

热风微孔化方便面干燥工艺参数的优化

杨淑祯, 赵仁勇

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

摘要: 本文以小麦粉为主要原料加工非油炸方便面, 采用高温气流快速干燥技术使面条内部出现微孔结构, 改善面条的复水性。重点研究了干燥温度、时间和风速等因素对方便面品质的影响。在单因素试验的基础上, 通过 $L_9(3^3)$ 正交试验对方便面的干燥工艺参数进行了优化, 得到的最佳干燥工艺参数为: 干燥温度 160 °C, 干燥时间 120 s, 干燥风速 21 m/s。在最佳干燥工艺参数条件下制作的热风微孔化方便面的复水时间(211 s)短于 4 min, 同时不含外来脂肪, 脂肪含量低于 1%, 水分含量为 4.33%, 其食用品质优于传统的非油炸方便面, 并且可与对照的油炸方便面媲美。通过扫描电镜观察面条的显微结构发现, 采用高温气流快速干燥工艺得到的方便面, 其表面光滑, 内部呈现出微孔结构, 为其快速复水创造了基础。

关键词: 小麦粉; 热风干燥; 方便面; 扫描电镜; 微孔

文章编号: 1673-9078(2019)09-232-239

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.9.030

Optimization on Process Parameters of Micro-pored Instant Noodles with Hot-air Drying

YANG Shu-zhen, ZHAO Ren-yong

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

Abstract: A kind of non-fried instant noodles was developed by using hot-air drying technology to make their inside micropores, and thus improve their rehydration property. Effects of drying temperature, drying time, and air velocity on the quality of instant noodles were investigated. Based on the results of single-factor tests, the optimum process parameters for drying instant noodles were obtained through orthogonal experiment design, and they were 160 °C, 120 s, and 21 m/s for drying temperature, drying time, and air velocity, respectively. The rehydration time (211 s) of micro-pored instant noodles made under optimum parameters was shorter than 4 min, and contains no external fat. The fat content was less than 1%, the moisture content is 4.33%. Their eating quality was superior to the traditional non-fried instant noodles, and could be comparable to that of the control, fried instant noodles. Microstructure of instant noodles was visualized by using a scanning electron microscope. It was found that the surface of micro-pored instant noodles developed with hot-air drying technology was smooth, and the interior was microporous, which created the foundation for noodles to have a quick rehydration property.

Key words: wheat flour; hot-air drying; instant noodles; scanning electron microscope; micro-pore

方便面又称即食面, 因价格便宜、食用方法简单、风味独特等优点深受消费者青睐, 成为方便食品中最受欢迎的产品之一。方便面按脱水工艺可分为油炸方便面和非油炸方便面两大类, 而热风干燥方便面是最常见的非油炸方便面^[1]。油炸方便面由于其干燥速度快, 内部具有多孔性, 复水性好, 独特的口感和易于制备等优点, 得到了快速发展^[2-6]; 但是长期食用油炸方便面不利于身体健康, 因为其经高温油炸制成, 油炸过程中易产生丙烯酰胺等有害物质^[7]和油脂的反式

脂肪酸问题^[8], 并且存在与其它油炸食品一样含油量高^[9-11]、易发生氧化酸败、经常食用会增加与肥胖有关疾病的患病风险^[12,13]和营养成分损失大等缺点。热风干燥方便面由于不采用油炸脱水, 以热风干燥机取代油炸锅^[14], 因而会大大降低生产成本, 减少油脂的氧化酸败, 延长面条的保质期, 同时能更好的保留营养物质, 并且耐泡性更好^[15], 具有巨大的发展潜力, 但目前存在干燥时间长、面块干缩、内部多孔性差、面线较细、复水性差等主要问题^[16]。陆启玉等^[1]报道非油炸方便面的最佳干燥工艺条件为温度 105 °C、时间 30 min, 可通过加入适量的添加剂来改善方便面的复水性。Gatade 等^[17]采用两段式工艺干燥非油炸方便面, 第一阶段的温度和时间分别为 70 °C 和 2 h; 第二阶段分别为 100 °C 和 3 h。杨铭铎等^[18]报道非油炸方

收稿日期: 2019-05-05

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0401000)

作者简介: 杨淑祯 (1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 粮食资源转化与利用

通讯作者: 赵仁勇 (1969-), 男, 教授, 研究方向: 粮食资源转化与利用

便面的干燥参数为：温度 105 ℃、时间 90 min。李刚凤等^[19]认为干燥温度 85 ℃、干燥时间 50 min 时热风干燥方便面的品质最佳。由于受干燥设备和工艺条件的限制，现有的文献报道中采用的干燥温度大多集中在 100 ℃左右，因而干燥时间较长。

