

刘健飞, 郑学玲, 刘翀. 不同水分含量对复合压延面片力学性质及面条品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(17): 64–69. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120176

LIU Jianfei, ZHENG Xueling, LIU Chong. Effects of Different Moisture Content on the Mechanical Properties of Compound Sheeting Dough Sheet and the Quality of Cooked Noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(17): 64–69. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120176

· 研究与探讨 ·

不同水分含量对复合压延面片力学性质及面条品质的影响

刘健飞, 郑学玲, 刘 翀*

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

摘要:通过添加不同量的水分(30%、34%、38%)制成面片和面条,分析不同压延次数(2、4、6、10、20、40道)下制成的面片和面条拉伸特性的变化规律、面片的微观结构和面条的蒸煮品质。结果表明:随着压延次数的增加,面片的破裂应力和破裂应变先增大后减小,破裂应力在压延4道时达到最大值(6.06、4.78、2.81 kPa);面条的拉断力和拉断距离也先增大后减小,最大值出现在压延4次时(17.31、15.49、12.98 g);压延4次的面片具有最连续完整的面筋网络微观结构;压延6次的面条具有最小的吸水率(155.28%、147.46%、121.21%)和蒸煮损失(8.16%、6.88%、5.61%)。随着水分含量增加,面片的破裂应力减小,破裂应变增加;面条的拉断力从17.31 g显著降低到12.98 g ($P<0.05$);面条拉断距离显著增大(65.45~99.48 mm) ($P<0.05$)。综合分析,数据表明复合压延面片的强度指标(破裂应力和破裂应变)可以用来预测面条的拉伸品质特性;34%加水量条件下,压延4次制作的面条具有最好的拉伸性能,压延6次制作的面条具有最好的蒸煮品质。

关键词:面片,面条,水分含量,拉伸特性,单向复合压延次数,蒸煮品质

中图分类号:TS210.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2021)17-0064-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120176



本文网刊:

Effects of Different Moisture Content on the Mechanical Properties of Compound Sheeting Dough Sheet and the Quality of Cooked Noodles

LIU Jianfei, ZHENG Xueling, LIU Chong*

(College of Grain, Oil and Food, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: By adding different amounts of water (30%, 34%, 38%) to make dough and noodles, the tensile properties of dough and noodles, the microstructure of the dough sheets and the cooking quality of the noodles were analyzed under different sheeting times (2, 4, 6, 10, 20, 40 passes). The results showed that: with the increase of sheeting times, the rupture stress and rupture elongation of the noodle dough first increased and then decreased, and reach the maximum value (6.06, 4.78, 2.81 kPa) at the fourth pass of sheeting; the tensile force and tensile distance of noodles also increased first and then decreased, and the maximum value appeared when sheeting 4 times (17.31, 15.49, 12.98 g); the most continuous and complete microstructure of gluten network was found in the four sheeted passes; the water absorption (155.28%, 147.46% and 121.21%) and cooking loss (8.16%, 6.88% and 5.61%) of the noodles were the lowest after six sheeting passes. With the increase of moisture content, the rupture stress decreased and the rupture elongation increased. The tensile force of noodles was significantly decreased from 17.31 g to 12.98 g ($P<0.05$). Noodle breaking distance was significantly increased (65.45~99.48 mm) ($P<0.05$). Comprehensive analysis, the data showed that the strength indicators (rupture stress and rupture elongation) of the compound sheeting dough sheet can be used to predict the tensile quality characteristics of the noodles; under the condition of 34% water addition, the noodles made by 4 times sheeting had the best tensile properties, and the noodles made by 6 times sheeting had the best cooking quality.

收稿日期: 2020-12-21

基金项目: 国家自然科学基金河南联合基金重点项目(U1604235)。

作者简介: 刘健飞(1997-),男,硕士研究生,研究方向:谷物化学与品质,E-mail: liujianfei@126.com。

*通信作者: 刘翀(1978-),男,博士,副教授,研究方向:谷物化学与品质,E-mail: liuchong@126.com。

Key words: dough sheet; noodle; moisture content; tensile property; sheeting time; cooking quality

面条是中国和很多亚洲国家日常饮食中的传统主食之一^[1], 由于其简单的制作方法和营养健康的特点深受人们的喜爱^[2]。面条制作过程中合适的水分含量能够使面粉水化并形成均匀的面筋网络, 过多或过少的水分都会对面筋网络的形成造成不利的影响^[3]。

