进行感官评定，参照油条感官评价标准[24]进行打分，去除最大值和最小值，取平均值，计算总分。

表 1 油条感官评分标准

Table 1 Sensory score criteria of twisted dough-strips

项目	分值	评分标准
色泽	15	指油条的色泽和亮度。金黄色、深黄色为 11~15 分；黄白色为 6~10 分；色泽白色或发灰发暗为 1~5 分
表观状态	20	指油条的外观形状和膨发性。外观形状整齐，对称、光滑、膨胀度好为 16~20 分；一般为 10~15 分；形状不整齐、不对称、表面粗糙膨发性较差为 1~9 分。其中比容为 3.5~4.5 mL/g，膨胀度好；比容为 2.5~3.5 mL/g,膨胀度一般；比容为 1.5~2.5 mL/g，膨胀度最差。
适口性	15	指用于咬掉一根油条所需的力。酥脆爽口，咬力适中为 11~15 分；较费力或一般为 6~10 分；咬劲差或不易咀嚼为 1~5 分
黏性	10	指咀嚼过程中，油条的粘牙程度。咀嚼时爽口，不粘牙为 8~10 分；较爽口为 4~7 分；不爽口为 1~3 分
油腻性	5	表皮干爽，咬时无油流出为 4~5 分；表皮油滑，咬时基本无油流出为 2~3 分；表皮含油多，咬时有油流出为 0~1 分
组织结构	10	指纵切面气孔均匀度和孔壁厚薄程度。气孔多而细密，孔壁薄为 8~10 分；内部气孔较少且大小不均匀，或孔大壁厚为 4~7 分；内部气孔少，孔壁厚，结构坚实为 1~3 分
香气	10	有油炸香味和麦香味，无异味为 8~10 分；无油炸香味，面香味弱，基本无异味为 4~7 分；无香味，有异味 1~3 分
食味	15	口感细腻，外酥脆内细软，成香适口为 11~15 分；口感较粗糙，表皮绵软不酥脆，成味较浓或无成味为 6~10 分；口感粗糙，表皮硬脆，有异味为 1~5 分

1.4 数据统计与分析

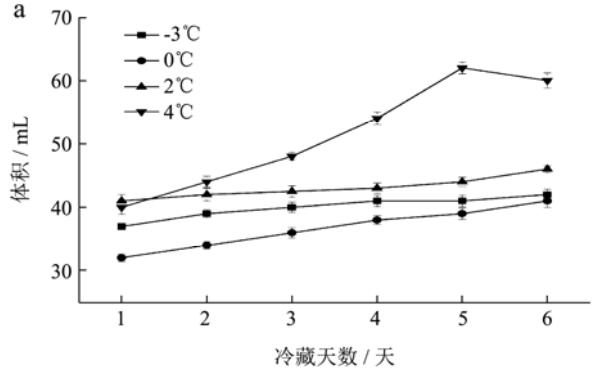
采用 Origin Pro 8.0、SPSS 16.0 软件统计分析实验数据，若无特殊说明，所有数据均进行 3 次平行测试。

2 结果与分析

2.1 前发酵时间 0 min 条件下，冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

2.1.1 前发酵时间 0 min 条件下，冷藏温度对面团发酵、油条比容及感官品质的影响

面团体积的变化表示不同冷藏发酵温度对酵母发酵能力的影响。酵母在面团发酵过程中要求有一定的温度范围，低温条件下会影响发酵速度，当产气能力变弱时，面团面筋产生的拉力会使面团体积停止增大或变小。因此，可以将面团体积停止增大或开始减小作为面团到达发酵终点的判断标准。



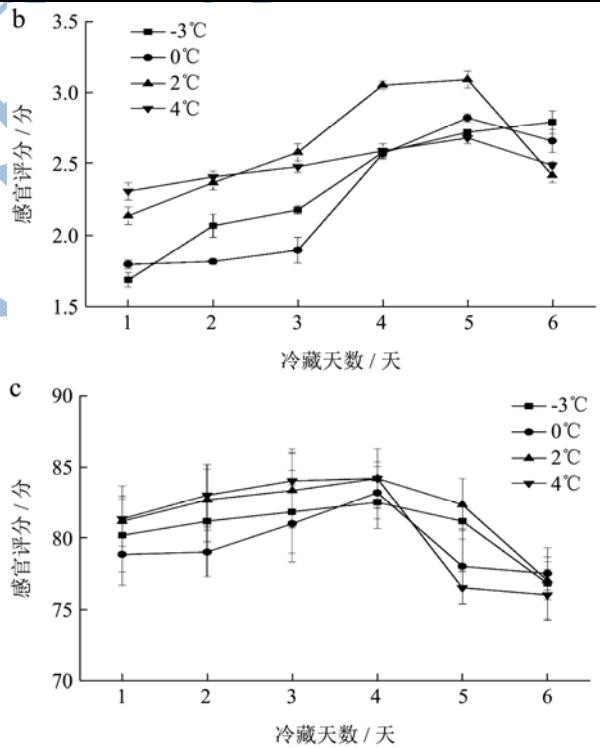


图 1 0 min 前发酵条件下不同冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

Fig.1 Effects of refrigeration temperature on the dough fermentation and the quality of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (0 min)

由图 1 可以看出，当冷藏温度为-3 ℃、0 ℃、2 ℃时，冷藏 6 d 时间内，面团体积随冷藏时间增加而增大，分别从 37.1 mL、32.2 mL 及 41.2 mL 增长到 42.0 mL、41.3 mL 和 46.3 mL。说明面团冷藏 6 d 时间内未