油炸方便面的主要特点是蒸熟的面块在高温（超过 140 ℃）油槽内油炸时其内部的水分迅速汽化并产生一定的压力，使面条内部形成大量的微小空穴，增加了面条淀粉的糊化度，因而脱水后的面条具有多孔性结构，复水时间短，用开水冲泡后 3~4 min 即可食用。根据李也^[20]的报道，采用高温热风（140~160 ℃）快速干燥的工艺，能使面条在短时间内就达到很高的温度，如同油炸方便面一样，水分的急剧汽化使面条内部形成大量气孔，能显著改善面条的复水性能。主要受工艺和设备条件的限制，在我国，复水时间和糊化度与油炸方便面类似、适合冲泡的热风干燥方便面以及相应的生产线始终没有在市场上推广，相关的文献报道也少见。本文拟采用高温短时干燥工艺，研究工艺参数对面条品质的影响并优化工艺参数，开发出微孔化程度、复水性能与油炸方便面相媲美的热风干燥方便面。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

某品类的油炸方便面样品及其预拌粉（含小麦粉、淀粉和谷朊粉等）和品质改良剂预混料（含食用碱、瓜尔豆胶、黄原胶和单甘脂等），由白象食品集团股份有限公司提供；某品牌的非油炸方便面，于本地超市购买得到；食用盐（市售），河南省盐业总公司。

AB204-S 分析天平，瑞士 Mettler Toledo 公司；101A-2 电热鼓风干燥箱，上海实验仪器厂有限公司；FW177 高速万能粉碎机，北京市永光明医疗仪器有限公司；MT10-160 型和面压延系统和 ZM130 单层连续蒸面机，河南东方面机集团有限公司；QUANTA 250 FEG 型多用途扫描电子显微镜（SEM），美国 FEI 公司；WTHD-250 型热风干燥系统，北京腾威机械有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 热风微孔化方便面的制作

方便面的制作在河南工业大学小麦和玉米深加工国家工程实验室的面条中试生产线上完成。

1.2.1.1 配方

除色素外，热风微孔化方便面的配方与白象食品

集团股份有限公司提供的油炸方便面样品的配方完全一致，具体如下：

预拌粉（含小麦粉、淀粉和谷朊粉等）1280 g；食用盐 25 g；品质改良剂预混料（含食用碱、瓜尔豆胶、黄原胶和单甘脂等）10.4 g；蒸馏水 450 g。

1.2.1.2 工艺流程^[21-24]

原辅料计量→和面→熟化→压片→切条→折花成型→蒸面→定量切段→喷淋→干燥→冷却→成品包装

和面：按配方称取原辅料，将预拌粉倒入和面机中，并提前将食用盐和品质改良剂预混料溶于蒸馏水中，再将其倒入和面机，低速和面 1 min，高速和面 5 min，然后再低速和面 10 min，形成面坯（手握能成团，松开手可搓揉成松散的絮状颗粒）。

熟化：用保鲜膜将和好的面坯包裹好并于室温下静置 15 min，以消除和面时产生的应力，使面坯均质化。

压片：将熟化好的面坯先经压面机的轧辊压成两条面带，然后复合为一条，并经连续压片机逐步压薄成表面光滑、均匀、厚度为 0.88 mm 的面带。用千分尺测量并控制面带的厚度。

切条、折花成型：切刀宽度为 2 mm，切好的面条宽为 2 mm，厚度为 0.88 mm。从切刀出来的面条通过成型器后形成波纹面层送入蒸面机。

蒸面、定量切断：将波纹面层随网带送至蒸面机中蒸 7 min，取出后定量切块（约 120 g）。

喷淋、干燥：将面块放进干燥盒中，用适宜的蒸馏水喷淋，避免并条。整形后将面块连同干燥盒一并送入干燥系统中，在规定的温度、时间和风速等干燥条件下，面块经热风干燥后从干燥系统中取出，冷却，包装，即得方便面。

1.2.2 单因素试验

针对干燥温度（℃）、干燥时间（s）以及干燥风速（m/s）三个因素进行实验，研究各因素对热风微孔化方便面品质的影响。

1.2.2.1 干燥温度对方便面品质的影响

干燥时间为 100 s，干燥风速为 24 m/s，干燥温度分别为 130、140、150、160 和 170 ℃。

1.2.2.2 干燥时间对方便面品质的影响

干燥温度为 150 ℃，干燥风速为 24 m/s，干燥时间分别为 80、90、100、110 和 120 s。

1.2.2.3 干燥风速对方便面品质的影响

干燥温度为 150 ℃，干燥时间为 100 s，干燥风速分别为 18、21、24、27 和 30 m/s。

1.2.3 正交试验

在单因素试验结果的基础上进行 $L_9(3^3)$ 的正交

试验,优化出制作热风微孔化方便面的最佳干燥工艺参数。

1.3 方便面的品质评价

1.3.1 方便面理化特性的测定

水分测定参照 GB 5009.3-2016;粗脂肪含量测定参照 GB 5009.6-2016。

1.3.2 方便面复水时间的测定^[25]