在不同面制品的制作过程中, 面包的加水量大约为面粉质量的 60% 左右, 馒头为 45% 左右, 生鲜面为 34% 左右, 挂面为 30% 左右^[4]。面条面团的加水量较低(28%~38%), 加水量不足的面团比较硬, 延展性也较差, 同时面片的表面会出现许多不均匀的白点, 从而影响面条的外观品质^[5]; 而过多的水分会导致面团粘辊, 对面条的后续制作过程造成不便, 同时导致面条口感不佳^[6]。Hardt 等^[7]发现当面团的加水量从 43.5% 降低到 34% 时, 面团的粘弹性模量都有不同程度的增加, 而最大蠕变柔量降低。同时, 加水量的增大会导致面条亮度的降低^[8]。Park 等^[9]发现加水量的增加会促进面筋蛋白的形成, 面团弹性增大, 煮后面条的硬度随加水量增加而降低。以上研究大都固定面团及面条的制作过程(固定压延次数), 并未涉及压延次数对面团特性变化的影响。

Morgenstern 等^[10]研究压延次数对高水分面包的流变学影响发现面团的破裂应力和破裂应变存在一个先增加后减小的过程。李逸群^[11]研究压延次数对馒头品质的影响, 发现过多的压延次数会使馒头品质发生劣变。目前压延次数对面团品质的影响仅局限于高水分的面包、馒头面团, 对低水分面条面团的影响研究却很少。

因此本实验通过添加不同含量的水分(30%、34%、38%), 测定不同的单向复合压延次数对面片力学性质和面条品质的影响, 以期探寻低水分面条面团在压延过程中能够表征面筋网络发展状态的力学指标, 以及这些指标与面条品质的关系, 为面条的工业化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

市售香雪麦纯富强粉 沈阳香雪面粉有限公司(水分含量为 13.43%、灰分含量为 0.39%、蛋白含量为 11.34%、湿面筋含量为 28.66%); 食品级塑料自封袋 郑州新丰化验器材有限公司提供。

JHMZ 型针式和面机 北京东孚久恒仪器技术有限公司; JMTD168/180 型试验面条机 北京东方孚德技术发展中心; TA-XT 型质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司; DZ-4002D 型真空包装机 河南郑州星火包装机械有限公司; SPX 型立式温控箱 北京鑫润科诺仪器公司; FEG 扫描电镜 美国 FEI 公司; LGJ-18C 冷冻干燥机北京博医康实验仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 面片的制作 参考 Song 等^[12]的方法稍作修

改, 分别称取 150 g 面粉, 30%、34%、38%(以面粉质量为基准)的水分, 一起加入针式和面机内并和面 7 min, 之后将搅拌得到的面絮置于自封袋中密封完全, 在 25 ℃ 的醒发箱中醒发 20 min。将醒发之后的面絮放入顶部未封闭的长方形木制模具(160 mm×140 mm×9 mm)中放置均匀, 用配套的模板轻压制成型。随后将压制过后的面片在 3 mm 轧距下的面条机上分别进行 2、4、6、10、20、40 次复合压延。每次压延都将面片折叠一次, 按照相同的方向进行压延。压延完成之后静置面片 1 min, 随后在其 4 个不同部位测定面片厚度, 为之后的流变学实验做准备。

1.2.2 面条的制作 参照张颜颜等^[13]的方法进行稍作修改。面片在轧距为 3 mm 下分别复合压延一定的次数(2、4、6、10、20、40), 之后通过轧距为 2.0、1.8、1.6、1.4、1.2、1.0 mm 的压辊进行连续压延, 最后将压好的面片切成 2 mm 宽的面条, 置于自封袋中备用。

1.2.3 面片的流变学测定 采用 TA-XT 型质构仪, 根据 Morgenstern 等^[10]的方法经过适当的修改, 用直径 110 mm 的圆形刀具从复合压延之后的面片中心取样, 将得到的圆形面片用两个带有 63 mm 直径圆孔的不锈钢平板(HDP/TPB 的探头夹具)固定于测试平台上。测试探头为 P36R; 测前和测后速度为 1、5 mm/s; 测试速度为 1 mm/s。探头下压面片直至破裂, 测定面片破裂时的最大拉断力和最大延伸度。其中应力(σ)被定义为面片拉伸过程中垂直于力作用方向上每单位面积上的力, 应变(ε)被定义为面片拉伸过程中面片的形变与初始厚度的比例。根据力、位移和时间的原始数据, 应力、应变的计算公式为:

$$\sigma(t) = \frac{F(t)}{2\pi R h_0} \cdot \frac{tv}{l_0} \quad \text{式 (1)}$$

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{2} \cdot \ln \left[1 + \left(\frac{tv}{l_0} \right)^2 \right] \quad \text{式 (2)}$$