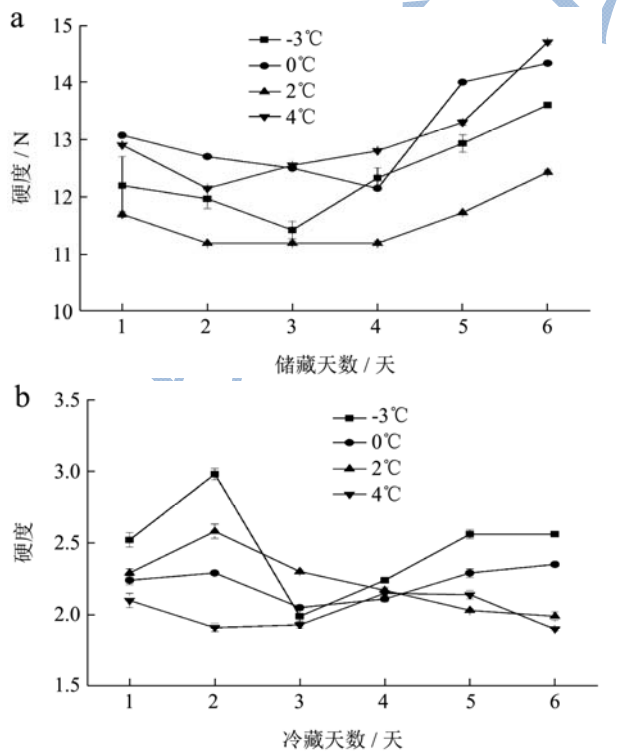
到达发酵终点，持续发酵时间大于等于 6 d。而冷藏温度 4 ℃的面团，面团体积在第 5 d 达到最大，为 62.0 mL，说明面团持续发酵时间为 5 d。

因此，0 min 前发酵时间条件下，面团在-3 ℃、0 ℃、2 ℃、4 ℃的冷藏温度下到达发酵终点的时间分别为 6 d、6 d、6 d、5 d。

比容大小反映了油条的发酵程度，比容越大表明油条发酵越好；感官评分的高低直接反映油条的可接受程度。在前发酵时间 0 min，冷藏温度-3 ℃条件下，油条比容在 6 d 的冷藏时间内持续增大，从 1.69 mL/g 增大到 2.79 mL/g，增长 1.1 mL/g。油条感官评分先增大后减小，在第 4 d 时感官评分达到最大为 82.5 分。冷藏温度为 0 ℃、2 ℃和 4 ℃时，油条比容和感官评分都先增大后减小，油条比容均在第 5 d 达到最大，感官评分均在第 4 d 评分最高，2 ℃和 4 ℃时感官评分最高均为 84.17 分。

2.1.2 前发酵时间 0 min 条件下，冷藏温度对油条质构特性的影响

硬度是使油条达到一定变形所需要的力，是评价油条质地的重要指标[25]。由图 2 可以看出，0 min 前发酵条件不同冷藏温度下，随储藏时间增加，油条硬度值先减小后增大，-3 ℃、0 ℃和 4 ℃时分别在储藏 3 d、4 d 和 2 d 硬度最小，2 ℃时储藏 2 d、3 d、4 d 油条硬度不变，这说明随冷藏时间增加，油条质地变硬，这可能是由于随冷藏时间增加，面团持水力下降，油条瓤水分减少，造成油条硬度增加。弹性是样品经过第一次压缩以后能够再恢复的程度。



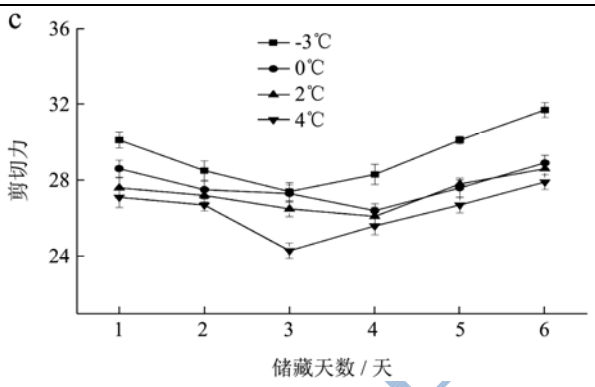


图 2 0 min 前发酵条件下不同冷藏温度对油条质构特性的影响

Fig.2 Effects of refrigeration temperature on the textural properties of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (0 min)

由图 2 可知，冷藏温度为-3 ℃、0 ℃和 2 ℃时，油条弹性储藏第 2 d 时达到最大，而后降低，4 ℃时储藏第 5 d 弹性达到最大。研究表明，面制品弹性的大小和面筋蛋白的数量、形态和强度有关，面筋蛋白含量高、强度大、分子间化学键多，空间网络更加稳固，面制品弹性则变大[26]。油条弹性的变化可能是由于随着冷藏时间增加，面团缓慢醒发，蛋白质分子变得松散，分子间接触面积及化学键含量变大，蛋白质空间结构更加稳固。随冷藏时间继续增加，面团水分减少，微生物代谢增加，酶继续作用使得面筋品质下降，制作的油条瓤弹性降低。剪切力是剪切样品厚度达 90%达到的力，随储藏时间增加，油条剪切力先减小后增大，-3 ℃、0 ℃、2 ℃和 4 ℃时分别在储藏 3 d、4 d、4 d 和 3 d 剪切力最小，这和硬度指标结果一致，说明油条硬度越大，剪切力越大。