取 25 g 方便面样品,放入盛有 300 mL 沸水的碗中,同时开始计时。在 3 min 后(包括第 3 min 末)开始每次取出一根面条放在两玻璃板中间挤压,观察面条断面是否有白硬芯。面条断面白硬芯消失的时间即为该方便面样品的最佳复水时间。

1.3.3 方便面烹煮损失和吸水率的测定^[26,27]

表 1 方便面感官评价评分规则

Table 1 Instant noodles sensory evaluation standard table

感官特性	满分	定义	评价标度		
			低(1~4)	中(4.1~7)	高(7.1~10)
色泽	10	面饼的颜色和亮度	有焦、生现象,亮度差	颜色不均匀,亮度一般	呈均匀的淡黄色,光亮
外观状态	20	面饼表面光滑程度、起泡、分层情况	起泡分层严重(1~8)	有起泡或分层(8.1~15)	表面结构细密、光滑(15.1~20)
复水性	20	面条到达特定烹调时间的复水情况	复水差(1~8)	复水一般(8.1~15)	复水好(15.1~20)
光滑性	10	品尝面条时口感的光滑程度	非常不光滑	不光滑	适度光滑
软硬度	10	用牙咬断一根面条所需力的大小	太软或太硬	较软或较硬	适中无硬心
韧性	10	面条在咀嚼时,咬劲和弹性的大小	咬劲差、弹性不足	咬劲和弹性一般	咬劲合适、弹性适中
粘性	10	在咀嚼过程中,面条粘牙的程度	非常不爽口,发粘	较爽口、稍粘牙	咀嚼爽口、不粘牙
耐泡性	10	面条浸泡 10 min 的咬劲	不耐泡	耐泡性较差	耐泡性适中

注:评价结果保留到小数点后一位。

1.3.5 方便面显微结构的测定

参照 Heo 等^[29]学者报道的方法,用导电胶固定少量的方便面样品,放置在样品台上进行喷金,利用 SEM 观察样品的表面和截面形态,选取适当的放大倍数、适当的区域进行拍照。

1.4 数据处理与统计分析

如无特别说明,所有数据均为三次平行试验结果的平均值,测定结果均以干基计。

方差分析采用 SPSS Statistix 20.0 统计软件进行处理,通过 Origin 9.0 和 Microsoft Excel 进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 干燥温度对方便面品质的影响

25 g 方便面样品于 300 mL 沸水中浸泡至最佳复水时间后,立即用漏勺捞出,用 50 mL 蒸馏水冲淋 30 s,将面汤与冲淋液一并转入烧杯中,在 105 °C 条件下将烧杯烘干至恒定质量,冷却后称量,计算所有面汤中干物质的质量。面汤中干物质质量占方便面干基质量的百分数即为该方便面样品的烹煮损失。

冲淋后的面条在室温下沥干 5 min,准确称量,计算吸水率。

吸水率(%)=(浸泡后的面条质量-浸泡前的面条质量)×100%/浸泡前面条的干基质量

1.3.4 方便面的感官评价

参照 GB/T 25005-2010 及元伟华^[28]的评价方法,并作修改。评分标准见表 1。

从图 1、图 2 可知,随着干燥温度的增加,复水时间和面块含水量整体呈现下降趋势,感官评分呈现先升高后降低的趋势。当温度小于 150 °C 时,面块含水量略高,说明方便面干燥不充分,复水时间较长,同时感官评分较低;当温度增加到 150 °C 时,复水时间(218 s)较短,面块含水量降到 6% 以下,感官评分最高;当干燥温度继续增加时,面条内部具有膨化的微孔结构,复水时间继续下降,干燥温度 160 °C 和 170 °C 时的复水时间没有显著性差异,但由于温度过高,170 °C 时的面条表面出现焦糊现象,颜色较深,而且复水后的面条弹性和耐泡性均降低。李刚凤等^[19]采用干燥温度 85 °C、干燥时间 50 min 将热风干燥方便面的含水量降到 7% 以下,其复水时间为 260 s。高温短时干燥显著降低了干燥时间和复水时间。复水时间随着干燥温度的提高逐渐缩短,可能是由于高温短时干燥,内部形成微孔结构,提高了其复水性^[1]。

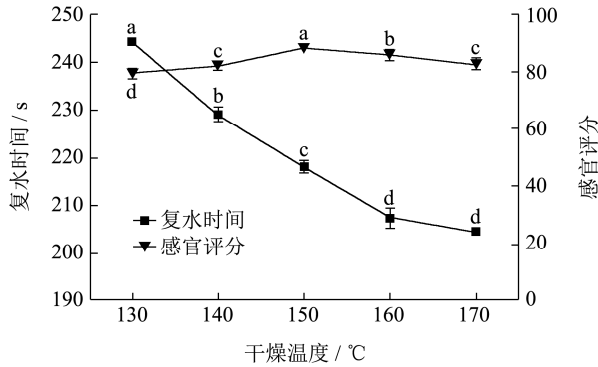


图1 干燥温度对方便面复水时间和感官评分的影响

Fig.1 Effect of drying temperature on rehydration time and sensory score of instant noodles

