

DHA 营养强化面条工艺研究

刘秀敏¹, 武海星², 张建芳¹, 王 岩¹, 李汉臣^{2*}

(1. 河北交通职业技术学院 粮食工程研发中心, 河北 石家庄 050035; 2. 河北科技师范学院 食品科技学院, 河北 秦皇岛 066600)

摘要: 采用感官评价、蒸煮品质测定和质构分析的方法研究加水量、和面时间、水温和 DHA 藻油添加量对面条品质的影响。通过正交试验优化面条工艺配方,并测定贮藏期间面条过氧化值的变化。实验结果表明:不同工艺参数对面条品质有不同程度的影响,提高加水量可以显著降低面条的熟断条率,延长和面时间可以改善面条感官品质。2%的 DHA 藻油添加量使面条具有最高的感官得分。正交试验结果表明:面条的最佳配方为加水量 41%、和面时间 9 min、水温 25℃、DHA 藻油添加量 2%;添加了 DHA 藻油的面条在贮藏期间过氧化值增加比普通面条要快;面条在贮藏过程中总脂肪酸含量、DHA 含量与贮藏时间呈负相关。

关键词: 面条;营养强化;DHA;美食营养

中图分类号: TS 972.132

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2020)02-0064-06

二十二碳六烯酸 (Docosahexaenoic acid, DHA) 是大脑发育及成长的重要物质,是人体必需脂肪酸之一,^[1] 俗称脑黄金。研究表明: DHA 具有改善视力、降低血压和胆固醇、促进婴幼儿发育等重要的生理功能,还具有增强记忆与思维能力、提高智力等作用。^[2] 目前食品行业中,以 DHA 为原辅料开发的产品主要包括婴幼儿食品、DHA 保健食品、DHA 强化食品等。本实验重点研究加工工艺和 DHA 藻油添加量对面条品质的影响,探讨其最佳的加工制作工艺,以期增加面条营养价值的同时,保持良好的食用品质。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

昌黎四季雪面粉:昌黎四季雪面粉有限责任公司提供;DHA 藻油:嘉必优生物技术武汉股份有限公司提供。

TA.XT.plus 质构仪:英国 Stable Micro Systems 公司;JYS-N6 型九阳全自动面条机:南京汉越电子科技有限公司;DHG-9245A 型电热鼓风干燥箱:上海右一仪器有限公司;FA2204B 电子天平:上海精科天美仪器有限公司;DL-1 万用电炉:上海

乔跃电子有限公司;C21-WK2102 电磁炉:美的集团股份有限公司;岛津 GC-2010 气相色谱仪、SP-2560 色谱柱:岛津(上海)实验器材有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 DHA 营养强化面条工艺优化方法

1.2.1.1 单因素实验

以加水量、和面时间、水温和 DHA 藻油添加量作为 4 个单因素,采用感官评价、测定蒸煮品质和质构特性来确定最佳的单因素水平。

1.2.1.2 DHA 营养强化面条的正交试验

在单因素试验的结果上,以加水量(A)、和面时间(B)、水温(C)、DHA 藻油添加量(D)4 个因素为考察因素,每因素设置 3 个水平,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,因素水平见表 1,并对面条感官品质和蒸煮品质进行测定。

表 1 正交试验因素水平

水平	因 素			
	A:加水量/%	B:和面时间/min	C:水温/℃	D:DHA 藻油添加量/%
1	39	6	25	1
2	40	9	30	2
3	41	12	35	3

收稿日期:2019-05-30 *通信作者

基金项目:河北省科技计划项目(17227106D);国际科技合作重点项目计划(2015DFA30540)

作者简介:刘秀敏,女,河北交通职业技术学院粮食工程研发中心副教授,从事农产品加工技术及微生物应用研究;

李汉臣,男,河北科技师范学院食品科技学院副教授,从事农产品加工技术研究。

1.2.2 面条储藏过程中品质变化研究方法

将压制好的鲜面条挂在挂杆上送入烘房,经热空气吹干,烘房温度 35 ℃、烘干时间 45 h,用臭氧杀菌后,利用面条自动包装机包装面条(250 g 为 1 袋)并塑封。包装塑封好的面条分别存放在 10、25 及 40 ℃ 3 种储藏温度下,每月取 1 次样,连续取样 6 次,测定储藏期间面条的过氧化值、总油脂含量、DHA 含量,每次实验重复 3 次,结果取平均值。