2.2 前发酵时间 20 min 条件下，冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

2.2.1 前发酵时间 20 min 条件下，冷藏温度对面团发酵、油条比容及感官品质的影响

由图 3 可知，在前发酵时间 20 min，冷藏温度为-3 ℃、0 ℃条件下，冷藏 6 d 时间内，面团体积逐渐增加，分别从 38.0 mL、32.5 mL 增长到 44.0 mL、37.0 mL，未到达发酵终点，说明面团发酵时间大于等于 6 d。冷藏温度为 2 ℃、4 ℃时，面团体积分别在第 5 d、第 4 d 达到最大，最大体积 55.1 mL，说明面团发酵时间分别为 5 d、4 d。因此，相同前发酵时间条件下，面团在-3 ℃、0 ℃、2 ℃和 4 ℃冷藏温度下到达发酵终点的时间分别为 6 d、6 d、5 d 和 4 d，可知冷藏温度越高，面团到发酵终点用时越短。

前发酵时间 20 min，冷藏温度为-3 ℃和 0 ℃条件

下，油条比容在冷藏 6 d 时间内持续变大，分别从 1.55 mL/g、1.62 mL/g 增大到 2.74 mL/g、2.92 mL/g；冷藏温度为 2 ℃和 4 ℃时，油条比容分别在第 4 d、第 5 d 达到最大，分别为 3.48 mL/g、3.38 mL/g；不同冷藏温度下，油条感官评分先增大后减小，均在第 3 d 时感官评分达到最大。

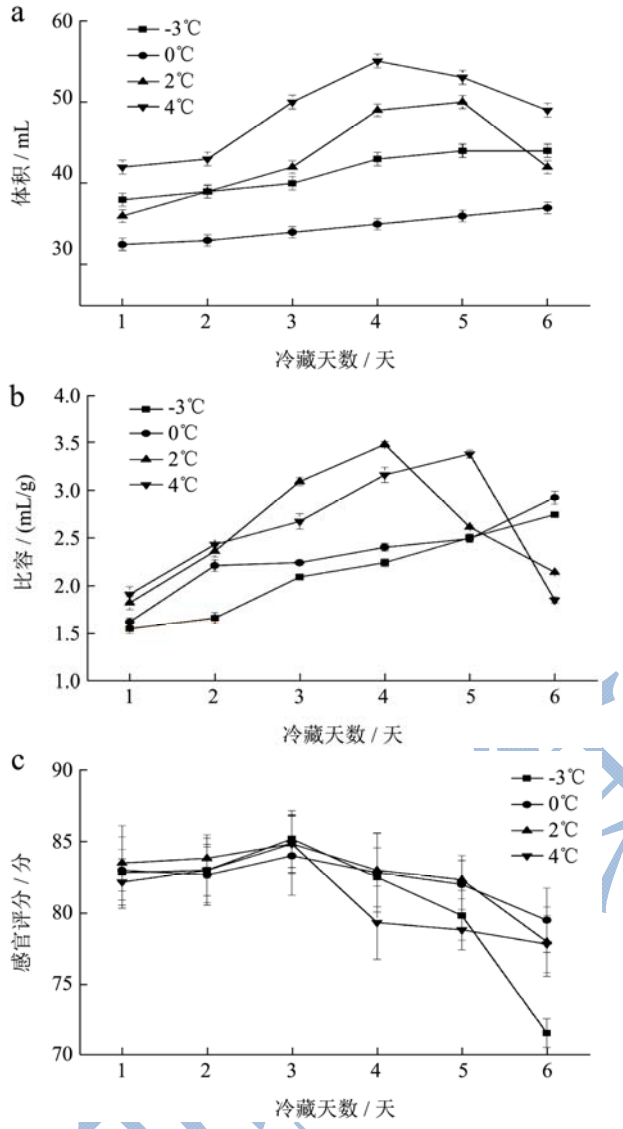


图 3 20 min 前发酵时间条件下不同冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

Fig.3 Effects of refrigeration temperature on the dough fermentation and the quality of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (20 min)

2.2.2 前发酵时间 20 min 条件下，冷藏温度对油条质构特性的影响

由图 4 可以看出，20 min 前发酵在-3 ℃、0 ℃冷藏温度下，随储藏时间增加，油条硬度值先减小后增大，分别从 11.23 N、12.6 N 在第 3 d 降低到 10.2 N、12.0 N 后又增至 13.83 N、13.3 N；2 ℃、4 ℃冷藏温度下油条硬度持续增大，分别从 10.5 N、11.95 N 增大至 12.07 N、14.7 N。由不同冷藏时间弹性变化可知，-3 ℃、0 ℃、2 ℃冷藏温度下，油条弹性在储藏第 2 d 时达到最大，而后减小，4 ℃冷藏温度下油条弹性先减小后增大。-3 ℃、0 ℃冷藏温度下，油条剪切力在储藏第 3 d 时最小，而后增大，2 ℃、4 ℃冷藏温度下油条剪切力逐渐增大，这和硬度测定结果一致。在 20 min 前发酵条件下，由不同储藏时间油条质构特性可知，油条面团适合冷藏时间为小于 3 d，这也和图 3 中油条感官评价结果一致。