注: 干燥时间为 100 s, 干燥风速为 24 m/s。标有不同小写字母的复水时间或感官评分之间差异显著 ($p < 0.05$)。

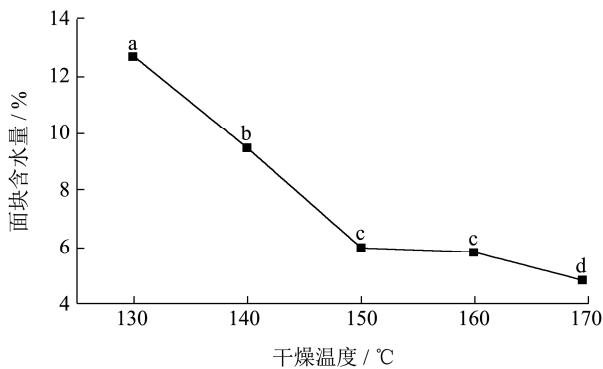


图2 干燥温度对方便面含水量的影响

Fig.2 Effect of drying temperature on moisture content of instant noodles

注: 干燥时间为 100 s, 干燥风速为 24 m/s。标有不同小写字母的含水量之间差异显著 ($p < 0.05$)。

2.1.2 干燥时间对方便面品质的影响

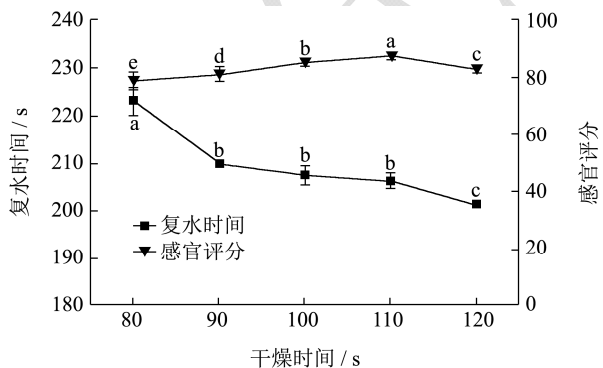


图3 干燥时间对方便面复水时间和感官评分的影响

Fig.3 Effect of drying time on rehydration time and sensory score of instant noodles

注: 干燥温度为 150 °C, 干燥风速为 24 m/s。标有不同小写字母的复水时间或感官评分之间差异显著 ($p < 0.05$)。

由图 3、图 4 可知, 随着干燥时间的增加, 复水时间整体呈现下降趋势, 感官评分呈现先升高后降低

的趋势。当时间低于 100 s 时, 面条干燥不充分, 复水时间较长, 感官评价各项指标均较差, 评分较低; 当干燥时间继续延长时, 面条内部出现具有膨化的微孔结构, 复水时间缩短, 干燥时间 110 s 和 120 s 时面条的复水时间有显著性差异, 干燥 120 s 的面块由于干燥时间略长, 表面颜色较深。当干燥时间达到 100 s 及以上, 面块含水量降到 7% 以下。Wang 等^[30]在干燥温度 90 °C、干燥时间 45 min 的条件下制备热风干燥方便面。总之, 干燥时间过短时, 面块含水量高, 复水时间长; 干燥时间过长时, 耐泡性变差, 面块的颜色加深, 影响方便面的质量。

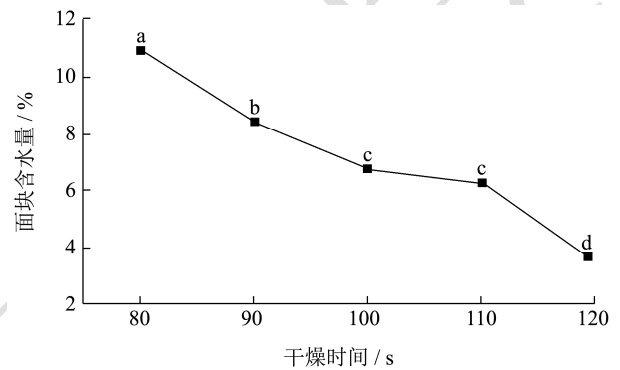


图4 干燥时间对方便面含水量的影响

Fig.4 Effect of drying time on moisture content of instant noodles

注: 干燥温度为 150 °C, 干燥风速为 24 m/s。标有不同小写字母的含水量之间差异显著 ($p < 0.05$)。

2.1.3 干燥风速对方便面品质的影响

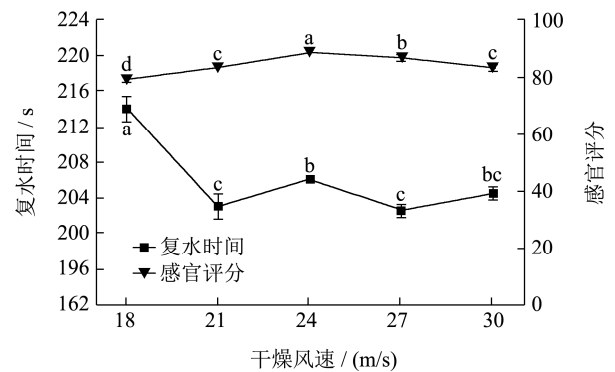


图5 干燥风速对方便面复水时间和感官评分的影响

Fig.5 Effect of air velocity on rehydration time and sensory score of instant noodles