1.2.2.1 基本理化指标的测定

油脂含量按照 CHEN 等^[3]的方法测定。面粉和面条中水分、面筋含量的测定分别按照 GB/T 5009.3—2010、GB/T 14608—93 进行测定。

DHA 含量测定方法:先采用酸热破壁法提油脂,再采用甲酯化方法进行处理,最后采用色谱分析检测。色谱柱检测规格为 sp-2560、100 m × 0.25 mm × 0.20 μm;载气:氮气;分流比:30:1;进样口温度:250 ℃;柱箱温度:180 ℃;进样量:1 μL;初始柱温 180 ℃,以 30 ℃/min 的速度升至 240 ℃,维持 18 min。

DHA 面条过氧化值的测定:按照国标 GB 5009.227—2016^[4]方法测定。

1.2.2.2 面条蒸煮品质的测定方法

面条最佳蒸煮时间的测定:准确取面条 25 根,置于装有 450 mL 已沸腾的蒸馏水中,同时开始计时,前 3 min 内每隔 30 s 随机取出 1 根面条,放于两片透明玻璃板之间,轻轻按压面条,观察其中间白芯状态;3 min 以后每隔 15 s 随机取样按以上做法观察,直至内部白芯消失的时间为最佳蒸煮时间。

面条蒸煮损失率的测定:按照测定蒸煮时间的方法取样称重,煮至最佳蒸煮时间时迅速捞出,面汤冷却后将其全部转移至 500 mL 容量瓶中定容。一次性量取 100 mL 的面汤倾入提前恒重并记录质量的烧杯(250 mL)中,置于红外可调式电加热炉上,以先大火后小火的加热方式将绝大部分水分蒸发,当烧杯内残余面汤少于 10 mL 时,将烧杯放入干燥箱中 105 ℃ 条件下烘至恒重,计算蒸煮损失率(CL)。

$$CL = 5M \div [(1 - W) \times G]$$

式中:CL 为面条蒸煮损失率(%);M 为面汤中残余干物质的质量(g);G 为煮前半干面的质量(g);W 为煮前面条的水分含量(%)。

熟断条率的测定:从样品中随机抽取面条 30 根,放入 500 mL 沸水中,煮至最佳蒸煮时间,小心捞出后沥干,记录断条面条的根数,按照以下计算方法计算面条熟断条率。^[5]

$$N = N_1 \div 30 \times 100\%$$

式中:N 为熟断条率(%);N₁ 为短条根数。

面条质构特性的测定:面条的质构特性参考王瑾等^[6]的方法进行。

面条感官评价的测定:鉴于 DHA 营养强化面条的自身特点,其感官评价小组有 12 名小组成员,包括 4 名男性和 8 名女性成员,在接受感官培训后,参考国家标准^[7]对样品进行评价,每个样品去掉最高分与最低分,剩余取平均值。

1.2.3 数据分析方法

采用 SPSS 软件对单因素试验结果进行单因素方差分析,用 Design Expert 6.0.5 软件对数据进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 DHA 藻油的组成

由试验结果可知,DHA 藻油的油脂组成如下:C14:0、C16:0、C18:0、C18:1、C20:4、C20:5、C22:6,其所占比例分别为 12.8%、24.5%、1.1%、0.1%、0.2%、15.1% 和 41.8%,其多不饱和脂肪酸的含量达到 45% 以上,营养价值突出,适合作为原料添加到面条中。

2.2 单因素试验结果

2.2.1 加水量对面条品质的影响

不同加水量对面条品质的影响如表 2 所示。由试验结果可知,随着加水量的增加,面条的感官品质无显著变化,得分均在 83.5 ~ 86.0 分之间。同时当加水量为 40% 或 42% 时,面条的熟断条率均小于 10%,而其余加水量的面条熟断条率均大于 10%,实验表明 40% ~ 42% 的加水量,比较适合制作面条。此外,随着加水量的增加,面条蒸煮损失率呈现先增大后减小的趋势,这与 YE 等^[8]的研究结果一致。因此,以熟断条率、感官品质和蒸煮损失率作为评价指标,可确定面条的最佳加水量为 40%。