式中, $F(t)$ 表示探头记录的力, N; t 表示探头下压的时间, s; R 表示探头和圆孔边长之间的平均半径, mm; h_0 表示面片的厚度, mm; v 表示探头的速度, mm/s; l_0 表示探头和圆孔边缘之间的距离, mm。

参考 Song 等^[12]的研究, 面片在破裂(力最大时)的应力和应变分别被定义为破裂应力(σ_R)和破裂应变(ε_R)。每个测定做 3 次重复。

1.2.4 面片的微观结构测定 将制作好的面片用液氮迅速冷冻, 随后进行真空冷冻干燥。将冻干好的面片掰断, 选取具有平整自然断裂面的样品固定于圆形样品台上, 喷金处理后在电镜扫描仪上放大 2000 倍进行观察面片的微观结构, 电压为 3.0 kV。

1.2.5 面条的蒸煮特性测定 称取 15 g 的生面条放于 500 mL 的沸水中煮至最佳蒸煮时间(面条中心部

分的白芯消失)。将面条捞出至于冷水中浸泡 30 s, 之后将面条放置于滤纸上吸水 5 min 后进行称重。将煮面汤和冷却水倒入 1000 mL 的容量瓶中定容, 后称取 50 mL 到恒重的铝盒中, 最后将铝盒在 105 ℃ 烘箱中烘干到恒重。面条的干物质吸水率和蒸煮损失率计算公式如下^[14]:

$$\text{干物质吸水率}(\%) = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad \text{式 (3)}$$

$$\text{蒸煮损失率}(\%) = \frac{(m \times 20)}{[m_0(1 - w)]} \times 100 \quad \text{式 (4)}$$

式中, m_1 为煮后沥干面条的质量, g; m_0 为煮前面条的质量, g; m 为 50 mL 面汤干物质质量, g; w 为煮前面条的水分含量, %。

1.2.6 煮熟面条的拉伸特性测定 取 20 根左右的面条至于 500 mL 沸水中, 将面条煮至面条中心部分的白芯消失为最佳状态。立即捞出并在 300 mL 冷水中冷却 30 s, 随后捞出面条在湿纱布下静置 1 min 后用质构仪测定煮熟面条的拉断力和拉断距离^[15-16]。探头类型: Code A/SPR; 测前和测后速度分别为 2、2 mm/s; 测试速度为 1 mm/s; 触发力: Auto-5.0 g, 每个样品做 5 次平行实验。

1.3 数据处理

实验数据以 3 次平行实验的平均值±标准差表示, 使用 SPSS 23 软件对数据进行分析和使用 Origin 2018 对数据进行绘图, 同时采用 Duncan 检验方法, 在 $P < 0.05$ 的水平下进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同加水量条件下单向复合压延对面片流变学特性的影响

不同加水和复合压延次数下面片破裂时的原始最大拉断力和最大拉伸距离如表 1 所示。在整个压延的过程中, 面片的拉伸力和延伸度都呈现出先增大后减小的趋势, 且两者都在压延 4 次时最大。由表 1 可见, 随着面团加水量的增大, 面片破裂时的最大拉断力显著($P < 0.05$)减小, 表明水分含量更高, 使面片破裂所需要的力就更小。在压延 4 次时, 对于加水量为 30%、34%、38% 的面片, 最大拉断力分别为 2659、1935 和 969 g。造成这一现象的原因: 一方面, 随着加水量的增多, 加速了面团中蛋白质的吸水膨

胀, 从而形成更加伸展柔顺的面筋网络结构, 其塑性增加而硬度下降; 另一方面, 含水量增加导致自由水含量也随之增加, 而水具有塑化作用, 会促进面筋的润滑移动, 从而使拉断力逐渐下降。这与经典的粉质拉伸试验具有相同的现象: 水分含量的增加降低了粉质拉仪的扭矩(表现为 BU 的降低)^[17]。Mastromatteo 等^[3]研究了不同加水量对面包面团流变学性质的影响, 也得到了相似的结论: 高水分面团变形需要的力更小, 且随着水分含量的增加, 面片破裂时的拉伸距离也显著($P < 0.05$)增加。Letang 等^[18]也表明过多的水分会使得面团软化。

在面片的拉伸过程中, 面片的厚度和形状是一直在发生变化的, 为了去除拉伸过程中面片厚度和形状的影响, 选择引入破裂应力及破裂应变来表征面片拉伸性质的变化。其中破裂应力反映的是面片的强度及抗拉伸性能, 破裂应变反映的是面片的延伸度。