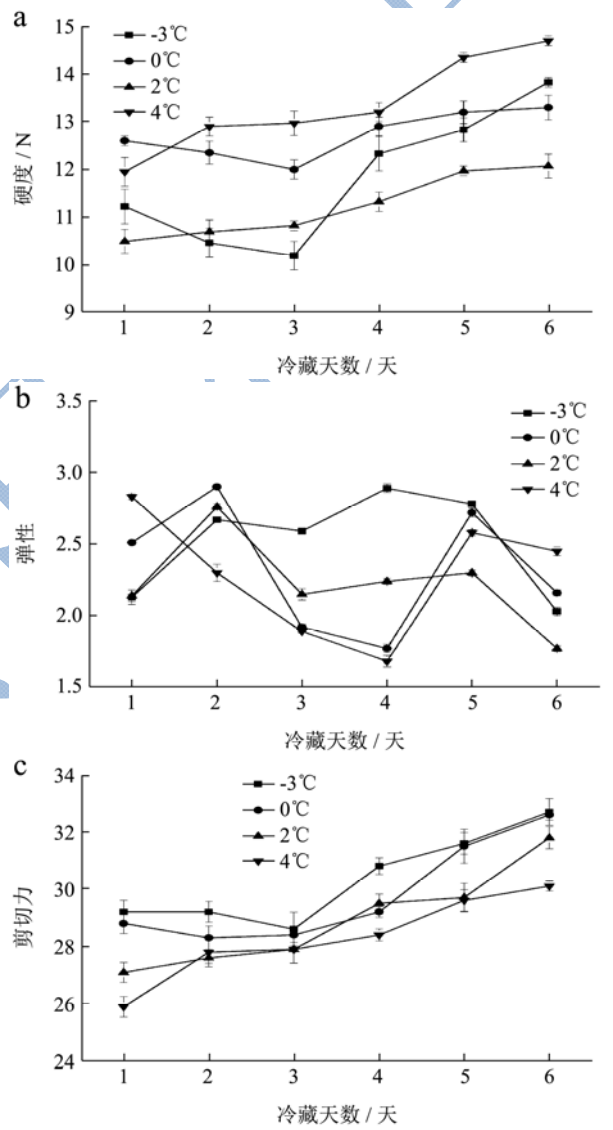


图 4 20 min 前发酵条件下不同冷藏温度对油条质构特性的影响

Fig.4 Effects of refrigeration temperature on the textural properties of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (20 min)

2.3 前发酵时间 40 min 条件下，冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

2.3.1 前发酵时间 40 min 条件下，冷藏温度对

面团发酵力、油条比容及感官品质的影响

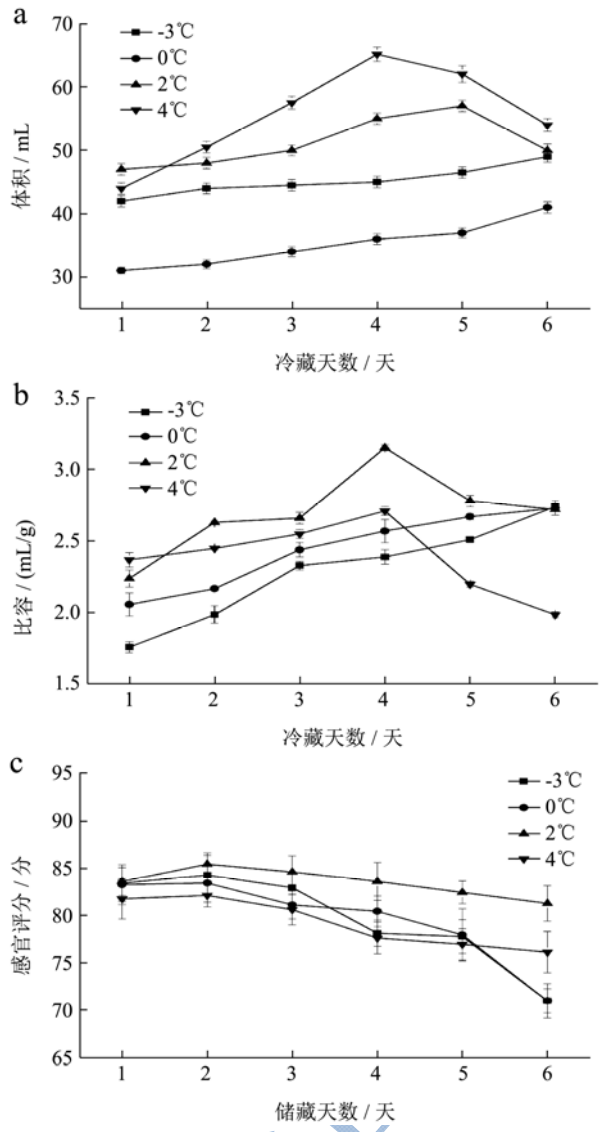


图 5 40 min 前发酵条件下不同冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

Fig.5 Effects of refrigeration temperature on the dough fermentation and the quality of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (40 min)

由图 5 可知，面团冷藏温度为-3 ℃、0 ℃时，面团体积在 6 d 冷藏时间内持续增大，分别从 42.0 mL、31.0 mL 增长到 49.0 mL、41.0 mL，面团在 6 d 的冷藏时间内未达到发酵终点，说明面团在前发酵 40 min 冷藏温度-3 ℃、0 ℃的条件下，持续发酵时间大于等于 6 d。而冷藏温度为 2 ℃和 4 ℃条件下，面团体积分别在第 5 d 和第 4 d 达到最大，最大为 65.1 mL，说明面团持续发酵时间分别为 4 d、5 d。可知，相同前发酵时间条件下，冷藏温度为-3 ℃、0 ℃、2 ℃和 4 ℃时面团到达发酵终点的时间分别为 6 d、6 d、5 d 和 4 d 可知冷藏温度越高，面团到发酵终点用时越短。

