

可得然胶对低筋粉所制冷冻熟面品质的影响

刘 豪¹, 梁 赢¹, 朱梦菲¹, 刘 玫², 冯 鹤¹, 张 霞¹, 王金水^{1*}

¹ 河南工业大学生物工程学院 郑州 450001

² 河南工业大学粮油食品学院 郑州 450001

摘要 冷冻熟面是可长期冻藏的方便食品,在熟制过程中发生的变化是影响其最终品质的关键因素。本文以低筋小麦粉所制冷冻熟面为研究对象,探究可得然胶对面筋的替代及强化的可能性。分别通过压片观察、质构测定和核磁共振的方法对冷冻熟面的组织结构、咀嚼特性及水分变化进行了系统的分析。结果表明,熟制使冷冻熟面内部结构的稳定性下降,坚实度及黏性降低。与对照相比(0.0%)可得然胶添加量为 0.5%时冷冻熟面具有均匀紧凑的内部结构,同时显著提升了熟制后(7 min)冷冻熟面的坚实度(63.75~75.87 g)和黏性(1.22~1.41 g·sec)。此外,添加 0.5%可得然胶使水分到达面条中心的时间由 5 min 减少至 3 min,自由水含量由 91.957%下降至 91.220%。说明添加 0.5%可得然胶可显著抑制熟制过程对低筋小麦粉所制冷冻熟面内部均一性的破坏,缓解熟制过程中冷冻熟面坚实度及韧性的下降,对可得然胶的应用及推广具有积极的意义。

关键词 可得然胶; 冷冻熟面; 熟制过程; 咀嚼特性; 水分变化

文章编号 1009-7848(2022)09-0163-07 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.09.017

冷冻熟面是生鲜面条经熟制、速冻、冻藏等加工制作而成的一种新型方便食品,具有健康、营养、方便、耐储藏等优点^[1]。符合后疫情时代食品应急保障和战略储备需求,同时也能满足大城市人们快节奏的生产、生活需求。冷冻熟面熟制过程是冷冻熟面品质形成的关键时期;速冻过程是冷冻熟面制作的关键步骤,在防止淀粉的回生同时限制了冰晶的形成;冻藏过程是实现冷冻熟面长期保存的关键,也是冷冻熟面品质发生劣变的关键时期^[2]。冻藏过程形成的冰晶是造成冷冻熟面品质下降的主要原因,使复煮后冷冻熟面的品质明显低于其熟制后的品质,不利于冷冻熟面品质稳定性的保持^[3]。而使用低筋面粉制作的冷冻熟面,其面筋网络相对脆弱,更易受冻藏过程所形成冰晶的破坏,因此强化内部结构,提高对冻藏过程的耐受性是提升低筋粉所制冷冻熟面品质的关键途径。

添加亲水胶体是改良冷冻熟面品质的有效途

径,研究表明添加黄原胶、瓜尔胶、羧甲基纤维素钠等均可有效提升冷冻熟面的品质,减少冻藏过程对冷冻熟面品质的破坏^[4-6]。可得然胶(curdlan),是一种微生物细胞外多糖,具有规模化生产、安全、吸水性强、成胶强度大等特点^[7]。与其它亲水胶体不同的是,由于其特殊的三螺旋结构,成胶过程是在水热条件下发生的,加热 90℃后能够形成高强度的三维网络胶体^[8],使其替代面筋网络结构成为可能。低筋小麦粉中面筋含量较低,对过度加工及冻藏阶段冰晶所引起破坏的耐受性较差,不利于制作冷冻食品,而可得然胶出色的成胶特性及冻融稳定性为其在冷冻食品中的广泛利用提供可能。

之前的研究表明,可得然胶可以提升冷冻熟面的复煮品质^[9]。可得然胶的成胶过程发生于冷冻熟面制作过程的熟制阶段,而该阶段发生的复杂理化反应也是决定冷冻熟面品质的关键因素。本文研究加入可得然胶后冷冻熟面品质变化,为扩展低筋小麦粉的应用范围提供参考。

收稿日期: 2021-09-23

基金项目: 河南省高等学校重大科研项目(20A550003);
2020 年河南省高校国家级大学生创新创业训练计划项目(202010463039)

作者简介: 刘豪(1992—),男,博士生

通信作者: 王金水 E-mail: jinshuiw@163.com

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

低筋面粉,滨州中裕有限公司生产;可得然胶,日本;其它试剂均为分析纯。

和面机,美国 KitchenAid 公司;压面机,意大利 Marcato Atals 公司;NMI20 型低场核磁共振仪,上海纽迈分析公司;物性测定仪,英国 SMS 公司。