图 1 表示的是不同加水条件下复合压延过程中面片破裂应力的变化。由图 1 中可以明显看出, 在三个水分含量下, 随着压延次数的逐渐增加, 破裂应力都先增加后显著($P < 0.05$)减小, 且都在复合压延 4 次出现最大值(6.06、4.78、2.81 kPa), 压延 20 次后破裂应力的变化趋于平缓。面片的破裂应力在复合压延过程中的变化规律和高水分面团和面过程中阻力的变化规律很相似: 在和面开始阶段, 面团的面筋网络逐渐形成, 面团的强度逐渐增大; 随着和面时间

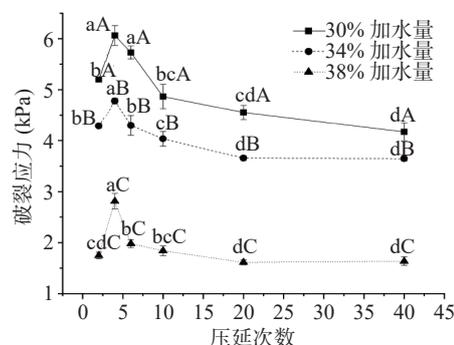


图 1 不同加水量条件下的复合压延对面片破裂应力的影响

Fig.1 Effect of compound sheeting under different water addition conditions on rupture stress of dough sheet

注: 同一加水量下不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$); 同一压延次数下不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$); 图 2~图 5 同。

表 1 不同加水量条件下的复合压延对面片的拉伸特性的影响

Table 1 Effect of compound sheeting under different water addition conditions on tensile properties of dough sheet

	加水量(%)	压延次数					
		2	4	6	10	20	40
最大拉断力(g)	30	2498.90±8.77 ^{bcA}	2659.00±59.74 ^{aA}	2578.10±124.40 ^{abA}	2385.90±26.02 ^{cA}	2226.20±27.38 ^{dA}	2248.20±64.12 ^{dA}
	34	1794.90±25.74 ^{bb}	1935.30±20.41 ^{ab}	1726.30±54.15 ^{cbB}	1670.90±28.65 ^{cdB}	1530.30±27.47 ^{eB}	1628.30±33.19 ^{dB}
	38	650.50±25.07 ^{cdC}	969.10±37.26 ^{ab}	709.70±37.85 ^{bc}	673.20±26.07 ^{bcC}	594.80±17.94 ^{dC}	629.60±24.38 ^{cdC}
最大延伸度(mm)	30	20.06±0.12 ^{bcC}	22.00±1.14 ^{cC}	21.40±0.56 ^{abC}	19.68±0.88 ^{cC}	19.81±0.62 ^{cC}	17.88±0.29 ^{dC}
	34	23.04±0.10 ^{cB}	23.80±0.23 ^{abB}	24.00±0.66 ^{ab}	23.30±0.44 ^{abcB}	23.20±0.30 ^{bcB}	21.80±0.26 ^{dB}
	38	25.90±0.53 ^{cdA}	27.99±0.43 ^{aA}	26.90±0.35 ^{ba}	26.30±0.35 ^{bcA}	26.10±0.61 ^{bcA}	25.10±0.44 ^{dA}

注: 同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$); 同列不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$); 表 2 同。

增加, 面团被过度搅拌, 破坏了原有的连续面筋网络结构, 面团强度下降而变得又软又粘, 面团抗拉伸能力下降^[19]。同时发现随着水分含量的增加, 面片的破裂应力显著($P < 0.05$)下降, 这是由于水分的塑化作用造成的结果^[20]。

不同加水条件下复合压延过程中面片破裂应变的变化如图 2 所示, 随着压延次数的增加, 30% 和 38% 水分条件的面片的破裂应变和应力的变化趋势相同且都在第 4 次出现最大值, 34% 水分的面片在第 6 次出现最大值。这与面片的最大延伸度变化规律也相同, 这是因为随着压延过程的进行, 过多的压延次数破坏了原本已经完善的面筋网络结构, 从而使面片的延展性下降。当水分含量增加, 破裂应变也显著($P < 0.05$)增加, 这可能是由于一定范围内水分增加促进了面筋蛋白分子伸展并通过次级键相互缠结, 增大了面筋网络的延展性。这与 Hardt 等^[7]的研究相似: 随着水分含量增加(33%~44.8%), 面团的延伸度增加。综上所述, 压延 4 次得到的面片具有最好拉伸特性, 38% 加水量的面片虽然具有最大的破裂应变, 但是由于在此水分含量下面片过于柔软其黏性过大, 不利于面片的压延操作, 所以当前实验条件下, 34% 加水量的面片具有最好的操作特性。