在前发酵时间 40 min，冷藏温度为-3 ℃和 0 ℃条件下，油条比容在冷藏 6 d 时间内持续增大，分别从 1.76 mL/g、2.06 mL/g 增大到 2.74 mL/g、2.73 mL/g；冷藏温度为 2 ℃和 4 ℃时，油条比容均在第 4 d 达到最大，分别为 3.15 mL/g、2.71 mL/g；不同冷藏温度下，油条感官评分先增大后减小，均在第 2 d 时感官评分达到最大。

2.3.2 前发酵时间 40 min 条件下，冷藏温度对油条质构特性的影响

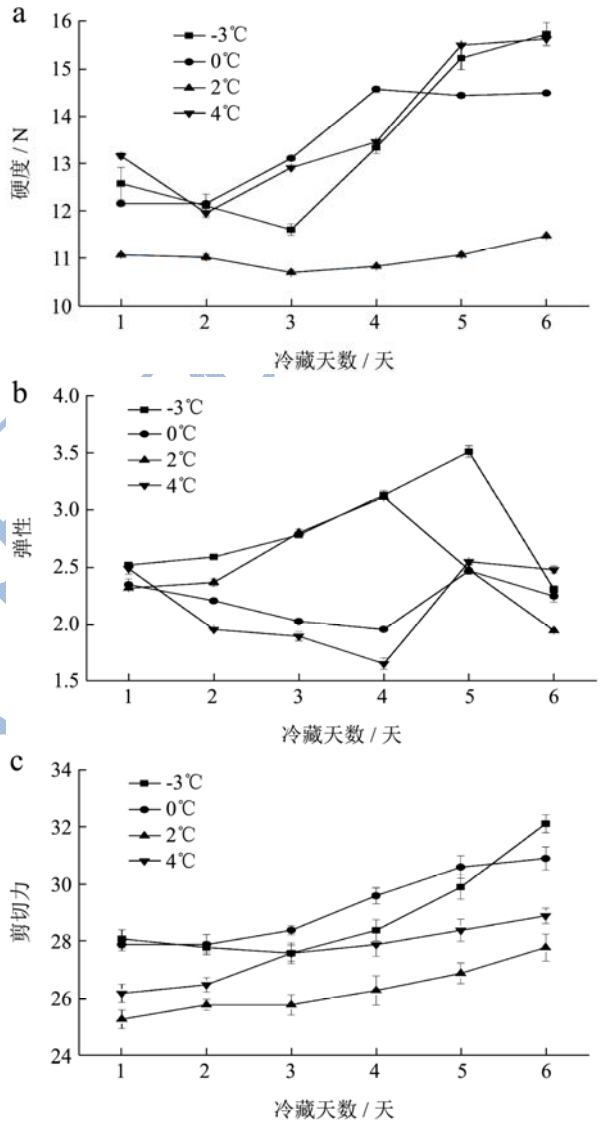


图 6 40 min 前发酵条件下不同冷藏温度对油条质构特性的影响

Fig.6 Effects of refrigeration temperature on the textural properties of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (40 min)

由图 6 可以看出，40 min 前发酵条件不同冷藏温度下，随储藏时间增加，油条硬度值先减小后增大，-3 ℃、2 ℃时均在储藏 3 d 硬度最小，0 ℃、4 ℃时储藏第 2 d 油条硬度最小，这和感官品质第 2 d 时最好结果一致；由图 6 油条弹性变化可知，冷藏温度为-3 ℃和 2 ℃时，随储藏时间增加，油条弹性先增大后减小，

分别在第 4 d、第 5 d 达到最大；冷藏温度为 0 ℃和 4 ℃时，随储藏时间增加，油条弹性先减小后增大，均在第 4 d 达到最小值。随储藏时间增加，-3 ℃时在储藏 3 d 油条剪切力最小，0 ℃、2 ℃、4 ℃时剪切力逐渐增大。

2.4 前发酵时间 60 min 条件下，冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

2.4.1 前发酵时间 60 min 条件下，冷藏温度对面团发酵、油条比容及感官品质的影响

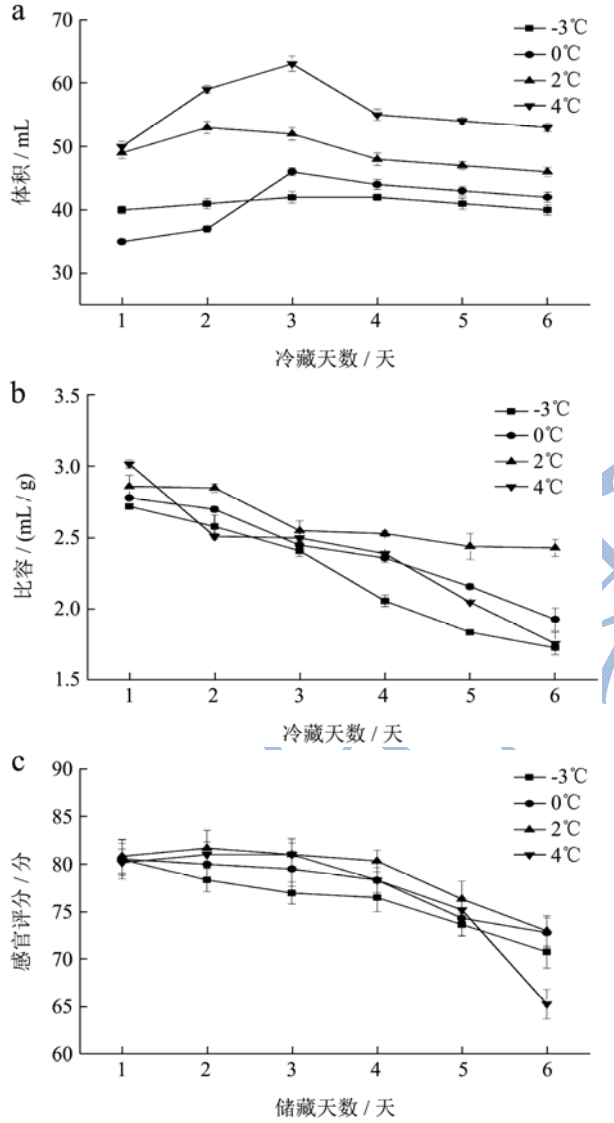


图 7 60 min 前发酵条件下不同冷藏温度对面团发酵及油条品质的影响

Fig.7 Effects of refrigeration temperature on the dough fermentation and the quality of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (60 min)

