

真空和面对苦荞麦鲜湿面品质的影响

张静雯¹, 于鑫², 高丽美², 申瑞玲^{2*}

(1. 河南职业技术学院智慧健康学院, 河南郑州 450046)

(2. 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南郑州 450001)

摘要: 以苦荞全粉为主要原料, 经真空和面后制作苦荞麦鲜湿面, 研究在 0.00~0.08 MPa 真空度范围内和面对苦荞麦鲜湿面的蒸煮特性、水分分布状态、质构特性、感官评特性及微观结构的影响。结果表明, 随着真空度的不断增加, 苦荞麦鲜湿面的蒸煮损失率和吸水率呈现先减少后增加, 整体呈下降趋势, 在真空度为 0.06 MPa 时达到最低值, 分别为 7.64% 和 109.61%; 经真空和面后, 随着真空度的变化, 面团中强结合水的含量从 8.67% 依次增加到 10.47%、12.50%、13.88%、11.99%, 苦荞麦鲜湿面的质构特性和感官特性得到明显改善; 在 0.00~0.08 MPa 真空度范围内, 面筋蛋白从聚集的团状逐渐均匀分散, 真空度为 0.06 MPa 时面筋网络连续致密, 0.08 MPa 时面筋网络出现劣化。总体而言, 真空度为 0.06 MPa 时, 苦荞麦鲜湿面品质最佳。经研究发现, 不同真空度制得的苦荞麦鲜湿面品质特性皆优于零真空度和面制得的苦荞麦鲜湿面。

关键词: 真空和面; 苦荞全粉; 鲜湿面

文章编号: 1673-9078(2024)11-289-296

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.11.1301

Effects of Mixing Dough under Vacuum on the Quality of Tartary Buckwheat Fresh Wet Noodles

ZHANG Jingwen¹, YU Xin², GAO Limei², SHEN Ruiling^{2*}

(1. Henan Polytechnic College, Intelligent Health College, Zhengzhou 450046, China)

(2. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Fresh wet Tartary buckwheat noodles were prepared using Tartary buckwheat whole grain flour as the main raw material. The dough was mixed under vacuum conditions. The effects of dough mixing at a vacuum range of 0.00~0.08 MPa on the cooking characteristics, water distribution, texture, sensory characteristics, and microstructure of the fresh wet noodles were examined. With the decrease in pressure, the fresh wet noodles exhibited a decrease in cooking loss and water absorption, followed by an increase, ultimately leading to an overall decline; both parameters reached their minimum (7.64% and 109.61%, respectively) at a pressure of 0.06 MPa. After mixing the dough in a vacuum, the percentage of strongly bound water in the dough increased from 8.67% to 10.47%, 12.50%, 13.88%, and 11.99% as the vacuum increased. The texture and sensory characteristics of the fresh wet Tartary buckwheat noodles were substantially improved. At a vacuum range of 0.00~0.08 MPa, gluten that was originally in clumps was gradually dispersed. The gluten network was continuous and dense

引文格式:

张静雯,于鑫,高丽美,等.真空和面对苦荞麦鲜湿面品质的影响[J].现代食品科技,2024,40(11):289-296.

ZHANG Jingwen, YU Xin, GAO Limei, et al. Effects of mixing dough under vacuum on the quality of tartary buckwheat fresh wet noodles [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(11): 289-296.

收稿日期: 2023-10-29

基金项目: 国家燕麦荞麦产业体系建设项目 (CARS07-E2-03)

作者简介: 张静雯 (1976-), 女, 硕士, 副教授, 研究方向: 食品营养与加工, E-mail: 912645717@qq.com

通讯作者: 申瑞玲 (1967-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 谷物营养与加工, E-mail: shenrl1967@163.com

at 0.06 MPa and deteriorated at 0.08 MPa. In general, at 0.06 MPa, the quality of fresh wet Tartary buckwheat noodles was the best. The fresh wet Tartary buckwheat noodles prepared under different vacuum conditions exhibited superior quality compared to those prepared under non-vacuum conditions.

Key words: dough mixing; vacuum mixing; Tartary buckwheat whole grain flour; fresh noodles