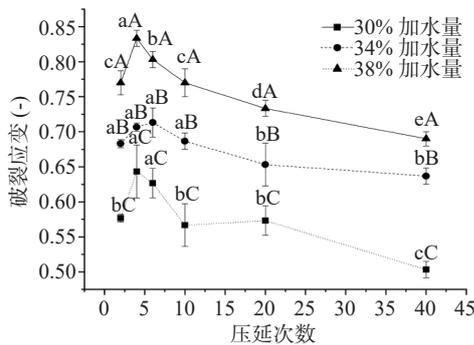


图 2 不同加水量条件下的复合压延对面片破裂应变的影响
Fig.2 Effect of compound sheeting under different water addition conditions on rupture elongation of dough sheet

2.2 单向复合压延对面片微观结构的影响

不同压延次数的面片微观结构如图 3 所示。由图 3 可以清楚的看到面片的面筋网络结构, 连续的网络物质为蛋白质, 大颗粒物质为淀粉颗粒。随着压延次数的增加(2~4 次), 面筋网络结构变得更加紧密。蛋白质彼此粘连, 淀粉分子被紧密的包裹其中,

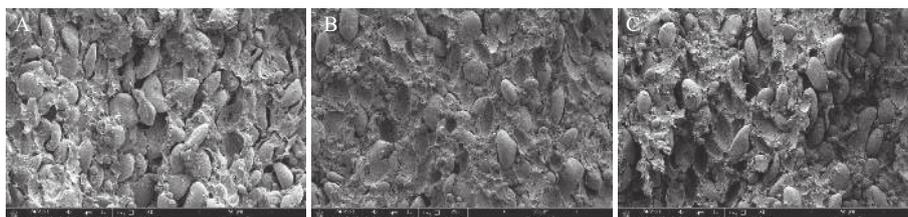


图 3 不同复合压延次数对面片微观结构的影响

Fig.3 The influence of different compound sheeting times on the microstructure of dough sheet
注: A~C 分别表示复合压延次数为 2、4、20 次, 放大倍数(2000x)。

形成平整连续的网络结构。随着压延的继续进行, 20 次压延获得的面片中网络结构出现较大的空隙, 部分淀粉分子裸露在外, 网络结构变差。这是由于在初始压延阶段, 适当的压延操作促进蛋白质、淀粉、水分子等物质的相互作用, 形成连续的面筋网络。而之后过度的压延, 在挤压力的不断作用下, 面筋网络遭到了破坏。压延次数对面片微观结构的影响与前文中对面片流变学特性影响相一致: 过多的压延次数(20 次)降低了面片的破裂应力和破裂应变, 使面片的强度和延伸度大大降低。

2.3 不同加水量条件下单向复合压延对面条蒸煮特性的影响

图 4 为不同加水量条件下的复合压延对面条吸水率的影响。由图 4 可知, 随着压延次数的增加, 30% 水分含量下的面条吸水率逐渐增大, 在复合压延 40 次处出现最大值(167.55%); 34% 和 38% 水分含量的面条吸水率先减小后增大, 吸水率在复合压延 6 次出现最小值(147.46%、121.21%)。这可能是由于在水分较充分时(>30%), 在压延初始阶段, 面片的面筋网络结构在压延过程中逐渐完善, 淀粉和蛋白质的缠绕越来越紧密, 面筋网络紧密的包裹住淀粉颗粒, 在面条的煮制过程中淀粉颗粒不易糊化吸收水分, 从而使吸水率降低。而随着压延的继续进行, 过度的压延使面片的面筋网络结构遭到破坏, 缺少面筋蛋白的阻碍, 越来越多的淀粉暴露出来, 淀粉糊化后体积膨胀从而吸收更多的水分^[21]。相反, 对于 30% 水分, 由于缺少足够的润滑剂, 随着压延次数增加, 机械力可能对面筋紧密结构有破坏作用, 造成吸水率增加。在不同的加水量方面, 随着加水量的增多, 面条的吸水率显著($P < 0.05$)下降, 38% 水分含量的吸水率下降尤其明显。这可能是由于面片制作过程中过多的水分使蛋白质和淀粉充分吸水, 在煮制过程中淀粉吸收的水分减少, 因此面条的吸水率下降。