2.2.2 和面时间对面条品质的影响

和面时间对面条品质的影响如表 3 所示。由表 3 可知,随着和面时间的延长,面条的感官得分呈现显著的先增加后降低的趋势,当和面时间为

9和12 min时感官得分无显著性差别。和面时间从6 min增加到15 min时,面条的熟断条率均不超过10%;其中和面时间为6和15 min时的熟断条率为3.33%,和面时间为9 min时的熟断条率最低。而当和面时间超过9 min,面条的蒸煮损失率随着时间的延长表现为逐渐增大的趋势。综合考虑3个指标的变化规律,确定最佳的和面时间为9 min。

表2 加水量对面条品质的影响

加水量/%	38	40	42	44	46
感官评价/分	83.58 ± 0.12	84.02 ± 0.22	85.62 ± 0.21	85.77 ± 0.18	84.63 ± 0.11
熟断条率/%	13.33 ± 0.21	3.33 ± 0.06	3.33 ± 0.06	33.33 ± 0.19	16.67 ± 0.19
蒸煮损失率/%	3.67 ± 0.11	4.53 ± 0.18	6.41 ± 0.21	7.00 ± 0.12	6.67 ± 0.08

表3 和面时间对面条品质的影响

和面时间/min	6	9	12	15
感官评价/分	79.05 ± 0.04	83.05 ± 0.17	84.02 ± 0.19	78.70 ± 0.15
熟断条率/%	3.33 ± 0.09	0	3.33 ± 0.11	3.33 ± 0.16
蒸煮损失率/%	6.43 ± 0.05	3.34 ± 0.07	4.53 ± 0.12	6.97 ± 0.18

2.2.3 加水温度对面条品质的影响

以面条感官品质和蒸煮品质为评价指标考察加水温度对面条品质的影响,结果如表4所示。由表可知,水温为30℃的面条熟断条率为0,感官得分最高,蒸煮损失率较低,因此确定和面用水的最佳温度为30℃,与蔡丽丽^[9]的研究结果相一致。

表4 加水温度对面条品质的影响

水温/℃	20	25	30	35	40
感官评价/分	80.37 ± 0.11	81.04 ± 0.19	83.12 ± 0.12	82.10 ± 0.12	80.70 ± 0.10
熟断条率/%	6.67 ± 0.18	3.33 ± 0.12	0	0	6.67 ± 0.09
蒸煮损失率/%	4.12 ± 0.21	4.01 ± 0.11	4.11 ± 0.15	4.46 ± 0.11	4.51 ± 0.08

2.2.4 DHA藻油添加量对面团和面条品质的影响

不同DHA藻油添加量对面团中湿面筋含量

的影响见图1。由图可知,随着DHA藻油添加量的增加,面粉湿面筋含量逐渐降低。这可能是由于添加的油脂分布在蛋白或淀粉颗粒的周围,在水与大分子物质之间形成油膜,油膜的疏水作用导致面粉吸水作用减弱,限制了蛋白质的吸水,致使蛋白质分子舒展不够充分,进而降低了面筋的生成率。FU等^[10]将脂肪加入面团中,发现在面团形成过程中,添加的油脂能均匀地分布在面团中,减少面筋网络的形成,还能降低面团的弹性,与本研究的结果(DHA)藻油添加降低了面粉面筋含量相一致。

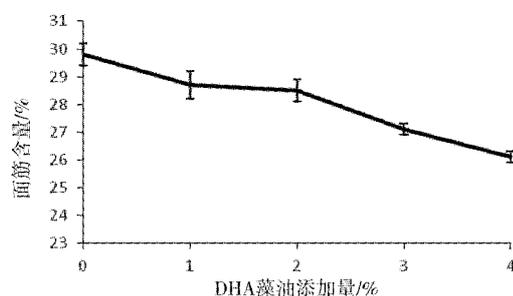


图1 不同DHA藻油添加量对面团湿面筋含量的影响

不同DHA藻油添加量对面条硬度的影响如图2所示。由图可知,随着DHA添加量的增加,面条的硬度值呈显著降低的趋势,而高浓度3%~4%添加量的硬度降低明显高于1%~2%。这可能是因为在面条中加入油脂阻碍了面筋的形成,导致面条硬度降低,这也导致面条损失率提高。

