

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.01.034

雨生红球藻对面包烘焙品质的影响

Effect of *Haematococcus pluvialis* on baking quality of bread

王宝贝^{1,2,3} 戴紫薇¹ 刘璐璐⁴ 陈玟璇¹WANG Bao-bei^{1,2,3} DAI Zi-wei¹ LIU Lu-lu⁴ CHEN Wen-xuan¹

(1. 泉州师范学院海洋与食品学院, 福建 泉州 362000; 2. 福建省海洋藻类活性物质制备与功能开发重点实验室, 福建 泉州 362000; 3. 近海资源生物技术福建省高校重点实验室, 福建 泉州 362000; 4. 福建农林大学食品科学学院, 福建 福州 350002)

(1. College of Oceanology and Food Science, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362000, China; 2. Fujian Province Key Laboratory for the Development of Bioactive Material from Marine Algae, Quanzhou, Fujian 362000, China; 3. Key Laboratory of Inshore Resources and Biotechnology Fujian Province University, Quanzhou, Fujian 362000, China; 4. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

摘要:将不同量(0.0%, 0.4%, 0.8%, 1.6%, 以面粉的质量百分含量计算)的雨生红球藻粉添加到面包中, 探索其对面包烘焙品质的影响。结果表明: 雨生红球藻的添加提高了面包的红色度和黄色度, 降低了面包的亮度。同时, 使面包比容降低了5.6%, 但对面包含水量影响不大。在试验范围内, 随着雨生红球藻粉添加量的增加, 面包的硬度、胶着性、咀嚼性逐渐增大, 而弹性、回复性、内聚性无显著变化。雨生红球藻的添加对贮藏过程中面包弹性、内聚性和回复性的变化影响也不大, 当添加0.4%的雨生红球藻时, 能有效延缓面包硬度、咀嚼性和胶着性的增大。此外, 雨生红球藻的添加, 可以在色泽、外观、组织结构等方面改善面包品质。总体来说, 雨生红球藻添加量为0.4%时面包烘焙品质最佳。

关键词:雨生红球藻; 面包; 质构; 比容

Abstract: In this study, *H. pluvialis* was applied into bread to study its effect on baking quality. The results showed that the addition of *H. pluvialis* increased redness and yellowness of bread, and decreased the brightness. The specific volume of bread decreased slightly, but the moisture content did not change a lot with the addition of *H. pluvialis*. Within the content range studied, the hardness, stickiness and chewiness of bread increased gradually with increasing *H. pluvialis*, while the elasticity, resilience and cohesion did not change significantly. Similarly,

during storage process, *H. pluvialis* had little effect on the changes of bread elasticity, cohesion and resilience, but it could postpone the increase of hardness, chewiness and stickiness. In addition, the addition of *H. pluvialis* improve the quality of bread in color, appearance and tissue structure, but introduced a smell of microalgae, which obviously affected the sensory score of bread when the addition amount was higher than 1.6%.

Keywords: *Haematococcus*; bread; texture; the specific volume

面包作为一种快速食品, 越来越受到人们的喜爱。近年来, 人们开始尝试将品质改良剂和不同营养物质^[1]添加到面包中, 以期提高面包的营养价值和烘焙品质。宋莹莹等^[2]、宁芊等^[3]、田海娟等^[4]分别研究了大豆磷脂、醇提磷脂副产品、复配亲水胶体和紫苏叶超微粉对面包品质的影响。结果发现醇提磷脂副产品在增加面包比容、降低硬度和咀嚼性、改善老化现象的效果高于大豆磷脂; 复配亲水胶体对面包的含水量、硬度、弹性和咀嚼性等有很好的改善; 紫苏叶提高了面包的持水率, 增大了面包的比容。

在面包中加入抗氧化物质不仅能提高面包的营养价值, 还能改善面团组织结构, 延缓面包老化^[5-8]。张舒等^[6]发现竹叶抗氧化物作为一种强抗氧化剂添加至面包中, 能改善面包的比容、硬度及感官评价和提高其抗氧化能力, 延缓面包的老化。雨生红球藻含有丰富的蛋白质、多糖、虾青素、不饱和脂肪酸及维生素等营养成分^[9], 具有全面且均衡的营养价值。面包中加入富含营养素的藻类, 在提高面包营养价值的同时也使其具有微藻风味^{[10]38-45}。虾青素不仅具有鲜艳的红色, 还具有较强的

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:41606177); 福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划(编号:201847)