注: 干燥温度为 150 °C, 干燥时间为 100 s。标有不同小写字母的复水时间或感官评分之间差异显著 ($p < 0.05$)。

由图 5、图 6 可知, 随着干燥风速的增加, 复水时间先缩短后波动, 感官评分先升高后降低。当风速为 18 m/s 时, 面体干燥不充分, 复水时间较长, 感官评价各项指标较差, 感官评分较低; 当干燥风速增加至 24 m/s 时, 感官评分最高, 面条内部具有膨化的微

孔结构,复水时间较短。干燥风速 21 m/s 和 27 m/s 时面条的复水时间之间没有显著性差异,但干燥风速过大时,面条表面颜色加深,感官评价指标中表观状态的评分下降。当干燥风速 18 m/s~30 m/s 时,面块含水量均达到 7%以下。

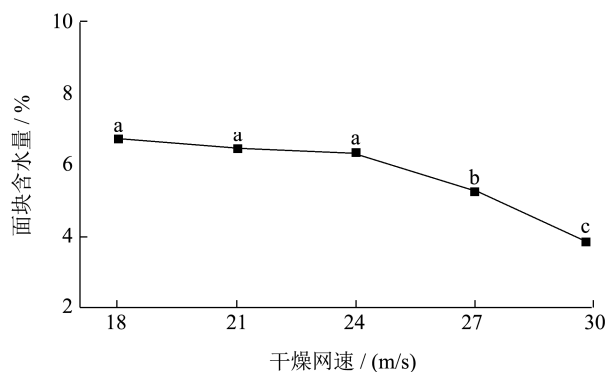


图 6 干燥风速对方便面含水量的影响

Fig.6 Effect of air velocity on moisture content of instant noodles

注:干燥温度为 150 °C,干燥时间为 100 s。标有不同小写字母的面块含水量之间差异显著 ($p < 0.05$)。

在高温条件下,利用大风量对蒸煮后的面块进行快速干燥,使面条内部形成细小均匀的孔隙结构^[20]。为迅速向面条内部传递大量热能,通过提高热空气的传热速度,使面条内的水分在很短时间内汽化,这就需要合适的干燥风速和温度。风量过小时,干燥时间会增加,达不到快速干燥的目的;风量过大时,面条表面过快脱水出现焦化现象,且影响面块干燥后的形状。

2.2 正交试验结果与分析

表 2 正交试验因素与水平

Table 2 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素		
	A 干燥温度/°C	B 干燥时间/s	C 干燥风速/(m/s)
1	150	100	21
2	160	110	24
3	170	120	27

表 3 正交试验结果与分析

Table 3 Results and analyses of orthogonal experiment

试验号	因素			复水时间/s	感官评分
	A	B	C		
1	1	1	1	237	84.32
2	1	2	2	229	85.63
3	1	3	3	228	87.00
4	2	1	2	229	85.81
5	2	2	3	215	89.30
6	2	3	1	211	90.69
7	3	1	3	219	86.00
8	3	2	1	215	88.38
9	3	3	2	223	85.69

k ₁ (复水时间)	231 ^a	228 ^a	221 ^b		
k ₂ (复水时间)	218 ^b	220 ^b	227 ^a		
k ₃ (复水时间)	219 ^b	221 ^b	221 ^b		
极差 R (复水时间)	13	9	6		
主次顺序		A>B>C			
最优水平		A ₂ B ₂ C ₁			

k ₁ (感官评分)	85.65 ^c	85.38 ^b	87.80 ^a		
k ₂ (感官评分)	88.60 ^a	87.77 ^a	85.71 ^b		
k ₃ (感官评分)	86.69 ^b	87.79 ^a	87.43 ^a		
极差 R (感官评分)	2.95	2.42	2.09		
主次顺序		A>B>C			
最优水平		A ₂ B ₃ C ₁			

注:在同一因素下的各复水时间或感官评分其均值上标部分带有不同小写字母的水平之间具有显著性差异 ($p < 0.05$)。

表4 正交试验结果方差分析-各因素对复水时间的影响

Table 4 Variance analysis of experimental results - effect of factors on rehydration time

因素	离差平方和	自由度	均方差	F值	P值
A (干燥温度)	643.111	2	321.556	36.675	<0.0001
B (干燥时间)	269.778	2	134.889	15.385	0.0007
C (干燥风速)	152.444	2	76.222	8.694	0.0054
误差	96.444	11	8.768		