面团冷藏温度为-3 ℃、0 ℃、2 ℃和 4 ℃时，面团体积先增大后减小，面团分别在第 3 d、第 3 d、第 2 d 和第 3 d 时面团体积达到最大，说明在冷藏温度为-3 ℃、0 ℃、2 ℃和 4 ℃时，面团持续发酵的时间分别为 3 d、3 d、2 d 和 3 d。在前发酵 60 min 条件下，不同冷藏温度下油条比容随冷藏时间增加而减小，可知前发酵 60 min 条件下，面团冷藏发酵时间小于等于 1 d，应用价值不大。因此前发酵 60 min 条件不适用于冷藏发酵。由感官评分可知，面团冷藏温度为-3 ℃、0 ℃、2 ℃和 4 ℃时，感官评分逐渐减小，这也说明前发酵 60 min 条件下不适用于冷藏发酵。

2.4.2 冷藏温度的影响在前发酵时间为 60 min 的条件下，冷藏温度对油条质构特性的影响

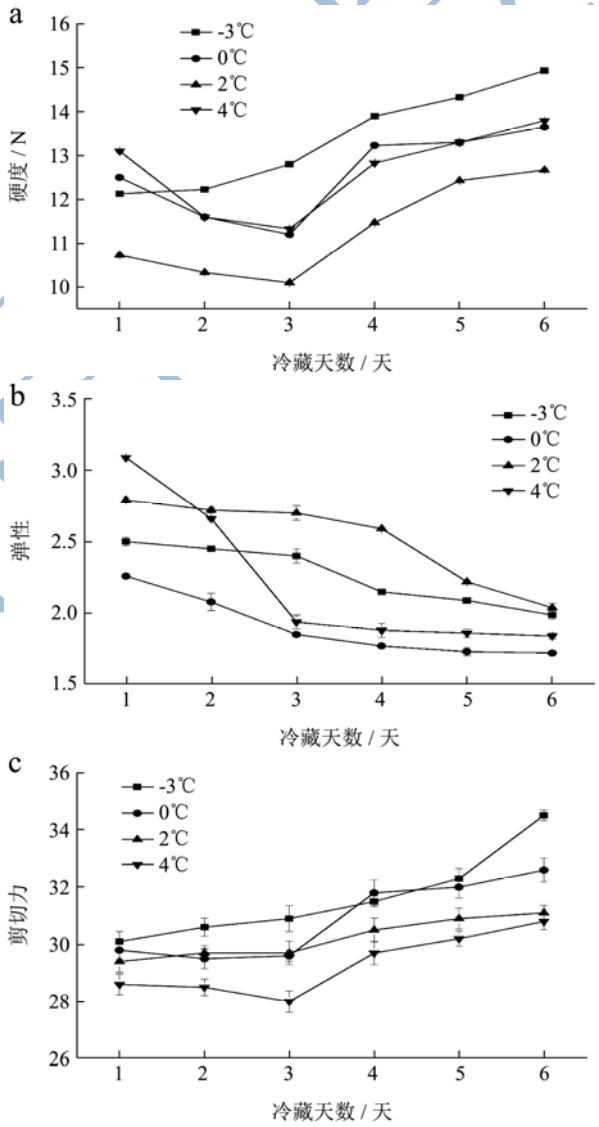


图 8 60 min 前发酵条件下不同冷藏温度对油条质构特性的影响

Fig.8 Effects of refrigeration temperature on the textural properties of deep-fried dough sticks under the conditions of pre-fermentation (60 min)

由图 8 可以看出，60 min 前发酵条件-3 ℃冷藏温度下，随储藏时间增加，油条硬度值逐渐增大，0 ℃、2 ℃和 4 ℃储藏温度下，油条硬度先减小后增大，均

在储藏第 3 d 硬度值最小。由弹性变化可知，不同冷藏温度随冷藏时间增加，油条弹性逐渐变小；随储藏时间增加，-3 ℃、0 ℃和 2 ℃储藏温度下，油条剪切力逐渐增大，4 ℃储藏温度下油条剪切力第 3 d 最小，然后增大；由质构特性可知，前发酵 60 min 条件下不适用于冷藏发酵。