苦荞，蓼科的双子叶植物作物，主要生长在中国、俄罗斯、乌克兰和美国。苦荞富含蛋白质、脂类、维生素、膳食纤维和矿物质，以及黄酮、多酚等生物活性物质，具有降压、降血糖、降血脂等保健功能，是一种药食两用的粮食资源^[1]。近年来，苦荞营养和药用价值备受业界关注。章培军等^[2]研究发现，苦荞粗粮饼干对糖尿病患者血糖的控制具有积极的作用。由于这些营养和功能上的优势，各种苦荞食品已经在全世界范围内生产和消费，其中以苦荞面条最为常见。目前，市售的苦荞面条主要以苦荞麦挂面、苦荞麦半干面、苦荞麦鲜湿面等为主。其中，鲜湿面是指在制备面条后立即包装的面条（含水量32%~38%），与挂面相比，其水分含量较高，分子结构中的淀粉分子和面筋蛋白充分吸水而胀润，具有新鲜、爽口、筋道等特点^[3]。孔维凤等^[4]采用单因素试验和响应面试验，确定了高添加苦荞面条的最优配方中苦荞粉的添加量为62%。目前，市场上销售的大多数荞麦产品均为小麦粉与苦荞粉以一定比例混合制备而成，苦荞粉添加比例较低，一般为30%左右。苦荞粉中的面筋含量较低，和面过程中不能形成有效的面筋网络结构，因此在面条中的添加量十分有限，当苦荞粉添加量超过30%就会稀释小麦粉中的面筋蛋白含量，所形成的面团弹性、延展性下降，面带在压延过程中易断裂，对苦荞面的加工过程造成困难。所以，目前高比例苦荞挂面存在的问题主要是面带的加工性能差、面条的断条率和蒸煮损失较高等问题。通常采用原料改性、添加改良剂等方式增加苦荞粉的添加量，来改善苦荞麦鲜湿面品质。苦荞粉中淀粉的含量可达籽粒干重的70%，由于预糊化后的淀粉可以形成淀粉凝胶网络结构，本文在面团中加入预糊化后的苦荞粉，可使淀粉颗粒和非淀粉组分聚集到一起，促进面团成型，增加面团的黏弹性^[5]。

和面是面条加工的关键步骤之一，主要目的是通过机械作用使面粉颗粒水合，形成粒径小且均匀的面团碎屑^[6]。面条制作的第一步即和面，和面时要保证所处环境和设备的清洁，避免空气接触面团，和面时间应在5~10 min^[7]。真空和面是一种新型的

和面方法，主要通过影响面筋网络的水分分布和发展来影响面团的加工性能，它能改善混合过程中的水-固体相互作用，使水和面粉颗粒均匀结合，提高搅拌性能。另有研究^[8,9]表明，真空和面可诱导更高的蛋白质聚合度，并显著改变面团的巯基含量、二级结构、微观结构和延展性，增强面团结构的致密性。与针型面团混合、螺旋面团混合相比，真空和面得到的面团含水量最高，且面团弹性最佳，不黏稠，内部结构紧凑^[10]。研究还发现，真空和面能够使面筋网络更加紧密，淀粉颗粒很好地镶嵌在面筋蛋白中，可以提高面团的弹性和延伸性，改善面条的蒸煮品质。此外，真空和面对小麦面条的色泽、透明度等感官特性也有改善作用^[11]，但针对真空和面对苦荞麦鲜湿面品质影响的研究鲜有报道。

基于此，本研究拟通过不同真空度和面制备苦荞鲜湿面团，初步研究不同真空度对苦荞鲜湿面水分分布状态、质构特性、微观结构及面条品质的影响，以期苦荞麦鲜湿面为苦荞麦鲜湿面的制作及工业化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

苦荞全粉，山西雁门清高食品有限责任公司；食盐，市售；高筋小麦粉，五得利面粉有限责任公司。

1.2 试剂

二甲基亚砜，天津市风船化学试剂科技有限公司；耐热 α -淀粉酶、淀粉葡萄糖苷酶，上海源叶生物科技有限公司；醋酸钠缓冲液、葡萄糖标准溶液、荧光素5-异硫氰酸酯（FITC），阿拉丁试剂（上海）有限公司；罗丹明B、葡萄糖测定试剂（GOPOD），天津市四友精细化学品有限公司。

1.3 主要仪器设备

ZNH-75型真空和面机，潍坊格瑞食品机械有限公司；JYN-YM1型面条机，九阳食品有限公司；FCD-3000型电热恒温鼓风干燥箱，河南兄弟仪器设备有限公司；TA-XT plus型物性测定仪，英

国 Stable Micro Systems 公司；NM120 型低场核磁共振分析仪，上海纽曼电子科技有限公司。JSM-76490LV 型扫描电子显微镜，日本 JEOL 公司。

1.4 试验方法

1.4.1 苦荞全粉糊化度测定

准确称取 3.00 g 经蒸制 40 min 后苦荞全粉（26% 水分含量），与 25.00 mL 去离子水混合并搅拌 10 s，使用快速黏度分析仪进行测定得到苦荞全粉的糊化度为 96.42%。测定参数为^[12]：25 °C 恒温保持 10 min，其中 0~10 s 内转速 960 r/min，之后整个测定过程中转速保持 160 r/min。

1.4.2 苦荞麦鲜湿面制备

将水分含量为 26% 的苦荞全粉蒸制 40 min，得到糊化度为 96.42% 的苦荞全粉（简称高糊化度苦荞粉）。将质量分数为 65% 的苦荞全粉、20% 的高筋小麦粉和 15% 的高糊化度苦荞全粉共 500 g 置于真空和面机中，加入 200 g 质量分数为 1.5% 的食盐，设置 0.00、0.02、0.04、0.06、0.08 MPa 5 个真空度进行和面。面团经高速（85 r/min）搅拌 10 min 后，密封，常温静置熟化 5 min^[13]。面团用面条机 8.00、4.00 mm 轧辊间距连续压延成面带，以 4.00 mm 的轧辊间距再次折叠压延，切成为 4.00 mm、长度 20 cm 的条状面条，即制得苦荞麦鲜湿面。