1.2 混粉

称取一定质量的面粉(100 g)并分别加入 0, 0.1, 0.5, 0.9 g, 与自封袋中以固定频率手动混合 5 min。

1.3 冷冻熟面的制备

称取一定质量的面粉于和面机中,并称取氯化钠 1.50 g 溶于 40.00 g 蒸馏水中,搅拌后倒入和面机,和面 7 min;将和好的面团用保鲜膜密封,室温静置 20 min;将醒发好的面团置于压面机的压辊间,在 4 档处压片 1 次,将面片折叠后再反复压延 7 次,然后在 2 档处折叠压延 1 次,再依次放入 3 档、4 档处压延 1 次至面片厚度为 1.60 mm 左右;切取上述面片 25 cm 经切刀切条,未添加可得然胶的冷冻熟面作为对照组。

1.4 冷冻熟面熟制过程内部结构的变化

量取 300 mL 蒸馏水放入平底锅中,再称取 30.0 g 的生鲜面条,放入盛有 300 mL 水的锅中,同时开始计时;600 W 分别煮制 1, 3, 5, 7, 9 min;将熟制后的面条置于盛有 100 mL 冷蒸馏水的烧杯中冷却 1 min;将冷却后的面条捞出放置在定性滤纸上将表面水分尽可能吸干净;将一片玻璃片放置在黑色背景板上,取 3 根面条平行放置于玻璃板上,并用另一块玻璃片压开观察面条中间白芯的状态,并拍照记录。

1.5 冷冻熟面熟制过程咀嚼性的变化

挑选 2 根结构均匀的面条自然平铺于载物台上,采用 A/LKB-F 探针在“压缩”模式下进行。试验速度和后试验速度分别为 0.17 mm/s 和 10.0 mm/s。触发力为 15 g,应变为 80%;数据采集速率为 400 Hz;两次压缩间隔时间为 2 s。进行 6 次平行试验,去掉最大值和最小值后计算平均值。

1.6 冷冻熟面熟制过程水分的分布

使用 NMI20 型核磁共振仪对冷冻熟面煮制过程的水分分布进行测定,将面条煮制一定时间(0, 1, 3, 5, 7 min)后称取 0.73 g 用生胶带缠绕后放置于石英试管中,置于磁体中心进行测定,参数设置:探头:磁体 1~10 mm;采样频率 333 kHz;采样

点数 200 004;累加次数 16。

1.7 冷冻熟面熟制过程水分的迁移

使用核磁共振成像技术(MRI)对冷冻熟面熟制过程中水分进行分析^[10],将冷冻熟面煮制相应的时间,然后用选取单线面条进行水迁移分析。使用 15 mm 射频线圈及标准的自旋回波序列来呈现图像,伪彩后观察图像颜色变化。

1.8 统计分析

试验数据使用 SPSS 17.0(IBM)进行分析处理;采用 Origin 8.0 绘图软件进行图像绘制;使用 Excel 进行表格制作。

2 结果与分析

2.1 可得然胶对冷冻熟面熟制过程的影响

熟制过程是冷冻熟面组分变化最为剧烈的时刻,也是形成冷冻熟面最佳品质的过程,其组分结构的稳定性对后期抵御冻藏过程对冷冻熟面品质引发的破坏有一定的影响。

由图 1 可以看出,对照组(A-E)随着煮制时间的延长,面条的体积膨胀变大,面条中心部位白色区域逐渐变暗,且在第 7 分钟时消失。这与煮制过程中水分迁移及淀粉的吸水膨胀有关,淀粉在水热条件下超过 60 °C 可发生糊化,使淀粉结晶区逐渐消失^[11],从而导致面条白芯消失。当可得然胶添加量为 0.1%, 0.5% 时,冷冻熟面白芯消失的时间为 7 min,与空白组相比无明显改变;添加 0.1% 可得然胶的面条形态无显著变化,添加 0.5% 可得然胶后面条的形态明显优于对照组,在煮制过程中面条的质地更加均匀紧凑,煮制 9 min 后冷冻熟面的边缘仍然保持为光滑平整的状态而对照组的边缘已发生破裂,说明添加 0.5% 的可得然胶对面条的结构有明显改善作用,且对水热处理有更强的耐受性。这些现象可能与可得然胶的热成胶特性有关,其在 90 °C 以上加热可形成稳定的热不可逆胶体,且具有丰富的亲水基团,能与面筋蛋白结合形成较多的氢键;当可得然胶添加量为 0.9% 时,白芯消失的时间缩短为 5 min,但面条的均匀程度明显变差,其原因可能与可得然胶形成的凝胶网络有关,可得然胶具有极强的亲水性,能够加速水分在冷冻熟面煮制过程中的迁移速度,这是造成白芯消失加快的主要原因,可得然胶的