2.5 前发酵时间对面团冷藏发酵及油条品质的影响

综上所述，冷藏发酵温度为 2 ℃时，油条硬度最小，感官评分最高，品质最好，因此选取 2 ℃冷藏温度的数据比较前发酵时间对面团及油条品质的影响。

对比图 1 至图 8 中 2 ℃的数据分析不同前发酵时间对面团发酵力的影响。可知，前发酵时间 0 min 时，发酵第 4 d 时感官评分最高，为 84.17 分，这时油条体积、比容较大，硬度、剪切力最小，弹性适中。前发酵时间 20 min 的面团，面团在第 5 d 时面团达到发酵终点，说明面团持续发酵的时间为 5 d，发酵第 3 d 时油条感官评分最高为 84.83 分，油条比容、弹性、硬度、剪切力适中。前发酵时间 40 min 的面团，面团在第 2 d 时油条感官评分最高为 85.5 分，面团体积、油条比容适中，硬度较小，弹性、剪切力适中。前发酵时间 60 min 的面团，面团体积、比容第 2 d 最大，感官评分最高为 81.67 分，硬度较小，弹性、剪切力较好。可知，相同冷藏温度条件下，前发酵时间为 0 min、20 min、40 min 和 60 min 的油条，感官评分较高的产品储藏时间分别为 4 d、3 d、2 d 和 1 d，说明前发酵时间越长，面团储藏时间越短。这可能是由于油条冷藏前的发酵产气也会增加面团体积，前发酵时间增加，面团发酵越快。同时，一定的前发酵时间会使酵母活化，增强酵母菌的产气能力[27]。

总之，采用冷藏发酵面团制作油条，冷藏温度和前发酵处理时间对油条品质有较大影响，前发酵处理 40 min，2 ℃冷藏温度下油条品质较好，随冷藏时间增加，油条比容先增高后降低，感官评分先增加后减小，硬度、剪切力逐渐增大，弹性降低。消费者希望油条膨胀度、软硬适中、组织结构较好，感官评分最高。位凤鲁等[28]发现油条冷藏面团放置的时间越长，面团就越黏，致使炸制的油条形状不好掌握，影响其蓬松度，这也和本实验结果一致。由上面结果可知冷藏时间 1~3 d 较为合适。同时面团配方中的酵母菌及低温储藏都可抑制霉菌的生长[29]，本实验过程中冷藏 3 d 内面团表面未发现肉眼可见的霉菌，因此油条冷藏面团的货架期可定为 3 d。

2.6 验证试验

将进行前发酵 40 min 在 2 ℃温度下冷藏 3 d 的油条面团与最佳醒发时间未进行冷藏的面团分别制作油条，对比其品质。

由表 2 可以看出，冷藏发酵面团所制得的油条比容为 2.66 mL/g，膨胀度正常，感官评分为 84.67 分，品质较好，具有较高的食用性和可接受度，但相比传统发酵的油条，硬度、剪切力较大，弹性较小，仍然和传统发酵的油条有差距，后续研究可通过改良剂进行改良，以降低油条硬度，提高其比容和弹性，改善油条组织结构。总之，采用冷藏发酵面团工艺制作油条，技术可行，制作的油条品质较好，是一种新的油条加工技术。

表 2 对比实验结果

Table 2 Results of contrast experiment

样品	面团体积/mL	油条比容/(mL/g)	感官评分/分	硬度/N	弹性	剪切力
冷藏发酵样品	50.0	2.66	84.67	10.70	2.80	25.8
未冷藏样品	50.6	3.53	90.30	7.85	4.36	25.6

3 结论

本文通过研究不同前发酵时间、醒发温度及冷藏时间对面团发酵、油条感官品质及质构特性的影响，得出前发酵时间、冷藏温度及冷藏时间对油条感官品质及质构品质均有影响，除前发酵 60 min 外，随冷藏时间增加，感官评分先增加后减小；前发酵时间相同条件下，面团发酵随冷藏温度越高发酵越快，到发酵终点用时越短；相同的冷藏温度条件下，前发酵时间越长，面团醒发越快，到达发酵终点所需时间越短；质构特性指标显示油条硬度与剪切力变化一致，与弹性指标变化相反；结果表明油条面团经前发酵处理 40 min 在 2 ℃温度下冷藏 1~3 d，油条感官评分及质构特性较好，此条件下，油条冷藏面团的货架期为 3 d。

参考文献

[1] 罗文.油条制作的工艺研究[J].四川烹饪高等专科学校学报,2010,1:19-20
LUO Wen. Research on the Technology of making YouTiao [J]. Journal of Sichuan Higher Institute of Cuisine, 2010, 1:

19-20

[2] 宋禹,王淑伟,武妍妍.浅谈冷冻面团的现状和加工技术[J].农村实用科技信息,2015,4:52-53
SONG Yu, WANG Shu-wei, WU Yan-yan. Discussion on the status and processing technology of frozen dough [J]. Rural Technological Information, 2015, 4: 52-53

[3] 俞学锋.冷冻面团加工技术与中国传统食品现代化[J].粮食加工,2007,32(1):18-20
YU Xue-feng. Frozen dough technology and the Chinese traditional food industrializing [J]. Grain Processing, 2007, 32(1): 18-20

[4] 刘亚楠,王晓曦,董秋晨.冷冻面团技术的应用和发展[J].粮食加工,2010,35(4):48-51
LIU Ya-nan, WANG Xiao-xi, DONG Qiu-chen. The application and prospects of the frozen dough [J]. Grain Processing, 2010, 35(4): 48-51

[5] 王文果.冷冻面团的研究与发展[J].四川食品与发酵,2006,42(3):15-19
WANG Wen-guo. The research and development of Refrigerated dough [J]. Sichuan Food and Fermentation, 2006, 42(3): 15-19

[6] Simsek S, Ohm J-B. Structural changes of arabinoxylans in refrigerated dough [J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77(1): 87-94

[7] Gabric D, Ben-Aissa F, Le-Bail A, et al. Impact of process conditions on the structure of pre-fermented frozen dough [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(2): 361-366

[8] 陆婕,管筱武,梁运祥.冷冻面团冷冻贮存和解冻的工艺[J].食品与发酵工业,2001,27(2):47-51
LU Jie, GUAN Xiao-wu, LIANG Yun-xiang. Technology of freezing-storing and thawing for frozen dough [J]. Food and Fermentation Industries, 2001, 27(2): 47-51