作者简介:王宝贝(1982—), 女, 泉州师范学院副教授, 博士。

E-mail: baobeiw@qztc.edu.cn

收稿日期:2019-09-23

抗氧化活性,将富含虾青素的雨生红球藻添加至食品中,不仅能提高食品的营养价值,还能改善食品的颜色^[11]。有研究表明,添加0.87%的蛋白核小球藻粉使面包更有弹性,发酵效率也更高,并且延缓淀粉老化变硬,延长面包的货架期^[12];在面包中加入15 g/kg·面粉的螺旋藻粉,可使面包的硬度和咀嚼性减小,弹性增大,并能增强面包的持水性^[13];将1%的金藻粉添加到面包中,可增强面包的保水性,提高面包中的总糖含量^[10]⁴³。近年来,关于小球藻和螺旋藻在食品中的应用研究较多,而雨生红球藻在烘焙食品中的应用较少。仅见将雨生红球藻的虾青素提取液添加到面包中的报道^[9]。但虾青素提取液成本较高且不稳定,容易受烘焙过程影响。试验拟将雨生红球藻粉直接添加到面包中,探究不同雨生红球藻添加量对面包色泽、比容、含水量和质构等烘焙品质的影响,以期今后雨生红球藻在烘焙食品中的应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

雨生红球藻粉:福建省海洋藻类活性物质制备与功能开发重点实验室;

新良原味面包粉、安琪高活性干酵母、安佳无盐黄油、盐、白砂糖:市售;

H₂O₂:分析纯,广东西陇科学股份有限公司;

考马斯亮蓝 G250:上海蓝季科技发展有限公司;

硫酸亚铁、水杨酸、无水乙醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

面包机:BM1352B-3C型,广东东菱电器有限公司;

质构分析仪:TA-XT Plus型,英国 Stable Micro Systems 公司;

全自动色差计:ADCI-60-W型,北京辰泰克仪器技术有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DGG-9123AD型,上海森信实验仪器有限公司;

冷冻干燥机:FD-2型,北京博医康实验仪器有限公司;

气相色谱仪:GC7890型,美国 Agilent Technologies 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 总蛋白、总糖、总脂肪酸含量及脂肪酸成分的测定

(1) 总蛋白含量:考马斯亮蓝法^[14]。

(2) 总糖含量:苯酚硫酸法^[14]。

(3) 总脂肪酸含量:采用液氮研磨破碎细胞,以氯仿-甲醇溶液(体积比2:1)提取3次,用氮气将管内溶剂吹干后,样品经冷冻干燥(冷阱温度-80℃,压力20~30 Pa,干燥24 h)除去少量水分,最后称量冷冻干燥后的样品管质量^[15]。

$$R = (G_2 - G_1) / M \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R——总脂肪酸含量,%;

G₁——空样品管质量,g;

G₂——冷冻干燥后的样品管质量,g;

M——所用藻粉质量,g。

(4) 脂肪酸成分分析:采用气相色谱法^[16]。色谱柱为DB-23(60 m,0.25 mm ID,0.15 μm),进样温度250℃,分流比20:1;以氮气为载气(流速20 mL/s);柱温从50℃开始保持1 min,然后以25℃/min速度升温至220℃并保持1 min。检测器温度保持在250℃。

1.2.2 面包样品的制备

(1) 工艺流程

配料(依次投入水、高筋面粉、糖、酵母、盐、藻粉)→搅拌(10 min)→一次发酵(28℃,60 min)→面团搅拌(10 min)→醒发(28℃,15 min)→面团搅拌(10 min)→二次发酵(38℃,60 min)→焙烤(180℃,30 min)→冷却(120 min)→成品

(2) 面包基础配方:高筋面粉100 g,白砂糖10 g,黄油10 g,酵母1 g,食盐0.4 g,水50 g。探讨雨生红球藻添加量分别为0.4%,0.8%,1.6%时(以面粉的质量百分含量计算),对面包品质的影响,对照组不添加雨生红球藻。通过考察质构、比容、持水性、含水量、色差及感官品质评分等指标,分析雨生红球藻添加量对青稞面包的影响。

1.2.3 面包色差的测定 面包冷却至室温后切片,采用全自动色差计测定色差^[17]。

1.2.4 面包比容的测定 参考GB/T 20981—2007。面包出炉后冷却至室温,称重。采用绿豆替代法测定面包的体积,面包体积与质量比即为面包的比容(mL/g)。

1.2.5 面包水分的测定 按GB 5009.3—2016的直接干燥法执行。

1.2.6 面包质构参数的测定 采用质构仪测定面包的硬度、弹性、恢复性等质构参数。选用P/36R的圆柱形平底探头,质构参数:触发力5 g,测前速度1 mm/s,测试速度3 mm/s,测后速度3 mm/s;压缩至样品原高度的50%,两次压缩间隔的时间为5 s^[17]。