注:A-E:对照组冷冻熟面在煮制 1,3,5,7,9 min 时的内部结构;F-J:添加 0.1%可得然胶冷冻熟面在煮制 1,3,5,7,9 min 时的内部结构;K-O:添加 0.5%可得然胶冷冻熟面在煮制 1,3,5,7,9 min 时的内部结构;P-T:添加 0.9%可得然胶冷冻熟面在煮制 1,3,5,7,9 min 时的内部结构。

图 1 可得然胶对冷冻熟面熟制过程内部结构的影响

Fig.1 Effect of curdlan on internal structure of frozen cooked noodles during cooking

凝胶强度与可得然胶的含量与温度有较大关联^[12], 较高浓度可得然胶不仅会与面筋蛋白竞争吸水,

同时其所形成凝胶的空间位阻效应也同样限制了面筋网络结构的发展, 是造成冷冻熟面结构不稳

定的主要原因。

综上所述,可得然胶的添加会缩短冷冻熟面煮制过程白芯消失的时间,添加0.9%可得然胶使面条白芯消失时间由7 min缩短为5 min。添加0.5%可得然胶能够明显改善熟制过程中冷冻熟面的结构,同时增加了冷冻熟面对煮制加工的耐受性。

2.2 可得然胶对冷冻熟面熟制过程咀嚼性的影响

咀嚼特性是反映面制品品质的重要指标,能够系统全面的评价面条的综合品质。结合2.1节所得结果,对添加0.5%可得然胶的冷冻熟面在熟制过程中咀嚼性的变化进行了测定结果如图2、图3所示。

图2反映了冷冻熟面熟制过程坚实度的变化,对照组在煮制过程中坚实度呈现逐渐下降的趋势,水分的进入及淀粉在熟制过程中糊化膨胀产生的空隙可能是造成其坚实度下降的主要原因。

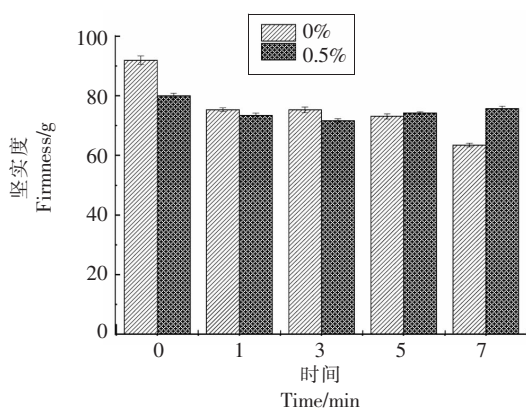


图2 可得然胶对冷冻熟面煮制过程坚实度的影响

Fig.2 Effect of curdlan on firmness of frozen cooked noodles during cooking

2.3 可得然胶对冷冻熟面熟制过程水分分布的影响

水的活性和扩散是淀粉回生和面筋交联度的重要影响因素^[3],对面条的质构特性和蒸煮品质起着至关重要的作用。为进一步探究冷冻熟面在熟制过程结构及咀嚼性质变化的机理,以及可得然胶对面条蒸煮过程中水分迁移的影响,进一步了解可得然胶对提高面条蒸煮效率的作用机制。使用低场核磁共振技术(LF-NMR)对冷冻熟面熟制过程中的水分布变化情况进行了研究,如表1所

示。对照组在7 min时坚实度比5 min时显著下降则可能是由于其面筋网络的破坏而导致的。添加可得然胶后,冷冻熟面的坚实度呈现出先下降后上升的趋势,造成其5 min时坚实度上升的原因可能与可得然胶的热成胶特性有关,其在5 min后形成的强稳定性胶体^[13],增加了体系的硬度和紧密程度,是造成冷冻熟面坚实度上升的主要原因。