表5 正交试验结果方差分析-各因素对感官评分的影响

Table 5 Variance analysis of experimental results- effect of factors on sensory score

因素	离差平方和	自由度	均方差	F值	P值
A (干燥温度)	26.864	2	13.432	47.933	<0.0001
B (干燥时间)	23.138	2	11.569	41.283	<0.0001
C (干燥风速)	14.912	2	7.456	26.607	<0.0001
误差	3.083	11	0.280		

表6 方便面样品的理化特性

Table 6 Physicochemical properties of instant noodles

样品名称	复水时间/s	水分含量/%	粗脂肪含量/%	吸水率/%	烹煮损失率/%	感官评分
热风微孔化方便面(a)	211±1 ^b	4.33±0.01 ^b	0.33±0.01 ^c	169.00±1.41 ^a	3.00±0.28 ^{ab}	90.50±2.24 ^a
非油炸方便面(b)	293±4 ^a	6.92±0.02 ^a	1.02±0.23 ^b	160.40±2.83 ^b	2.20±0.28 ^b	85.50±1.56 ^b
油炸方便面(c)	209±2 ^b	3.41±0.00 ^c	17.50±0.01 ^a	173.20±1.70 ^a	3.80±0.28 ^a	91.60±1.26 ^a

注: a: 实验室制作的热风微孔化方便面, 在最佳参数条件下脱水干燥; b: 于本地超市购买的某品牌的非油炸方便面; c: 除添加色素外, 其它配方与热风微孔化方便面完全一致的油炸方便面, 由白象食品集团股份有限公司在其生产线上加工而成。表中同一列的不同字母表示方便面样品的该指标之间在 $p<0.05$ 水平上差异显著。

根据单因素试验结果, 设计 $L_9(3^3)$ 正交表, 对干燥温度 ($^{\circ}\text{C}$)、干燥时间 (s)、干燥风速 (m/s) 三个因素进行正交优化实验, 通过测定复水时间和感官评价确定最佳干燥参数。正交试验各因素与水平如表 2 所示, 正交试验结果与分析如表 3 所示, 方差分析结果如表 4 和表 5 所示。

由表 3、表 4 和表 5 可以看出, 影响复水时间和感官评分的因素主次为: $A>B>C$ 。比较各因素的水平均值 k 后得出, 感官评分最优水平为 $A_2B_3C_1$, 复水时间的最优组合为 $A_2B_2C_1$, 但对干燥时间而言, 110 s 和 120 s 的均值之间没有显著性区别 (见表 3)。综合复水时间、感官评分的分析得出最优组合为 $A_2B_3C_1$, 即最佳干燥工艺参数为: 干燥温度 160°C , 干燥时间 120 s, 干燥风速 21 m/s, 在此条件下的方便面具有干燥时间短、复水性好的特点。

2.3 方便面样品的理化特性

实验室制作的热风微孔化方便面与商业化生产的非油炸方便面以及油炸方便面之间理化特性的比较如表 6 所示。本研究所使用的非油炸方便面从本地超市购买得到, 也属于热风干燥类型, 其配方和干燥工艺参数不得而知。除未添加色素外, 热风微孔化方便面

与油炸方便面的配方完全一致, 但后者是在工业化生产线上加工而成的。油炸方便面的脂肪含量高达 17.5%, 显著高于热风微孔化方便面和非油炸方便面。包装袋上的标签显示, 非油炸方便面的配方中含有磷脂等乳化剂, 其粗脂肪含量略高于微孔化方便面。

热风微孔化方便面的水分含量介于油炸与非油炸方便面之间; 其复水时间、吸水率以及烹煮损失率与油炸方便面相比, 没有显著性差异 ($p>0.05$)。在感官评分方面, 热风微孔化方便面与油炸方便面完全媲美 ($p>0.05$)。尽管非油炸方便面的面线最细 (见图 7b), 但其复水时间长、水分含量高、吸水率低、感官评分较差 ($p<0.05$)。

2.4 方便面样品的外观和显微结构

如图 7 所示, 非油炸方便面的面饼体积较小, 密实度高, 颜色深黄 (其包装袋上显示配方中添加了姜黄素、栀子黄等色素); 热风微孔化方便面的颜色淡黄, 面饼体积适中。由于油炸方便面中也添加了色素 (其它配方与热风微孔化方便面完全一致), 其面饼呈现正常的黄色。

对比分析面条表明的 SEM 图发现, 热风微孔化方便面的表面非常平滑; 油炸与非油炸方便面一样,

它们的表面粗糙、不平整。此外,油炸方便面的表面有较多的孔洞。

进一步观察面条内部的 SEM 图发现,非油炸方便面的内部孔隙较小,结构致密,显微图中微孔的总面积占截面总面积的比例较低;比较而言,无论热风微孔化方便面还是油炸方便面,它们的内部呈现出均匀的微孔结构,显微图中微孔的总面积占截面总面积的比例相对较高。显然,通过优化干燥工艺和参数,可提高面条内部的微孔化程度,从而大大缩短热风干燥方便面的复水时间,提高其食用品质。