1.4.3 吸水率和蒸煮损失率测定

1.4.3.1 吸水率

取不同真空和面制备的苦荞麦鲜湿面 50 g，加入 500 mL 沸水煮至最佳时间（4 min），将面条放入室水中冷却 1 min，取出，放在滤纸上沥干 5 min 称重。计算其吸水率^[14]。吸水率计算公式如下：

$$B = \frac{M_1 - M_2 \times (1 - W)}{M_2 \times (1 - W)} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

B ——吸水率（WA）；

M_1 ——煮后面条的质量，g；

M_2 ——煮前面条的质量，g；

W ——煮前面条的水分含量，%。

1.4.3.2 蒸煮损失率

取不同真空和面制备的苦荞麦鲜湿面 50 g，放入 500 mL 沸水中煮 4 min，捞出面条，面汤放置室温，定容至 500 mL。摇匀后取 100 mL 面汤，倒入恒重后的烧杯中，在电炉上加热，蒸发掉大部分水分，放入 105 °C 的烘箱中，直到重量恒定，记为 W 。

蒸煮损失率计算公式如下^[15]：

$$D = \frac{5 \times W}{50 \times (1 - C)} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

D ——蒸煮损失率（CLR）；

W ——恒重后烧杯增加的质量，g；

C ——面条蒸煮前的水分含量，%。

1.4.4 质构特性

使用物性测试仪测定面条样品质构特性^[16]。取 20 根苦荞麦鲜湿面煮 4 min，捞出放入常温水中冷却 30 s。取出三根面条，平行放置于载物台上，参数设置：测试前速度 1.0 mm/s，测试时速度 0.8 mm/s，测试期间使用 P36R 探头，每个样品平行测定 5 次。

1.4.5 水分分布

取 3 g 苦荞麦鲜湿面，用保鲜膜包裹后放入核磁共振仪专用玻璃管进行测试。采用 CPMG 序列进行测量。参数设定：采样点数 240070，重复扫描次数为 16，弛豫衰减时间为 1 500 ms^[14]。每个样品进行 5 次平行实验。

1.4.6 微观结构表征

1.4.6.1 扫描电子显微镜

将冷冻干燥后的苦荞麦鲜湿面切条约 5 mm，粘上导电胶，喷金处理 120 s，在扫描电镜（SEM）的真空样品室中观察样品的颗粒形貌^[17]。选取形貌清晰的部分放大 2 000 倍，工作电压为 3 kV。

1.4.6.2 激光共聚焦扫描显微镜

将苦荞麦鲜湿面切成约 10 mm 厚薄片置于载玻片上，用 0.25% 异硫氰酸荧光素和 0.025% 罗丹明染色液避光染色 15 min，用蒸馏水轻轻冲洗除去多余的染色液，盖好盖玻片置于激光共聚焦显微镜下观察横截面^[18]。放大倍数为 20×40 倍，截取清晰部分保存。

1.4.7 苦荞麦鲜湿面感官评价

参考侯惠花等^[19]的方法，感官评分采用百分制，总分 100 分，大于 85 分为优，60~85 分为良好，低于 60 分为差。将煮熟的苦荞麦鲜湿面放于容器中，选出 20 名评委（10 男 10 女），包括受过培训的学生和教师，教师年龄范围在 40~60 岁，学生年龄范围在 18~28 岁，每位评委依次对 5 个面条样本进行评价。评价指标有色泽、外观状态、适口性、韧性、粘性、光滑性及味道的喜好程度。感官评价指标的描述情况如表 1。

表 1 苦荞麦鲜湿面的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of Tartary buckwheat fresh wet surface

项目	分值/分	评分标准
色泽	15	色泽光亮, 呈淡绿色 (11~15 分) 色泽一般, 颜色偏暗 (6~10 分) 色泽较差, 呈灰绿色 (1~5 分)
组织状态	10	表面光滑, 结构细密 (7~10 分) 表面较光滑, 结构较细密 (4~6 分) 表面粗糙、膨胀、变形严重为 (1~3 分)
适口性	15	软硬度适中 (11~15 分) 稍偏硬或者软 (6~10 分) 太硬或太软 (1~5 分)
韧性	15	有咬劲、富有弹性 (11~15 分) 较劲一般、弹性一般为 (6~10 分) 咬劲差、弹性不足为 (1~5 分)
黏性	15	爽口、不黏牙 (11~15 分) 较爽口、稍黏牙为 (6~10 分) 不爽口、发黏为 (1~5 分)
光滑性	15	面条光滑 (11~15 分) 光滑程度一般为 (6~10 分) 光滑程度差为 (1~5 分)
味道	15	无异味 (11~15 分) 苦味较轻, 可接受 (6~10 分) 有强烈苦味 (1~5 分)

1.5 数据处理

采用 Origin 2021 作图和 IBM SPSS Statistics 21 进行数据统计分析。通过 Tukey 检验以评估实验平均值之间的显著差异, $P < 0.05$, 使用方差分析 (ANOVA) 不同样品之间的差异。数据以 (平均值 ± 标准差) 的形式表示, 所有实验均进行 3 次平行。