由图3可以看出,冷冻熟面的黏性随煮制时间的增加,均呈现下降的趋势,水分的进入增加了体系的流动性是造成其黏性下降的主要原因,而添加可得然胶的冷冻熟面与对照组相比其黏度显著升高,这表明添加可得然胶能够增加体系的黏性,降低水分对体系流动性的促进,更有利于保持体系的稳定性,一定程度上能够降低冷冻熟面在熟制后冻藏阶段的冰晶形成速度^[14],有利于冷冻熟面品质的提升。

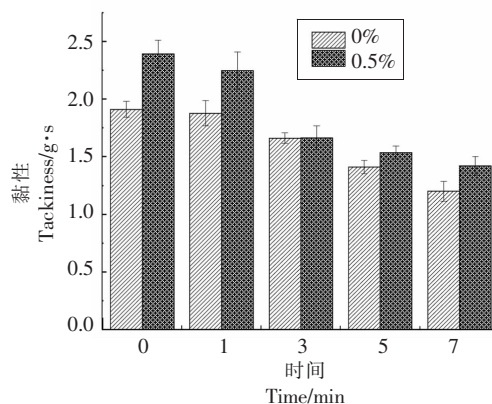


图3 可得然胶对冷冻熟面煮制过程黏性的影响

Fig.3 Effect of curdlan on viscosity of frozen cooked noodles during cooking

示。

由表1可以看出,随着煮制时间的增加冷冻熟面中结合水含量均呈现下降趋势,而自由水含量呈现上升的趋势,这与冷冻熟面在熟制过程中吸取了大量的水分有关,面条煮制过程中内外水分的浓度差以及淀粉糊化而引起的水分吸收是冷冻熟面熟制过程中自由水比例迅速升高的主要原因。

对于未经煮制的冷冻熟面添加可得然胶能够显著提升冷冻熟面的弱结合水含量,这与可得然

表 1 可得然胶对冷冻熟面煮制过程水分分布的影响

Table 1 Effect of curdlan on moisture distribution of frozen cooked noodles during

含量/%	组分	0 min	1 min	3 min	5 min	7 min
0	强结合水	19.542	14.265	3.543	2.239	1.268
	弱结合水	79.508	42.156	7.751	6.957	6.776
	自由水	0.950	43.579	88.706	90.804	91.957
0.5	强结合水	18.185	5.669	1.531	1.537	1.986
	弱结合水	81.136	8.881	9.900	7.833	6.794
	自由水	0.679	85.450	88.57	90.630	91.220

胶含有较多的羟基有关,能够与水通过氢键相互结合^[8]。添加 0.5% 可得然胶的冷冻熟面在煮制 1 min 时自由水含量由未经煮制的 0.679% 上升至 85.45%, 显著高于对照组在 1 min 时的含量 (43.579%), 说明可得然胶的添加加速了冷冻熟面煮制过程的吸水速度。随着煮制时间的继续延长, 对照组自由水含量迅速升高, 且所占比例均大于添加 0.5% 可得然胶的冷冻熟面, 煮制 7 min 后对照组强结合水、弱结合水含量均低于加胶组, 游离水含量高于加胶组, 说明添加可得然胶能够降低冷冻熟面熟制后的自由水含量。

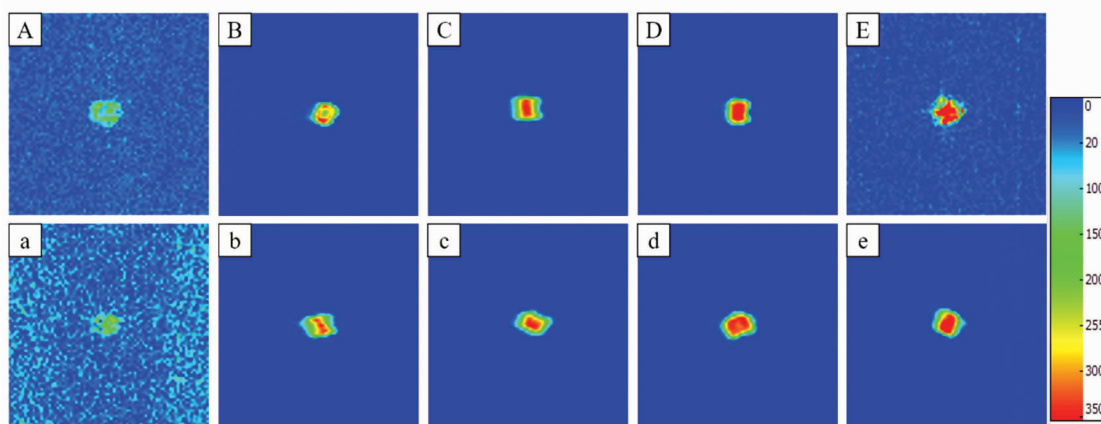
2.4 可得然胶对冷冻熟面熟制过程水分迁移的影响

核磁共振成像技术 (NMI) 能将核磁共振的信号转化为图像, 再由原始图像伪彩后, 可根据颜色变化反映目标信号强度的强弱, 由蓝色到绿色和黄色, 最终到红色的变化趋势表示质子 (H^+) 密度的逐渐增强, 表明水分含量的增加^[15]。使用核磁共