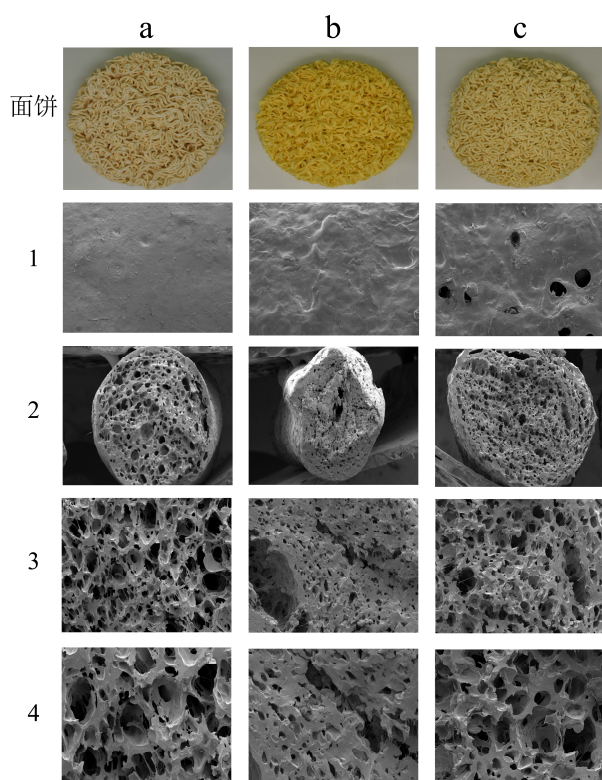


图7 热风微孔化方便面、非油炸方便面以及油炸方便面的外观和扫描电镜图

Fig.7 Appearance and SEM images of micro-pored instant noodles, non-fried instant noodles and fried instant noodles

注: a: 实验室制作的热风微孔化方便面,在最佳参数条件下脱水干燥; b: 当地超市购买的某品牌的非油炸方便面; c: 除添加色素外,其它配方与热风微孔化方便面完全一致的油炸方便面,由白象食品集团股份有限公司提供。“1、2、3、4”分别表示表面 1000×、截面 200×、截面 500×和截面 1000×的扫描电镜图。

3 结论

本研究在高温条件下采用大风量对蒸煮后的面体进行快速干燥,使面条在干燥的同时产生膨化作用:面块在干燥温度为 150 °C 以上的高温环境中,表面快速脱水,如同形成光滑而致密的“保护层”(见图 7-a1),

将面体周围封闭;同时,由于热交换的速度非常快,面条内部的水分急剧汽化,汽化产生的压力使面条内部膨胀并最终形成微孔结构(见图 7-a2、a3 和 a4),为面块快速复水奠定了基础。

参考文献

- [1] 陆启玉,张国印,潘强.非油炸方便面复水性的改善研究[J].食品科技,2007,32(2):210-213
LU Qi-yu, ZHANG Guo-yin, PAN Qiang. Improvement of rehydration of non-fried instant noodles [J]. Food Science, 2007, 32(2): 210-213
- [2] Neelam G, Vandana D, Khatkar B S. Instant noodles: processing, quality, and nutritional aspects [J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 2014, 54(10): 1386-1399
- [3] Dana D, Saguy I S. Review: mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect theory and myth [J]. Advances in Colloid & Interface Science, 2006, 128: 267-272
- [4] Krokida M K, Oreopoulou V, Maroulis Z B. Water loss and oil uptake as a function of frying time [J]. Journal of Food Engineering, 2000, 44(1): 39-46
- [5] Mellema M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods [J]. Trends in Food Science & Technology, 2003, 14(9): 364-373
- [6] Saguy I S, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 56(2): 143-152
- [7] 张剑,李梦琴,任红涛,等.方便面质量安全方面存在的问题及其防范措施[J].粮油加工与食品机械,2005,11:80-82
ZHANG Jian, LI Meng-qin, REN Hong-tao, et al. Problems in the quality and safety of instant noodles and their preventive measures [J]. Cereals and Oils Processing and Food Machinery, 2005, 11: 80-82
- [8] 林艳桃.国内外方便面行业发展现状及趋势[J].粮食科技与经济,2014,39(2):66-68
LIN Yan-tao. Development status and trends of instant noodles industry at home and abroad [J]. Food Science and Technology, 2014, 39(2): 66-68
- [9] Tanaka M, Kanai E, Kitano S, et al. Reducing the oil content of fried noodles through forming a rough and coars gluten network [J]. Journal of Food Processing & Technology, 2017, 8(3): 1-5
- [10] 王立,曹新蕾,钱海峰,等.方便面研究现状及发展趋势[J].食品与发酵工业,2016,42(1):252-259
WANG Li, CAO Xin-lei, QIAN Hai-feng, et al. Current