2 结果与分析

2.1 真空和面对苦荞麦鲜湿面蒸煮特性的影响

蒸煮损失率和吸水率是衡量面条质量的重要指标。吸水率可反映面条在蒸煮过程中吸水膨胀的程度。吸水率过高时, 表明面条过度膨胀, 筋道感差; 吸水率过低时, 表明面条的硬度过大, 咀嚼性差^[20]。不同真空度和面对苦荞麦鲜湿面的蒸煮特性的影响如图 1 所示。由图 1 可知, 随着真空度的增加, 苦荞麦鲜湿面的蒸煮损失率与吸水率先降低后增加, 但整体呈下降趋势, 在真空度为 0.06 MPa 时达到最低值, 分别为 7.64% 和 109.61%, 这是由于无真空度时淀粉吸水膨胀过度, 使面筋网络结构的崩裂和烹煮时淀粉等的溶出, 导致蒸煮损失率增加^[21]。单珊^[22]则通过研究发现, 在真空条件下进行

适当的搅拌, 可使面筋网络更加致密, 淀粉颗粒与面筋蛋白充分结合, 从而改善面团的弹性和拉伸性能, 提高面条的蒸煮品质。真空度为 0.06 MPa 时, 混合面团的面筋网络结构更加连续致密, 水分不易进入网络内部, 同时淀粉不易游离出来, 造成蒸煮损失率与吸水率减少; 如果真空度过高, 搅拌室中的氧气浓度就会过低, 不利于自由巯基氧化形成二硫键和蛋白质聚合, 巯基含量增加, 导致麦谷蛋白结构的化学分解, 从而减少面团表面面筋的形成, 降低蛋白质分布的均匀性, 导致蒸煮损失率与吸水率增加^[23]。

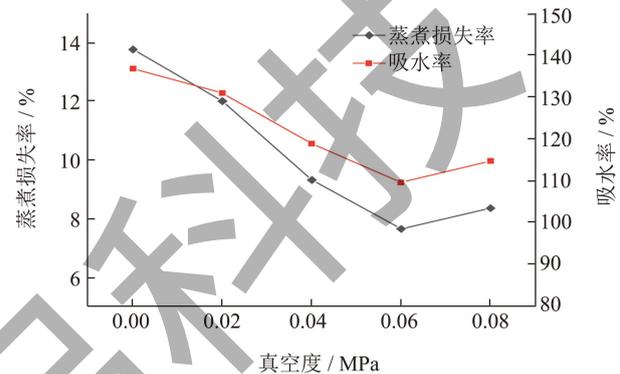


图 1 不同真空度和面对苦荞麦鲜湿面蒸煮特性的影响
Fig.1 Influence of different vacuum degree and cooking characteristics of Tartary buckwheat whole flour fresh wet noodle

2.2 真空和面对苦荞麦鲜湿面质构特性的影响

不同真空度和面对苦荞麦鲜湿面质构特性的影响见表 2。由表 2 可知, 与无真空度相比, 真空和面显著增加了苦荞麦鲜湿面的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性 ($P < 0.05$)。苦荞麦鲜湿面的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性随着真空度的增加而增加, 在真空度 0.06 MPa 时达到最大值后, 出现回落。表明在 0.00~0.06 MPa 范围内真空度越高, 真空和面制得的苦荞麦鲜湿面条的结构越稳定, 蛋白质之间的结合程度更加紧密, 鲜湿面中蛋白质二硫键含量逐渐增加, 鲜湿面品质增加, 0.06 MPa 时苦荞麦鲜湿面品质最佳。随着真空度继续增大, 使面筋网络过度蓬松发生劣化, 使得面团的表面不能完全被面筋包裹而变得不再光滑, 导致硬度、弹性、胶着性和咀嚼性下降^[24]。而张毅等^[25]也通过比较真空与非真空和面对面团拉伸和蛋白质特性的影响发现, 真空和面提高了面团拉伸率, 促进了面筋蛋白形成面筋, 并得出结论真空和面过程中的加水量对面团延伸性有积极影响。

表 2 不同真空度和面对苦荞麦鲜湿面质构特性的影响

Table 2 Effect of different vacuum degree and texture characteristics of fresh wet surface of Tartary buckwheat whole powder

真空度/MPa	硬度/g	弹性	胶着性	咀嚼性
0.00	5 653.08 ± 9.39 ^a	0.90 ± 0.00 ^a	5 949.90 ± 20.72 ^a	1 934.14 ± 11.63 ^a
0.02	5 821.01 ± 10.17 ^b	0.91 ± 0.00 ^{ab}	6 045.42 ± 10.57 ^b	1 978.09 ± 15.04 ^b
0.04	5 879.23 ± 13.21 ^c	0.93 ± 0.01 ^c	6 119.26 ± 20.15 ^c	2 008.76 ± 12.04 ^{bc}
0.06	5 982.20 ± 15.78 ^c	0.96 ± 0.01 ^d	6 183.72 ± 24.78 ^d	2 029.14 ± 19.29 ^c
0.08	5 924.49 ± 7.19 ^d	0.92 ± 0.00 ^{bc}	6 127.37 ± 19.64 ^c	2 019.26 ± 18.71 ^c