振成像技术对冷冻熟面熟制过程水分及内部结构变化进行了追踪观察结果如图 4 所示。

从图 4 可以看出, 对照组在煮制 1 min 时冷冻熟面较外侧区域呈现红色, 而内部呈现绿色, 说明此时水分正从面条外表面像内部迁移, 面条的中心部分水分含量低于外部水分。随煮制时间的延长红色区域由面条外侧转移至面条内部, 且红色区域面积逐渐增大。煮制 7 min 时对照组红色区域边缘散乱, 说明此时对照组面条对水分的保持能力下降, 水分可以在面条内外自由迁移, 这可能跟煮制时间过长造成面筋网络的解聚有关^[16]。

添加 0.5% 可得然胶冷冻熟面在煮制 1 min 时, 红色区域已经转移至面条的内部, 再次证明添加可得然胶能够加速冷冻熟面煮制过程中水分的迁移, 与水分分布所测得的结果一致。随着煮制时间的延长, 红色区域在冷冻熟面中心区域越来越大, 与对照组不同添加可得然胶后冷冻熟面在煮制 7 min 时红色区域边缘平滑, 说明水分被紧密



注: A, B, C, D, E 分别代表 0% 可得然胶时蒸煮 1, 3, 5, 7, 9 min; a, b, c, d, e 分别代表 0.5% 可得然胶时蒸煮 1, 3, 5, 7, 9 min。

图 4 可得然胶对冷冻熟面熟制过程中水分迁移的影响

Fig.4 Effect of curdlan on water migration of frozen cooked noodles during cooking

固定于冷冻熟面内部,可以反映出面条依然具有完整的面筋网络结构,这可能是由于可得然胶形成了较强的凝胶网络能够抵御水热作用对于面筋网络结构的破坏。

3 结论

冷冻熟面在熟制过程的第7分钟内部白芯消失,与添加0.0%、0.1%和0.9%可得然胶相比,添加0.5%的可得然胶的冷冻熟面具有更为均匀的内部结构且具有较为稳定的热耐受能力;煮制过程中对照组冷冻熟面的坚实度明显降低,添加可得然胶显著提升了冷冻熟面的坚实度,抑制了熟制过程中水热作用对冷冻熟面坚实度的劣化;熟制过程中水分的进入降低了冷冻熟面的黏性,添加可得然胶能够有效提升黏度,有利于保持冷冻熟面体系的稳定;熟制过程中冷冻熟面的水分含量及分布发生了剧烈的变化,结合水含量降低、自由水含量升高,添加0.5%可得然胶有利于水分在冷冻熟面中的迁移,且加胶组在煮制7 min后的结合水含量高于对照组、自由水含量低于对照组。综上所述,添加0.5%的可得然胶对低筋小麦粉所制冷冻熟面熟制过程的咀嚼性提升效果显著,对低筋粉的面筋结构有一定强化作用,能够缓解水热处理对冷冻熟面结构的破坏,增强其抵御冻藏损伤的能力,为低筋小麦粉在冷冻熟面及冷冻产品中的应用有一定推动作用。