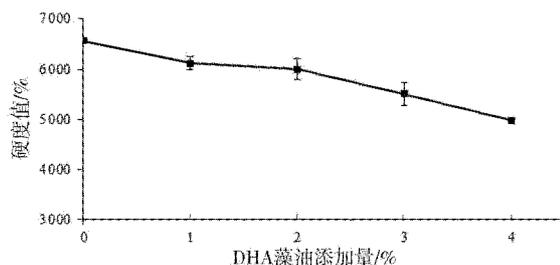


图2 DHA藻油添加量对面条硬度的影响

DHA藻油添加量对面条感官品质和蒸煮品质的影响如表5所示。由表可知,随着DHA藻油添加量的增加,面条的感官得分先增加后减小;而面条的熟断条率表现为先减小后增大的趋势。当其添加量为2%,面条的熟断条率达到最小值(面条无断条现象)。面条的蒸煮损失率随DHA藻油的添加量的增加而增加,这可能是由于油脂的存在,干扰了面条在受热熟制过程中蛋白网络的

形成,而导致像淀粉颗粒等大分子物质的溶出。

表5 DHA藻油添加量对面条品质的影响

品质	藻油添加量/%				
	0	1	2	3	4
感官评价/分	79.10 ± 0.13	81.23 ± 0.18	84.02 ± 0.09	83.39 ± 0.09	80.71 ± 0.18
熟断条率/%	13.33 ± 0.22	3.33 ± 0.16	0	3.33 ± 0.03	5.46 ± 0.17
蒸煮损失率/%	5.62 ± 0.27	6.23 ± 0.12	6.25 ± 0.08	7.62 ± 0.11	7.98 ± 0.17

综上所述,添加一定量的DHA藻油,可以一

定程度上改善面条的感官品质和蒸煮品质,但是当添加量过大时会干扰面筋蛋白的水化作用,弱化面条中蛋白网络的形成,最终使面条的品质降低。因此根据以上研究结果与规律,得出2%DHA藻油为面条中最佳的添加量。

2.3 正交试验结果分析

在单因素试验的基础上,以感官品质和蒸煮品质为考察指标,选取加水量(A)、和面时间(B)、水温(C)、DHA藻油添加量(D)4个因素为正交因素,按照正交试验设计进行试验,试验结果如表6所示。

表6 正交试验结果

试验号	因素				感官评价/分	熟断条率/%	蒸煮损失率/%
	A/%	B/min	C/°C	D/%			
1	1	1	1	1	81.27	16.67	4.68
2	1	2	2	2	83.46	0.00	4.52
3	1	3	3	3	81.33	10.00	7.97
4	2	1	2	3	79.36	6.67	6.96
5	2	2	3	1	83.42	0.00	4.88
6	2	3	1	2	82.77	6.67	5.45
7	3	1	3	2	82.03	6.67	9.73
8	3	2	1	3	84.63	3.33	4.32
9	3	3	2	1	82.17	0.00	6.21
感官评价/分	k_1	81.67	80.89	82.89	82.29		
	k_2	81.85	83.84	83.02	82.75		
	k_3	82.94	82.17	82.26	81.77		
	R_1	1.27	2.95	0.76	0.98		
熟断条率/%	m_1	8.89	10.0	8.89	5.56		
	m_2	4.45	1.11	2.22	4.45		
	m_3	3.33	5.56	5.56	6.67		
	R_2	5.56	8.89	6.67	2.22		
蒸煮损失率/%	n_1	5.72	7.12	4.82	5.26		
	n_2	5.76	4.57	5.90	6.57		
	n_3	6.75	7.53	7.53	6.42		
	R_3	1.03	2.95	2.71	1.31		

极差R越大,表示该因素的水平变化对试验的影响越大;反之,R越小,这个因素就越不重要。^[11]根据试验结果中极差R的大小,进行因素的主次排队。在感官评分的结果中,由 R_1 数据可以得出,4个因素由主到次排列为 $B > A > D > C$,即和面时间对其影响最大,加水量次之,水温影响最小。最佳配方为 $A_3B_2C_2D_2$ 。

由面条熟断条率结果中 R_2 的大小可知,4个因素主次排列为 $B > C > A > D$,即和面时间对面

条影响最大,水温次之,DHA藻油的添加量影响最小。最佳配方为 $A_3B_2C_2D_2$ 。

由面条的蒸煮损失率的结果中 R_3 的大小可知,4个因素主次排列为 $B > C > D > A$,即和面时间对其影响最大,水温次之,加水量影响最小。最佳配方为 $A_1B_2C_1D_1$ 。

综上所述,DHA藻油强化面条的最佳配方为 $A_3B_2C_2D_2$ 。同时从9个组合中直观地找出最佳处理组合为8号处理,即 $A_3B_2C_1D_3$ 。但是由于交互