注: 同列不同字母表示样品间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

表 3 不同真空度和面对苦荞麦鲜湿面水分分布的影响

Table 3 Effect of different vacuum degree and water distribution on fresh wet surface of Tartary buckwheat

真空度/MPa	强结合水		弱结合水		自由水	
	T_{21} (ms)	A_{21} /%	T_{22} (ms)	A_{22} /%	T_{23} (ms)	A_{23} /%
0.00	0.39 ± 0.06 ^a	8.67 ± 3.31 ^a	5.23 ± 2.16 ^a	90.44 ± 2.39 ^b	139.51 ± 1.35 ^c	0.89 ± 0.13 ^a
0.02	1.45 ± 0.03 ^c	10.47 ± 2.38 ^a	9.23 ± 1.23 ^b	87.93 ± 1.21 ^{ab}	136.65 ± 1.27 ^{bc}	1.60 ± 0.18 ^b
0.04	1.52 ± 0.02 ^c	12.50 ± 2.43 ^a	10.72 ± 1.31 ^b	85.59 ± 1.25 ^{ab}	132.12 ± 2.33 ^a	1.91 ± 0.21 ^b
0.06	1.75 ± 0.02 ^d	13.88 ± 1.32 ^a	12.37 ± 2.24 ^b	83.77 ± 3.26 ^a	151.79 ± 2.30 ^d	2.35 ± 0.17 ^c
0.08	1.31 ± 0.03 ^b	11.99 ± 2.36 ^a	9.44 ± 1.21 ^b	86.06 ± 2.29 ^{ab}	134.91 ± 1.35 ^{ab}	1.95 ± 0.11 ^b

2.3 真空和面对苦荞麦鲜湿面水分分布的影响

面团中水分的状态与面团水分含量、成分及水和大分子淀粉的相互作用有关^[26]。T₂ 弛豫时间反映了样品中氢质子所处的化学环境, 与氢质子所受的束缚力及其自由度有关。T₂₁、T₂₂ 和 T₂₃, 分别代表面团系统中的强结合水、弱结合水和自由水。质子信号幅度 A 代表峰的面积比, A₂₁、A₂₂、A₂₃, 反映了不同种水分的含量, 其中结合水含量越高, 面团越稳定, 面条的韧性较好^[27]。不同真空度和面对苦荞麦鲜湿面的水分分布见表 3。由表 3 可知, 面带中水分主要为弱结合水, 其次为强结合水, 这是由于经过和面过程, 水分无法完全进入淀粉颗粒或蛋白质胶体内部, 大多只是游离或吸附在面筋蛋白和淀粉的表面。随着真空度的增加, T₂ 弛豫时间增加, 表明水与淀粉分子结合的紧密度下降。与张倩^[21]的结果相似, 真空和面后强结合水含量总体增加。随真空度的增加, 强结合水含量先增加后降低, 并且在真空度为 0.06 MPa 时强结合水含量最高, 而弱结合水呈相反的变化趋势。这是由于在一定真空度范围内和面可以使水分加速地渗透到面粉颗粒的内部, 使水分状态发生转化, 蛋白质和淀粉颗粒均匀吸水, 网络结构形成充分, 水分子流动性降低, 面团持水性增强, 增加了面筋网络的形成^[26]。但水分状态之间的转化并不显著。由此可得到在一定真空

条件下和面可以使水分加速地渗透到面粉颗粒的内部, 使得蛋白质和淀粉颗粒均匀吸水, 网络结构形成充分, 水分子流动性降低, 面团持水性增强, 有利于面团结构的形成^[28]。

2.4 真空和面对苦荞麦鲜湿面微观结构的影响

2.4.1 扫描电子显微镜

不同真空度和面下苦荞麦鲜湿面的截面扫描电镜图如图 2 所示, 放大倍数为 2 000 倍。由图 2 可知, 面筋网络结构是由面筋蛋白和淀粉颗粒组成的, 其中圆形或多角形的为苦荞和小麦淀粉颗粒, 其形状规整, 表面光滑, 镶嵌在面筋蛋白中, 支撑了面筋的网络结构。如图 2a, 无真空度时, 面筋蛋白呈现出聚集的团状, 且分布不均匀, 面团中网络结构的骨架无法形成。如图 2a~2d) 所示, 即在 0.00~0.06 MPa 真空度范围内, 随着真空度的增加, 面筋蛋白逐渐均匀分散, 面筋网络更加连续致密。在 0.06 MPa 时, 可以从图 2d 看出, 面条内部结构更加致密, 面筋网络更为均匀、连续。Liu 等^[27]通过研究高燕麦粉面条 (含量 70%) 在不同工艺参数 (真空搅拌和搅拌时间) 下对面团质地和面筋形成的影响。结果表明, 在真空度为 0.06 MPa 时, 面团的抗延伸性和麦谷蛋白大聚体含量在强化面筋网络结构和优化面筋蛋白分布方面发挥了重要作用。在真空度为 0.06 MPa, 面团的紧密结合水含