- status and development trend of instant noodle research [J]. Food and Fermentation Industry, 2016, 42(1): 252-259
- [11] Hur S J, Lee S J, Lee S Y, et al. Effect of emulsifiers on microstructural changes and digestion of lipids in instant noodle during *in vitro* human digestion [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 60(1): 630-636
- [12] Shin H J, Cho E, Lee H J, et al. Instant noodle intake and dietary patterns are associated with distinct cardiometabolic risk factors in Korea [J]. Journal of Nutrition, 2014, 144(8): 1247-1255
- [13] Iwata T, Arai K, Saito N, et al. The association between dietary lifestyles and hepatocellular injury in Japanese workers [J]. The Tohoku Journal of Experimental Medicine, 2013, 231(4): 257-263
- [14] 周波.我国非油炸方便面的发展现状及前景[J].粮食流通技术,2016,5(9):49-51
ZHOU Bo. Development status and prospects of non-fried instant noodles in China [J]. Food Circulation Technology, 2016, 5(9): 49-51
- [15] 陈洁,滕加友,王春,等.增稠剂对热风干燥方便面品质影响的研究[J].食品科技,2008,33(8):99-102
CHEN Jie, TENG Jia-you, WANG Chun, et al. Study on the effect of thickener on the quality of hot air drying instant noodles [J]. Food Science, 2008, 33(8): 99-102
- [16] 马浩然,温雪瓶,严俊波,等.亲水性胶体对非油炸杂粮方便面原料糊化特性及品质影响[J].粮食与油脂,2015,12:45-48
MA Hao-ran, WEN Xue-ping, YAN Jun-bo, et al. Effect of hydrophilic colloid on paste properties and quality of non-fried multigrain instant noodles [J]. Grain and Oil, 2015, 12: 45-48
- [17] Gatade A A, Sahoo A K. Effect of additives and steaming on quality of air dried noodles [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(12): 8395-8402
- [18] 杨铭铎,马雪,贾庆胜.几种蛋白质对非油炸方便面品质影响的研究[J].中国粮油学报,2013,28(12):11-16
YANG Ming-duo, MA Xue, JIA Qing-sheng. Study on the effect of several proteins on the quality of non-fried instant noodles [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(12): 11-16
- [19] 李刚凤,陈洁,滕加友.不同工艺条件对热风干燥方便面品质的影响[J].食品工业,2016,6:67-69
LI Gang-feng, CHEN Jie, TENG Jia-you. Effects of different process conditions on the quality of hot air drying instant noodles [J]. Food Industry, 2016, 6: 67-69
- [20] 李也.新型高温热风快速干燥方便面生产工艺和设备[J].中国食品工业,2000,9:48-49
LI Ye. Production process and equipment of new high temperature hot air rapid drying instant noodles [J]. China Food Industry, 2000, 9: 48-49
- [21] Hatcher D W, Symons S J, Kruger J E. Measurement of the time-dependent appearance of discolored spots in alkaline noodles by image analysis [J]. Cereal Chemistry, 1999, 76(76): 189-194
- [22] Edwards N M, Scanlon M G, Kruger J E, et al. Oriental noodle dough rheology: relationship to water absorption, formulation, and work input during dough sheeting [J]. Cereal Chemistry, 1996, 73(6):708-711
- [23] Ye Y L, 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): 477-485
- [24] Rekas A, Marciniak-Lukasiak K. A multivariate study of the correlation between addition of maltodextrin, MCG, HPMC and psyllium on the quality of instant fried noodles [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 689-696
- [25] 曹新蕾,王立,钱海峰,等.全麦粉对油炸方便面品质的影响[J].食品与机械,2016,3:193-197
CAO Xin-lei, WANG Li, QIAN Hai-feng, et al. Effect of whole wheat flour on the quality of fried instant noodles [J]. Food and Machinery, 2016, 3: 193-197
- [26] Choy A L, Morrison P D, Hughes J G, et al. Quality and antioxidant properties of instant noodles enhanced with common buckwheat flour [J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57(3): 281-287
- [27] 钱秋红,夏铭,何易珈,等.紫薯鲜料非油炸方便面的研制[J].食品科技,2018,43(4):159-165
QIAN Qiu-hong, XIA Ming, HE Yi-jia, et al. Development of non-fried instant noodles of purple potato fresh food [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(4): 159-165
- [28] 元伟华.多谷物营养方便面加工技术研究[D].长春:吉林农业大学,2017
YUAN Wei-hua. Research on processing technology of multi-grain nutrient instant noodles [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2017
- [29] Heo S, Lee S M, Bae I Y, et al. Effect of lentinus edodes β -glucan-enriched materials on the textural, rheological, and oil-resisting properties of instant fried noodles [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(2):553-560
- [30] Wang L, Hou G G, Hsu Y H, et al. Effect of phosphate salts on the Korean non-fried instant noodle quality [J]. Journal of Cereal Science, 2011, 54(3):506-512