作用的影响,最佳配方不一定是各因素最佳水平的组合。^[12-13]由以上分析可知,因素C和D不是最重要因素,因此选择比较节约物力财力的 C_1D_2 即可。由此可知,加DHA藻油面条的最佳配方为 $A_3B_2C_1D_2$,即加水量为41%、和面时间为9 min、水温为25℃、DHA藻油添加量为2%。

2.4 贮藏期间面条品质变化

2.4.1 储藏过程中面条过氧化值的变化

贮藏期间面条过氧化值的变化如图3所示。由图可知,随着贮藏时间的延长,两种面条的过氧化值均逐渐增加,且添加了DHA藻油面条的过氧化值增加较普通面条快。这是由于油脂的加入,增加了面条中脂类的含量,在一定程度上增加了脂类被氧化的程度。存储温度对面条的过氧化值影响也比较大,温度越高面条的过氧化值越高,这是因为高温可以促进油脂的过氧化。在25℃和4℃下保存的面条其过氧化值均未超过国标标准,但是在40℃下保存的面条在第6个月过氧化值就超过10 mmol/kg,说明在此温度下不能长期保存DHA面条。

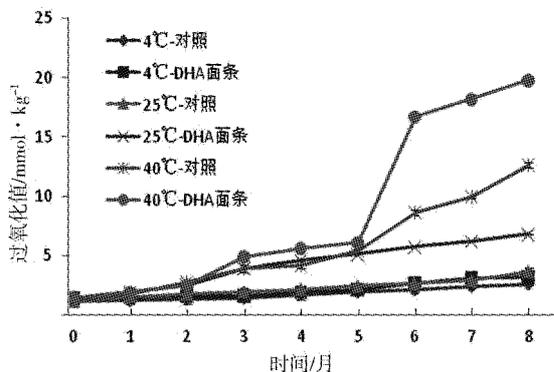


图3 面条存储过程中过氧化值的变化

2.4.2 储藏过程中总脂肪酸的变化

面条中粗脂肪含量较低,经检测对照组面条中总脂肪酸含量为0.4%、DHA面条中总脂肪酸含量为2.1%。DHA面条在不同温度储藏环境下,其粗脂肪含量变化如图4所示。由图可见,面条的储藏温度越高,脂肪含量越低。这是因为随着储藏温度的升高,脂肪氧化分解的速度加快。结果说明面条在储藏过程中面条脂肪含量与储藏时间呈负相关,可能是因为面条在储藏期间脂肪不断的氧化分解,温度越高,不饱和脂肪酸产生的过氧化物逐渐分解,生成了短脂肪酸链与低分子量的醛、酮、羧酸等挥发性物质。实验结果发现面

条在40℃储藏期间,面条气味变化最为明显。

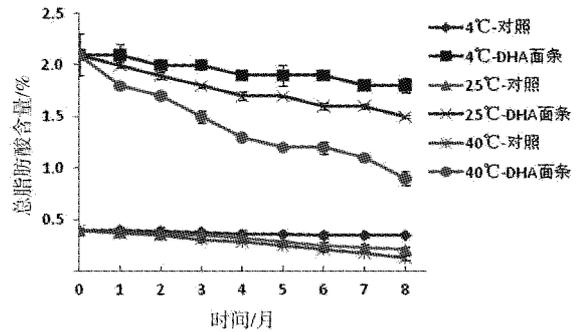


图4 DHA面条中的总脂肪酸含量变化

2.4.3 面条储藏过程期间DHA含量的变化

本试验面条中DHA含量为0.30%,不同储藏温度下DHA面条在储藏过程中DHA含量变化如图5所示。由图可见,储藏温度越高,面条中DHA含量越低。因为储藏温度越高,脂肪氧化速率就增大。鉴于DHA是多不饱和脂肪酸,其氧化速率比饱和脂肪酸要快,随着储藏时间的延长,DHA被氧化的越多,含量越低。三戊基三噁烷是亚油酸的次级氧化产物,具有强烈的臭味,所以DHA面条在40℃储藏过程中哈变味明显。