图 5 为不同加水量条件下的复合压延对面条蒸煮损失的影响。由图 5 可知, 三种水分含量下面条的蒸煮损失随着压延次数的增加表现出明显的先减小后增加的趋势, 且压延 6 次处的面条具有最小的蒸煮损失率(8.16%、6.88%、5.61%)。这是由于过多的压延操作破坏了面筋网络结构, 网络结构对淀粉的束缚能力减弱, 淀粉易在煮制的过程中脱离, 致使高

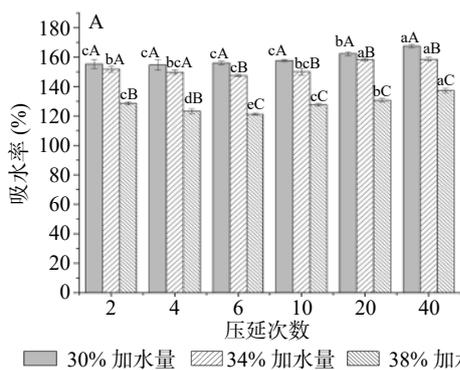


图4 不同加水量条件下的复合压延对面条吸水率的影响

Fig.4 Effect of compound sheeting under different water addition conditions on waterabsorption rate of noodle

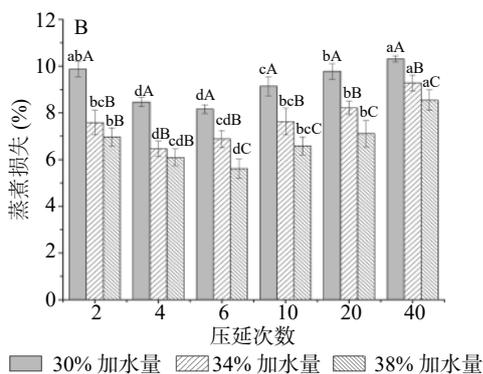


图5 不同加水量条件下的复合压延对面条蒸煮损失的影响

Fig.5 Effect of compound sheeting under different water addition conditions on cooking loss rate of noodle

压延次数的面条蒸煮损失较大。此外,面条的蒸煮损失随着加水量的增加,表现出和吸水率相同的趋势。这与张美莉等^[22]的研究结果一致:随着加水量增加(40%~48%),豌豆面条的吸水率逐渐降低。这可能是由于当水含量增加时,更多的水分参与面筋网络的形成,面筋网络形成得更加连续,与淀粉结合得更加紧密。所以压延6次,38%加水量条件下制作的面条具有最好的蒸煮特性。

2.4 不同加水量条件下单向复合压延对面条拉伸特性的影响

表2为不同加水量条件下单向复合压延对面条拉伸特性的影响。从表2中可以看出:在三种水分含量下,随着压延次数的增加,面条的拉断力都先增大后减小。总体都在压延4道处最大(17.31、15.49、

12.98 g),即此处的拉伸力要显著大于压延20道和40道处的拉伸力($P<0.05$)。这与前面面片的拉伸力变化趋势相一致。即在压延的过程中,无论是复合压延过程中面片还是最后的面条制品,力学强度性质均遵循相同的变化规律,都呈现出先增大后减小的规律。这可能是由于在压延的过程中,面筋网络随着压延次数的增加逐渐形成连续的结构,从而造成其抗拉伸能力(强度)的增大;而在10次压延之后,过多的压延次数开始破坏其连续的面筋网络结构,从而使其强度降低。另一方面,随着水分含量的增多,压延4次制得的面条的拉断力从17.31 g显著降低到12.98 g ($P<0.05$)。这可能由于过多的水分弱化了面筋网络结构,与水对面团的塑化作用有关。这与胡云峰等^[23]的研究相一致:生鲜面条的拉断力随着水含量的增加而显著降低。Park等^[9]同样发现随着水分含量的增加(31%~39%),面条的硬度显著降低。

在面条的拉断距离方面,在不同的压延次数下:加水量为34%时,面条拉断距离先增大后减小,且在压延6次出现最大值;加水量为30%和38%时,拉断距离的变化趋势和33%水分时相同,但却在第4次出现最大值。总体上和面条的拉断力表现出相同的规律。另一方面,当加水量增加,不同压延次数制得的面条拉断距离显著增大($P<0.05$)。这可能是由于加水量不足时,面筋网络结构形成不充分,整体延展性较差,当增加水分,面筋蛋白充分吸水,逐渐形成连续的网络结构从而增加了面团的延展性^[24]。汪师帅等^[25]研究水分对碱面条品质的影响时也发现,随着水分含量的增加(30%~35%~38%),碱面条的拉伸距离显著增加。所以在不同的水分含量下,压延4次制得的面条具有最好拉伸特性。34%加水量的面条具有最合适的拉伸特性。