[9] Rasanen J. Freeze-thaw Stability of prefermented frozen lean wheat doughs: effect of flour quality and fermentation time [J]. Cereal Chemistry, 1995, 72(6): 637-642

[10] Le-Bail A, Nicolitch C, Vuillod C. Fermented Frozen dough: impact of pre-fermentation time and of freezing rate for a pre-fermented frozen dough on final volume of the bread [J]. Food Bioprocess Technol., 2010, 3(2): 197-203

[11] Yokoigawa K, Sato M, Soda K. Simple improvement in freeze-tolerance of bakers' yeast with poly-gamma-glutamate [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2006, 102(3): 215-219

[12] Wang P, Tao H, Jin Z, et al. The final established physicochemical properties of steamed bread made from frozen dough: Study of the combined effects of gluten polymerization, water content and starch crystallinity on bread firmness [J]. Journal of Cereal Science, 2015, 63(5): 116-121

[13] Faccio G, Flander L, Buchert J, et al. Sulfhydryl oxidase enhances the effects of ascorbic acid in wheat dough [J]. Journal of Cereal Science, 2012, 55(1): 37-43

[14] Simsek S, Yu Z, Campanella O H. Physicochemical properties of arabinoxlans in refrigerated dough [J]. Food Research International, 2010, 43(8): 2119-2125

[15] Simsek S. Application of xanthan gum for reducing syruping in refrigerated doughs [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(8): 2354-2358

[16] 康志敏,张康逸,高玲玲,等.无铝添加油条预混粉膨松剂的研究[J].粮食科技与经济,2015,40(5):60-63
KANG Zhi-min, ZHANG Kang-yi, GAO Ling-ling, et al. Research on leavening agents of non-aluminum dough sticks flour mix [J]. Grain Science and Technology Economy, 2015, 40(5): 60-63

[17] 董少华,张国治,韩燕,等.无铝油条膨松剂配方的优化[J].河南工业大学学报(自然科学版),2005,26(2):33-35
DONG Shao-hua, ZHANG Guo-zhi, HAN Yan, et al. Optimization of the bulking agent without aluminum of dough-strips [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2005, 26(2): 33-35

[18] 鞠国泉,米思.无铝复合膨松剂在油条制作中的应用研究[J].中国粮油学报,2010,2012(7):110-112
JU Guo-quan, MI Si. Applying non-aluminum composite leavening agent for making deep-fried dough stick [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 2012(7): 110-112

[19] 李子廷,赵建新,傅琼颖,等.无铝中式油条配料开发及其面团流变学性质研究[J].吉林农业大学学报,2011, 33(1):99-105,109
LI Zi-ting, ZHAO Jian-xin, FU Qiong-ying, et al. Development of no-alum ingredients of Chinese fried fritter and mechanism of dough on rheological dimensions [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2011, 33(1): 99-105, 109

[20] Demirkesen I, Kelkar S, Campanella O H, et al. Characterization of structure of gluten-free breads by using X-ray microtomography [J]. Food Hydrocolloids, 2014, 36: 37-44

[21] 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

CUI Li-qin, CUI Su-ping, MA Ping, et al. Effect of soybean dregs powder on sensory evaluation of Chinese Steamed Bread(CSB) and textural properties of wheat dough and CSB [J]. Food Science, 2014, 35(5): 85-88

[22] Mandala I G. Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66(3): 291-300

[23] 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(B): 1203-1207

[24] 康志敏,郭祯祥,孙冰华,等.运用模糊数学方法建立油条感官评价体系[J].农产品加工,2012,3:70-78
KANG Zhi-min, GUO Zhen-xiang, SUN Bing-hua, et al. Established a sensory evaluation system for twisted dough-strips using fuzzy mathematics [J]. Agriculture Products Processing, 2012, 3: 70-78

[25] 陈娟,徐学明.软曲奇质地的 TPA 质构分析[J].中国粮油学报,2008,23(1):194-197
CHEN Juan, XU Xue-ming. Texture evaluation of soft cookie by texture profile analysis [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008, 23(1): 194-197

[26] 滕月斐,丛琛,杨磊.乳化剂影响新鲜及冷冻面团面包品质的研究[J].食品科技,2011,8(7):130-134
TENG Yue-fei, CONG Chen, YANG Lei. Study on emulsifiers for improved fresh and frozen dough bread quality [J]. Food Science and Technology, 2011, 8(7): 130-134

[27] 王显伦,林敏刚.发酵工艺对冷冻面团及馒头品质的影响[J].粮食与饲料工业,2011,5(4):8-11
WANG Xian-lun, LIN Min-gang. Effect of proofing process on frozen dough and the quality of steamed bread [J]. Cereal and Feed Industry, 2011, 5(4): 8-11

[28] 位凤鲁,杨子忠,杨清华,等.无铝油条冷冻冷藏面团技术与油条产业化[J].粮食与食品工业,2011,18(1):13-15
WEI Feng-lu, YANG Zi-zhong, YANG Qing-hua, et al. Technology of refrigerated dough No aluminum Deep-Fried Dough Sticks and industrialization [J]. Cereal and Food Industry, 2011, 18(1): 13-15

[29] 张卓.科学家发现酵母菌可抑制霉菌[J].农产品加工,2012,9(8):37
ZHANG Zhuo. The scientists found that yeast can inhibit fungal [J]. The Processing of Agricultural Products, 2012, 9(8): 37

现代食品科技