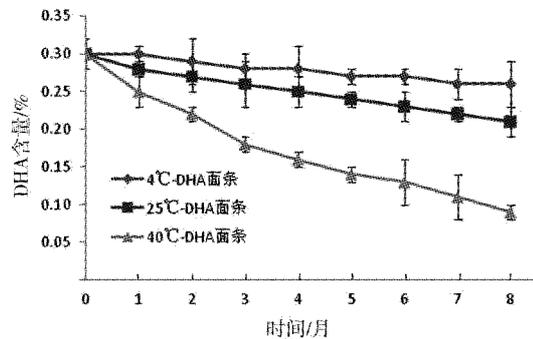


图5 面条中的DHA含量变化

3 结论

通过单因素实验和正交试验,研究加水量、和面时间、水温和DHA藻油添加量对面条品质的影响,确定面条的最佳工艺配方为加水量41%、和面时间9 min、水温25℃、DHA藻油添加量2%。添加DHA藻油的面条在储藏期间过氧化值增加较普通面条快,在常温和4℃下保存的面条其过氧化值均未超过国标标准,但是40℃下保存的面条在6个月时其过氧化值就超过10 mmol/kg,说明在此温度下不能长期保存。面条在储藏过程中总脂肪酸含量、DHA含量与储藏时间呈负相关。

按此工艺生产的新型面条口感良好、营养价值突出且品质稳定,同时,能够为 DHA 营养强化面条的品质改良提供参考。

参考文献:

- [1] 郝靖. 部分 CB、TRPV 亚型受体参与多不饱和脂肪酸提高大鼠空间学习记忆的机理[D]. 武汉:武汉轻工大学,2015.
- [2] 樊燕,孙晨阳,王博,等. GC/MS 分析俄罗斯鲟鱼不同部位脂肪酸组成[J]. 现代食品科技,2015(1): 238-242.
- [3] CHEN W, WANG H, ZHANG K, et al. Physicochemical properties and storage stability of microencapsulated DHA-rich oil with different wall materials [J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2016, 179(7): 1-14.
- [4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.227—2016 食品中过氧化值的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [5] 郭艳芬. 发育期补充 DHA 对大鼠空间学习记忆的影响及其机理研究[D]. 武汉:武汉工业学院,2012.
- [6] 王瑾,杨占威,肖建辉,等. 不同油脂的添加对面条品质的影响[J]. 粮食与油脂,2015(5):37-39.
- [7] 中华人民共和国商业部. SB/T 10137—93 面条用小麦粉[S]. 北京:中国标准出版社,1993.
- [8] YE Y L, ZHANG Y, HE Z H, et al. Effects of flour extraction rate, added water, and salt on color and texture of Chinese white noodles [J]. Cereal Chem, 2009, 86(4):477-485.
- [9] 蔡丽丽. 水对面团品质的影响[D]. 郑州:河南工业大学,2007.
- [10] FU J, MULVANEY S J, COHEN C. Effect of added fat on the rheological properties of wheat flour doughs [J]. Cereal Chemistry, 1997, 74(3):304-311.
- [11] 王钦德,杨坚. 食品试验设计与统计分析[M]. 北京:中国农业大学出版社,2002:349-361.
- [12] 戴阳军,胡舰,周莹,等. 响应面法优化鱼糜肉纸制作工艺[J]. 美食研究,2018,35(3):48-53.
- [13] CHIANG A N, WU H L, YEH H, et al. Antioxidant effects of black rice extract through the induction of superoxide dismutase and catalase activities[J]. Lipids, 2006, 41(8):797-803.

Processing technology for DHA fortified noodle

LIU Xiumin¹, WU Haixing², ZHANG Jiangfang¹, WANG Yan¹, LI Hanchen²

(1. Hebei Jiaotong Vocational and Technical College, Shijiazhuang, Hebei 050035, China;

2. College of Food Science and Technology, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao, Hebei 066600, China)

Abstract: Sensory evaluation, cooking quality determination and texture analysis were used to study the effects of water addition, dough forming time, water temperature and DHA algal oil addition on noodle quality. The noodle process recipe was optimized by orthogonal tests and the change in the peroxide value of the noodles during storage was determined. The results showed that process parameters had different effects on the quality of noodles. Increasing the amount of water could significantly reduce the breaking rate of cooked noodles, and prolonging the dough kneading time could improve the sensory quality of noodles. The addition of 2% DHA algal oil gave the noodles the highest sensory scores. The optimal processing technology of noodles was as follows: 41% of water addition, 9 min of dough forming time, 25 °C of water temperature, and 2% of DHA algae oil addition. The noodles added with DHA algal oil increased the peroxide value during storage faster than the ordinary noodles. The total fatty acid content and DHA content of the noodles were negatively correlated with the storage time.

Key words: noodles; nutritional enhancement; DHA; food nutrition

(责任编辑:赵 勇)