3 结论

复合压延过程中,面片的破裂应力和破裂应变的演化具有一定规律性,均在压延4次时出现峰值(6.06、4.78、2.81 kPa)、(0.64、0.71、0.83),水分在增强面片塑性变形能力的同时也会弱化其强度。面片强度峰值出现时,面筋网络结构形成也较充分,说明面片力学指标可以指示面条面团的形成状态。虽然面片在复合压延之后还经过连续压延、切条和煮制等操作,但是,煮熟面条的拉伸特性与面片拉伸特性

表2 不同加水量条件下的复合压延对面条的拉伸特性影响

Table 2 Effect of compound sheeting under different water addition conditions on tensile properties of noodle

指标	加水量(%)	压延次数					
		2	4	6	10	20	40
拉断力(g)	30	14.78±0.30 ^{cdA}	17.31±0.92 ^{aA}	16.94±0.71 ^{abA}	15.95±0.76 ^{bcA}	14.54±0.43 ^{deA}	13.54±0.02 ^{eA}
	34	13.54±0.61 ^{dB}	14.85±0.55 ^{abB}	15.49±0.08 ^{dB}	14.45±0.49 ^{bcB}	12.54±0.28 ^{EB}	13.82±0.64 ^{cdA}
	38	11.89±0.66 ^{BC}	12.98±0.42 ^{cC}	12.03±0.12 ^{abC}	11.12±0.77 ^{bcC}	10.55±0.29 ^{cC}	10.51±0.41 ^{cB}
拉断距离(mm)	30	55.23±1.40 ^{bcC}	65.45±1.02 ^{cC}	60.51±1.90 ^{abC}	54.21±5.13 ^{cC}	46.15±2.13 ^{dC}	45.11±3.59 ^{dC}
	34	67.54±1.05 ^{BB}	69.15±1.54 ^{abB}	72.54±1.71 ^{dB}	61.51±1.76 ^{cB}	55.15±3.49 ^{dB}	58.54±2.18 ^{cdB}
	38	77.56±2.66 ^{DA}	99.48±1.71 ^{aA}	92.51±4.97 ^{BA}	85.51±2.62 ^{CA}	74.98±3.36 ^{deA}	68.45±3.87 ^{eA}

具有相同的变化趋势,即面条拉断力和拉断距离的最大值出现在压延 4 次时(17.31、15.49、12.98 g)、(65.45、69.15、99.48 mm),且水分对面条拉伸特性的影响也与其对面片拉伸特性的影响相似,表明复合压延面片的强度指标(破裂应力和破裂应变)可以用来预测面条的拉伸品质特性。煮熟面条的吸水率和蒸煮损失的峰值出现稍微滞后于其强度性质,表明采用面片强度指标预测面条的蒸煮品质需要谨慎处理。结合煮熟面条的蒸煮和拉伸特性分析可见,合适的加水量和复合压延次数(当前条件下为 34% 和复合压延 4~6 次)对于获得品质最佳的面条具有重要作用。