量最高,面团的抗延展性最强。然而,当真空度增加到 0.08 MPa 时,可以从图 2e 看出,面筋网络过度延伸,面筋结构变得稀疏且不均匀,部分面筋呈纤维丝状或膜状,并且产生空洞,导致对延伸的抵抗力下降,这可能是由于真空度过高会破坏二硫键,使蛋白质交联结构断裂,面筋蛋白开始解聚^[29]。以上结果表明,0.06 MPa 真空度对于苦荞麦鲜湿面的微观结构改善最为显著。

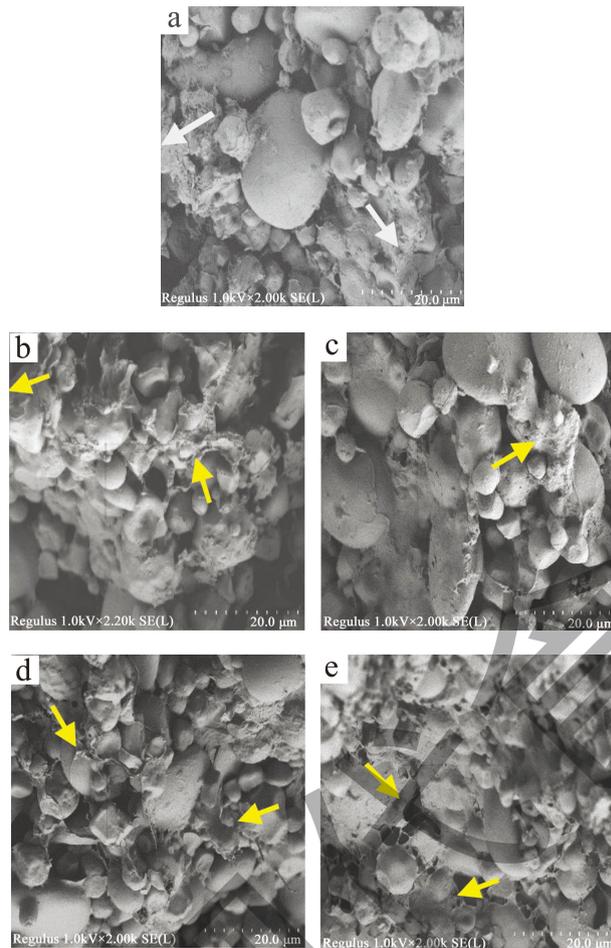


图 2 不同真空度和面下苦荞麦鲜湿面的扫描电镜图

Fig.2 SEM image of fresh wet surface of Tartary buckwheat under different vacuum degree and under surface

注: (a) 0.00 MPa; (b) 0.02 MPa; (c) 0.04 MPa; (d) 0.06 MPa; (e) 0.08 MPa。图 3 同。

2.4.2 激光共聚焦显微镜

不同真空度和面下苦荞麦鲜湿面的激光共聚焦显微镜图如图 3 所示,放大倍数为 800 倍。其中,红色的为面筋网络结构,绿色为淀粉颗粒。由图 3 可知,真空和面条件下制得的面团的面筋网络结构比空白对照的传统和面制得的面团的更加清晰密

集,面筋网络中镶嵌着苦荞和小麦淀粉颗粒,且随着真空度的提高,这种面筋网络结构也变得更加紧密。在真空度为 0.08 MPa 时,可以从图 3e 看出,红色面筋网络结构裸露更多,面筋网络结构与淀粉颗粒包的裹性与图 3d 相比略差。而当真空度为 0.06 MPa 时,可以从图 3d 看出,面团效果达到最佳,淀粉颗粒都紧密包裹在面筋网络中,而且面筋的连续性更好,这与刘锐等^[13]的研究结果有异曲同工之处。这是因为真空和面机在真空环境下高速旋转过程中以曲线状搅拌桨和角度桨叶状搅拌杆,挤压和翻捏面团,对面筋网络的破坏作用小;同时,在真空条件下,面团之间的空间间隙小,最后制得的面团密度和强度提高,促进了水分的渗入^[11]。这一现象也与扫描电镜的结果相一致。由此可见,真空环境下和面制得的苦荞麦鲜湿面较之传统和面得到的鲜湿面粉组分混合更为均匀化,有更紧密的淀粉面筋网络结构。