参 考 文 献

- [1] 骆丽君. 冷冻熟面加工工艺对其品质影响的机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
LUO L J. Effect and mechanisms of processing technology on the quality of frozen cooked noodle[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015.
- [2] PAN Z, HUANG Z, MA J, et al. Effects of freezing treatments on the quality of frozen cooked noodles[J]. Journal of Food Science and Technology - Mysore, 2020, 57(5): 1926-1935.
- [3] LIU Q, GUO X N, ZHU K X. Effects of frozen storage on the quality characteristics of frozen cooked noodles [J]. Food Chemistry, 2019, 283: 522-529.
- [4] 刘倩, 郭晓娜, 朱科学. 黄原胶对冷冻熟面冻藏品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(9): 1-6.
LIU Q, GUO X N, ZHU K X. Effect of xanthan gum on the quality of frozen cooked noodles [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(9): 1-6.
- [5] 蒋明峰. 魔芋葡甘聚糖/可得然胶流变学特性的研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2016.
JIANG M F. Rheological properties of konjac glucomannan/curdlan sol[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2016.
- [6] 曹莼, 陆启玉, 刘紫鹏, 等. 4种改良剂对冷冻熟面中糊化特性, 组分及结构的影响[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(8): 45-50.
CAO C, LU Q Y, LIU Z P, et al. Effect of four improvers on the pasting properties, components and microstructure of frozen cooked noodles[J]. Cereals & Oils, 2020, 33(8): 45-50.
- [7] 梁赢. 低聚热凝胶的共培养发酵及其生物活性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2018.
LIANG Y. Oligo-curdlan production by co-cultivation fermentation and its biological activity[D]. Wuxi: Jinagnan University, 2018.
- [8] 詹晓北, 韩杰. 热凝胶的性质及其在食品中的应用[J]. 食品工业科技, 2001, 22(2): 85-88.
ZHAN X B, HAN J. Properties of curdlan and its applications in food[J]. Science and Technology of Food Industry, 2001, 22(2): 85-88.
- [9] LIANG Y, QU Z, LIU M, et al. Effect of curdlan on the quality of frozen-cooked noodles during frozen storage[J]. Journal of Cereal Science, 2020, 95: 103019.
- [10] CARINI E, VITTADINI E, CURTI E, et al. Effect of different mixers on physicochemical properties and water status of extruded and laminated fresh pasta[J]. Food Chemistry, 2010, 122(2): 462-469.
- [11] SCHIRMER M, JEKLE M, BECKER T. Quantification in starch microstructure as a function of baking time[J]. Procedia Food Science, 2011, 1(1): 145-152.
- [12] NAKAO Y, KONNO A, TAGUCHI T, et al. Curdlan: Properties and application to foods[J]. Journal of Food Science, 2010, 56(3): 769-772.
- [13] 张海龙, 关志伟, 杨俊杰. 可得然胶的性质及应用[J]. 中国食物与营养, 2010(1): 36-39.

- ZHANG H L, GUAN Z W, YANG J J. Properties of curdlan and its applications[J]. Food and Nutrition in China, 2010(1): 36–39.
- [14] LORENZO G, ZARITZKY N E, CALIFANO A N. Rheological characterization of refrigerated and frozen non-fermented gluten-free dough: Effect of hydrocolloids and lipid phase[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 50(2): 255–261.
- [15] LIANG Y, QU Z, LIU M, et al. Further interpretation of the strengthening effect of curdlan on frozen cooked noodles quality during frozen storage: Studies on water state and properties[J]. Food Chemistry, 2020, 346: 128908.
- [16] 文三彬. 煮制对面条中蛋白质及食用品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2015.
- WEN S B, Effect of cooking on the protein of noodle and edible quality[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2015.

Effect of Curdlan on the Quality of Frozen Cooked Noodles Using Low Gluten Flour

Liu Hao¹, Liang Ying¹, Zhu Mengfei¹, Liu Mei², Feng He¹, Zhang Xia¹, Wang Jinshui^{1*}

¹College of Biological Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001

²College of Food Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001)

Abstract Frozen cooked noodles (FCNs), as a convenient food, can be frozen and stored for a long time. In this paper, FCNs using low gluten wheat flour were investigated as a possible replacement and strengthening of gluten by curdlan. A systematic analysis of the structure, chewiness, and moisture variations of the FCNs was carried out by means of pressed slice observation, texture determination, and NMR, respectively. The results showed that the cooking caused a decrease in the stability of the internal structure of FCNs and a decrease in firmness and tackiness. Compared to the control (0.0%), the addition of 0.5% curdlan resulted in a homogeneous and compact internal structure of FCNs, and significantly increased the firmness (63.75–75.87 g) and viscosity (1.22–1.41 g·sec) of FCNs after cooking (7 min). In addition, the addition of 0.5% curdlan reduced the time for water to reach the center of the noodles from 5 min to 3 min and the free water content from 91.957% to 91.220%. The addition of 0.5% curdlan significantly inhibited the destruction of the internal homogeneity of FCNs using low gluten wheat flour during the cooking process, and reduced the decrease of the firmness and toughness of FCNs during the cooking process, which is of positive significance for the application and promotion of curdlan.

Keywords curdlan; frozen cooked noodles; cooking process; chewiness properties; moisture variation