参考文献

- [1] 王俊俊, 邵华为, 郑学玲, 等. 巴氏灭菌对生鲜面条品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019(12): 70-76. [Wang Junjun, Shao Huawei, Zheng Xueling, et al. Effect of pasteurization on the qualities of fresh noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019(12): 70-76.]
- [2] Adejuwon O H, Jideani A, Falade K O. Quality and public health concerns of instant noodles as influenced by raw materials and processing technology[J]. Food Reviews International, 2020, 36(1/4): 276-317.
- [3] Mastromatteo M, Guida M, Danza A, et al. Rheological, microstructural and sensorial properties of durum wheat bread as affected by dough water content[J]. Food Research International, 2013, 51(2): 458-466.
- [4] Raun R R, Wang X, Chen P L, et al. Study of water in dough using nuclear magnetic resonance[J]. Cereal Chemistry, 1999, 76(2): 231-235.
- [5] Fu B X. Asian Noodles: History, classification, raw materials, and processing[J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902.
- [6] 李聪, 陆启玉, 章绍兵. 面条生产中熟化工艺的研究进展[J]. 农业机械, 2011(8): 69-71. [Li Cong, Lu Qiyu, Zhang Shaobing. Research progress of maturation technology in noodle production[J]. Agricultural Machinery, 2011(8): 69-71.]
- [7] Hardt N A, R M Boom, A J van der Goot. Wheat dough rheology at low water contents and the influence of xylanases[J]. Food Research International, 2014: 66.
- [8] Ye Y, Zhang Y, Yan J, et al. Effects of flour extraction rate, added water, and salt on color and texture of chinese white noodles[J]. Cereal Chemistry, 2009, 86(4).
- [9] Park C S, Baik B K. Flour characteristics related to optimum water absorption of noodle dough for making white salted noodles[J]. Cereal Chemistry, 2002, 79(6).
- [10] Morgenstern M P, Newberry M P, Holsti S E. Extensional properties of dough sheets[J]. Cereal Chemistry, 1996, 73(4): 478-482.
- [11] 李逸群. 面团压延对馒头品质影响的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2015. [Li Yiqun. Research on the influence of dough rolling on the quality of steamed bread[D]. Zheng Zhou: Henan University of Technology, 2015.]
- [12] Song M, Liu C, Hong J, et al. Effects of repeated sheeting on rheology and glutenin properties of noodle dough[J]. Journal of Cereal Science, 2019, 90: 102826.
- [13] 张颜颜, 郑学玲, 李利民, 等. 热处理及不同浓度食盐对生鲜面条品质及货架期的影响[J]. 食品工业科技, 2020(10): 13-18. [Zhang Yanyan, Zheng Xueling, Li Limin, et al. Effects of heat treatment and different concentrations of salt on the quality and shelf life of fresh noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020(10): 13-18.]
- [14] Zhou B L, Zhu F, Shan F, et al. Gluten enhances cooking, textural, and sensory properties of oat noodles[J]. Cereal Chemistry, 2011, 88(3): 228-233.
- [15] 崔晚晚, 李利民, 郑学玲, 等. 不同种类谷朊粉对新鲜面条品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2018(12): 43-49. [Cui Wanwan, Li Limin, Zheng Xueling, et al. The effect of different kinds of gluten on the quality of fresh noodles[J]. Cereals & Oils, 2018(12): 43-49.]
- [16] 许蒙蒙, 关二旗, 卞科. 谷朊粉和甘薯淀粉对面条品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2015(3): 28-34. [Xu Mengmeng, Guan Erqi, Bian Ke. The effect of gluten and sweet potato starch on noodle quality[J]. Cereal & Feed Industry, 2015(3): 28-34.]
- [17] Mi A, Nawrocka A, Dziki D. Behaviour of dietary fibre supplements during bread dough development evaluated using novel farinograph curve analysis[J]. Food & Bioprocess Technology, 2017, 10(6): 1031-1041.
- [18] Letang C, Piau M, Verdier C. Characterization of wheat flour-water doughs. Part I: Rheometry and microstructure[J]. Journal of Food Engineering, 1999, 41(2): 121-132.
- [19] 杨玉玲. 不同和面方式对面团流变特性及面条品质的影响[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(1): 53-54. [Yang Yuling. The effect of different kneading methods on the rheological properties of dough and the quality of noodles[J]. Modern Flour Milling Industry, 2020, 34(1): 53-54.]
- [20] 杨玉玲. 不同和面方式对面团流变特性和面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018. [Yang Yuling. The effect of different kneading methods on dough rheological properties and noodle quality[D]. Zheng Zhou: Henan University of Technology, 2018.]
- [21] 刘明, 田晓红, 汪丽萍, 等. 加水量对豌豆挂面品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(4): 7-12. [Liu Ming, Tian Xiaohong, Wang Liping, et al. The effect of water addition on the quality of pea vermicelli[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2015, 23(4): 7-12.]
- [22] 张美莉, 卢宇, 徐焯. 豌豆面条加工工艺的研究[J]. 食品工业, 2018, 39(9): 29-34. [Zhang Meili, Lu Ning, Xu Ye. Study on the processing technology of pea noodles[J]. Food Industry, 2018, 39(9): 29-34.]
- [23] 胡云峰, 王奎超, 陈媛媛. 不同加水量对生鲜面条品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(24): 88-92. [Hu Yunfeng, Wang Kuichao, Chen Yuanyuan. The effect of different water addition on the quality of fresh noodles[J]. Food Research and Development, 2017, 38(24): 88-92.]
- [24] Guo X N, Wei X M, Zhu K X. The impact of protein cross-linking induced by alkali on the quality of buckwheat noodles[J]. Food Chemistry, 2017, 221: 1178-1185.
- [25] 汪帅师, 毛响, 谭慧, 等. 水分对碱面条品质的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(6): 145-149. [Wang Sishuai, Mao Xiang, Tan Hui, et al. The effect of moisture on the quality of soda noodles[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(6): 145-149.]