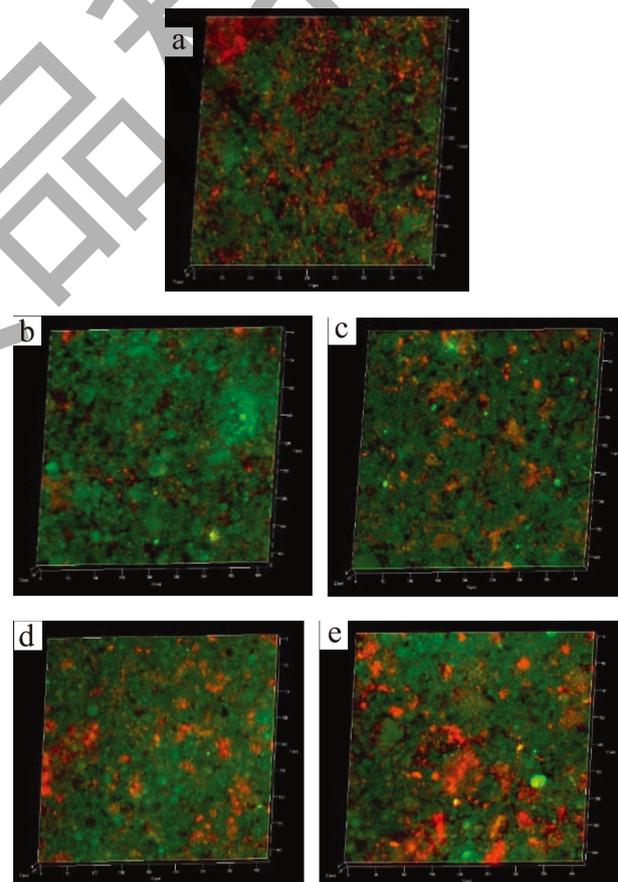


图 3 不同真空度和面下苦荞麦鲜湿面的激光共聚焦扫描显微镜图

Fig.3 Laser confocal scanning microscope image of fresh wet surface of Tartary buckwheat under different vacuum degree and surface

表4 不同真空度和面对苦荞麦鲜湿面感官评价的影响(分)

Table 4 Influence of different vacuum degree and sensory evaluation on fresh wet surface of Tartary buckwheat

真空度/MPa	色泽	外观状态	适口性	韧性	黏性	光滑性	味道	感官评价
0.00	11.63 ± 0.14 ^a	6.68 ± 0.21 ^a	11.42 ± 0.15 ^a	10.67 ± 0.21 ^a	9.43 ± 0.18 ^a	10.51 ± 0.17 ^a	12.34 ± 0.15 ^a	73.27 ± 2.43 ^a
0.02	13.23 ± 0.17 ^c	7.97 ± 0.18 ^b	11.87 ± 0.14 ^b	11.33 ± 0.19 ^b	11.83 ± 0.16 ^b	11.47 ± 0.18 ^b	13.06 ± 0.19 ^b	80.94 ± 1.30 ^b
0.04	13.77 ± 0.15 ^d	8.56 ± 0.17 ^c	12.33 ± 0.17 ^c	11.76 ± 0.20 ^b	11.71 ± 0.15 ^b	12.38 ± 0.22 ^c	13.21 ± 0.17 ^b	84.28 ± 1.30 ^b
0.06	13.68 ± 0.22 ^d	8.97 ± 0.23 ^c	13.39 ± 0.08 ^d	13.57 ± 0.22 ^d	12.72 ± 0.16 ^c	13.78 ± 0.14 ^d	13.67 ± 0.14 ^c	90.28 ± 0.91 ^c
0.08	12.45 ± 0.17 ^b	8.52 ± 0.19 ^c	11.87 ± 0.18 ^c	12.03 ± 0.18 ^c	11.63 ± 0.17 ^b	12.32 ± 0.16 ^c	12.49 ± 0.16 ^a	82.72 ± 2.57 ^b

2.5 感官评价分析

感官评价能一定程度上反映出消费者对食品的真实感受,评价食品的可接受程度,是目前常用的食品评价分析方法。不同真空度对苦荞麦鲜湿面感官评价的影响见表4。由表4可知,真空和面对提高苦荞麦鲜湿面的色泽、外观状态、适口性、韧性、粘性、光滑性、味道评分有显著影响($P < 0.05$),表明真空和面能提高苦荞麦鲜湿面条的感官特性,这与Solah等^[29]得到的真空和面能增加小麦面条的感官特性的结果一致。苦荞麦鲜湿面条的感官特性随真空度的增加先增加后降低,在五个真空度中,0.06 MPa真空度下和面制得的苦荞麦鲜湿面的感官总分最高,为90.28分,其色泽、外观状态、适口性和光滑性各项感官指标评分也均显著($P < 0.05$)高于其他真空度下和面制得的苦荞麦鲜湿面条,这与苦荞麦鲜湿面的质构和蒸煮特性分析结果相一致。这可能是由于随着真空度的增高,鲜湿面的面筋网络结构致密性增强,对其感官质量的影响较明显,表现出较优的感官质量。而真空度为0.08 MPa时制得的鲜湿面的感官得分下降,表明真空度过高会劣化面筋网络,降低面条的品质。

3 结论

本文通过不同真空度和面制备苦荞麦鲜湿面,结果表明,真空和面能显著提高苦荞麦鲜湿面的蒸煮特性、质构和感官品质。当真空度从0.00 MPa向0.06 MPa增加时,苦荞麦鲜湿面的蒸煮损失率与吸水率先降低后增加,整体呈下降趋势;在真空度为0.06 MPa时,苦荞麦鲜湿面团中强结合水含量最高,面筋蛋白均匀分散,面筋网络连续致密,面条的硬度、弹性、胶着性、咀嚼性和感官特性最佳,蒸煮损失率与吸水率最低。研究发现,不同真空度制得的苦荞麦鲜湿面品质特性皆优于零真空度和面制得的苦荞麦鲜湿面。这一结论的得出是将真空和面

用于苦荞麦鲜湿面生产的初步探索,由于实验条件的限制以及样本的局限,因此真空和面与苦荞麦鲜湿面品质的相关性研究并不全面和深入,关于真空度是如何对苦荞麦鲜湿面品质影响的也需进行更加深入地探索。

参考文献

- [1] FANG X, LI Y, NIE J, et al. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf photosynthetic characteristics, agronomic traits and grain yield in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) [J]. Field Crops Research, 2018, 219: 160-168.
- [2] 章培军,李自青,邢雁霞,等.苦荞粗粮饼干对糖尿病患者血糖控制效果的影响[J].山西大同大学学报(自然科学版), 2021,37(5):62-65.
- [3] 吴欣婷.鲜湿面的褐变机制及控制研究[D].无锡:江南大学,2021.
- [4] 孔维凤,李秀花,邵丽君,等.高添加苦荞面条的配方优化及其抗氧化活性分析[J].食品工业科技,2022,43(12):155-162.
- [5] 孙晓静,彭飞,许妍妍,等.挤压预糊化对苦荞面团流变学性质及芦丁降解的影响[J].中国粮油学报,2017,32(6):46-51.
- [6] FU B X. Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing [J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902.
- [7] 丁瑞琴,赖谱富,张思耀,等.花色面条品质改良剂和加工工艺的探讨[J].粮油加工,2009,1:87-90.
- [8] OBADI M, ZHANG J Y, HE Z, et al. A review of recent advances and techniques in the noodle mixing process [J]. LWT- Food Science and Technology, 2022, 154: 112680.
- [9] LIU R, ZHANG Y Q, WU L, et al. IMPact of vacuum mixing on protein composition and secondary structure of noodle dough [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 85: 197-203.
- [10] YANG Y, GUAN E, ZHANG T, et al. CoMParison of rheological behavior, microstructure of wheat flour doughs, and cooking performance of noodles prepared by different mixers [J]. Journal of Food Science, 2020, 85(4): 956-963.
- [11] SOLAH V A, CROSBIE G B, HUANG S, et al. Measurement of color, gloss, and translucency of white salted noodles: effects

- of water addition and vacuum mixing [J]. *Cereal Chemistry*, 2007, 84(2): 145-151.
- [12] MAJZOUBI M, KAVEH Z, FARAHNAKY A. Effect of acetic acid on physical properties of pregelatinized wheat and corn starch gels [J]. *Food Chemistry*, 2016, 196: 720-725.
- [13] 刘锐.和面方式对面团理化结构和面条质量的影响[D].北京:中国农业科学院,2015.
- [14] 陈玉.七成苦荞挂面的加工品质改良及其机制研究[D].镇江:江苏大学,2020.
- [15] 于鲲.绿茶面条色泽及其中多酚的稳定化研究[D].无锡:江南大学,2020.
- [16] 陆启玉.小麦面粉中主要组分对面条特性影响的研究[D].广州:华南理工大学,2010.
- [17] 高彩凤,魏婷,方纯,等.ACIM制粉对苦荞粉及其挂面品质的影响[J].*中国粮油学报*,2018,33(6):13-21.
- [18] 姬艺琳,陈文文,董吉林,等.青稞全谷营养型挂面与市售挂面的营养成分及理化特性研究[J].*轻工学报*,2023, 38(5):51-58.
- [19] 侯惠花,刘瑞,孙元琳,等.基于响应面分析优化荞麦面条制备工艺[J].*食品研究与开发*,2022,43(2):63-70.
- [20] 吴迪,高利,祝日倩,等.超微处理挤压改性荞麦粉添加对面团特性和全荞麦面条品质特性的影响[J].*中国粮油学报*,2020,35(12):30-36.
- [21] 张倩.高添加青稞挂面加工关键技术研究[D].镇江:江苏大学,2020.
- [22] 单珊.紫薯—小麦混合粉的性质及面条品质研究[D].无锡:江南大学,2012.
- [23] LI M, ZHU K, PENG J, et al. Delineating the protein changes in Asian noodles induced by vacuum mixing [J]. *Food Chemistry*, 2014, 143(2): 9-16.
- [24] 骆丽君,李曼,朱红卫,等.真空和面对生鲜面品质特性的影响研究[J].*食品工业科技*,2012,33(3):129-131,379.
- [25] 张毅,陈洁,汪磊,等.真空和面对不同加水量面团蛋白特性的影响[J].*食品工业*,2021,42(1):56-60
- [26] 薛雅萌,赵龙,李保国.低场核磁共振法测定热烫面团水分迁移特性及超微结构分析[J].*食品科学*,2014,35(19):96-100.
- [27] LIU S Y, SUN Y L, OBADI M, et al. Effects of vacuum mixing and mixing time on the processing quality of noodle dough with high oat flour content [J]. *Journal of Cereal Science*, 2020, 91: 102885.
- [28] GAO J, KOH A, TAY S L, et al. Dough and bread made from high and low protein flours by vacuum mixing: Part 1: Gluten network formation [J]. *Journal of Cereal Science*, 2017, 74: 288-295.
- [29] SOLAH V A, CROSBIE G B, HUANG S, et al. Measurement of color, gloss, and translucency of white salted noodles: effects of water addition and vacuum mixing [J]. *Cereal Chemistry*, 2007, 84(2): 145-151.