室温冷却2 h的面包制品,取面包中心部位3片切片(15 mm/片)用于质构参数测试。为了研究贮藏过程中面包质构特性的变化,部分面包片放入自封保鲜袋中室温贮藏24,48,72 h后进行测试。

1.2.7 感官评价 感官评价的标准参照GB/T 20981—2007。围绕面包外观与色泽、口感、风味和内部组织四方面展开细化,具体标准见表1。随机选取15名食品科学与工程专业的学生作为参评人员,对每个样品进行评定。

表 1 感官评价标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of chlorella barley bread

评价指标	评价标准	评分范围
外观	面包外观、大小一致、未粘边、无破裂	0~25
组织结构	气孔细密均匀,呈海绵状,无大孔隙,切片后不断裂	0~30
面包质地	面包质地均匀柔软,轻轻按下后能恢复原状	0~15
色泽	表面及断面色泽均匀,无发暗发黑现象	0~15
气味、滋味	香味明显、无藻腥味、咸甜适中、口感松软、不粘牙	0~15

2 结果与讨论

2.1 雨生红球藻生化组成

如图 1 所示,该藻粉主要营养成分为脂肪酸、蛋白质、碳水化合物,其含量分别为 31.31%, 21.88%, 19.56%。其活性成分虾青素含量为 3.34%。进一步对雨生红球藻中各种脂肪酸的组成进行分析发现,其脂肪酸主要包括棕榈酸(C_{16:0})、棕榈油酸(C_{16:1Δ9})、油酸(C_{18:1})、亚油酸(C_{18:2})、亚麻酸(C_{18:3n3}和 C_{18:3n6})等 14 种。其中,油酸、亚油酸、棕榈酸、亚麻酸分别占总脂肪酸含量的(23.98±0.03)%,(20.61±0.29)%,(19.35±0.29)%,(18.73±0.23)% (表 2)。

2.2 雨生红球藻添加量对面包囊色泽的影响

如图 2 所示,添加量为 0.4% 时,面包囊呈淡橙色,随着藻粉的增加,面包颜色越来越红。为进一步研究面包色泽的差异,采用 ADCI 系列全自动色差计测定面包芯的颜色。由表 3 可知,随着藻粉添加量的提高,面包囊的亮度(L 值)不断降低,而红色度(a 值)和黄色度(b 值)不断增加。当藻粉添加量≥0.4% 时,面包切片的亮度显著

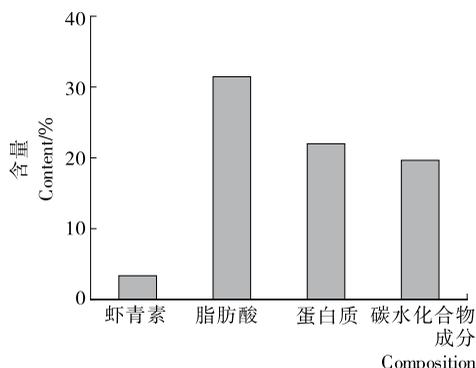


图 1 雨生红球藻的生化组成

Figure 1 Biochemical compositions in *H. pluvialis* (n=3)

表 2 雨生红球藻中脂肪酸的组成及含量

Table 2 Fatty acids compositions and contents in *H. pluvialis* (n=3)

脂肪酸	含量/(mg·g ⁻¹)	占总脂肪酸比例/%
C _{14:0}	0.82±0.01	0.26±0.00
C _{16:0}	60.58±0.92	19.35±0.29
C _{16:1(Δ9)}	3.11±0.06	1.00±0.02
C _{16:2(Δ7,10)}	3.17±0.03	1.01±0.01
C _{16:3(4,7,10)}	1.95±0.02	0.62±0.00
C _{16:3(7,10,13)}	6.77±0.07	2.16±0.02
C _{16:4(4,7,10,13)}	20.38±0.32	6.51±0.10
C _{18:0}	1.55±0.01	0.49±0.00
C _{18:1}	75.07±1.05	23.98±0.33
C _{18:2}	64.53±0.90	20.61±0.29
C _{18:3n6}	4.02±0.17	1.28±0.05
C _{18:3n3}	58.63±0.73	18.73±0.23
C _{18:4(6,9,12,15)}	9.27±0.12	2.96±0.04
C _{20:4(5,8,11,14)}	3.23±0.07	1.03±0.02
合计	31.31±0.44	100.00

低于对照组切片的亮度(P<0.01)。可见,雨生红球藻的添加明显影响了面包囊的红色度和黄色度。这主要是由于雨生红球藻含有丰富的虾青素,藻粉本身的色泽为艳丽的红色。

2.3 雨生红球藻添加量对面包比容的影响

由图 3 可见,当雨生红球藻添加量为 1.6% 时,面包的比容较对照组明显降低(P<0.05),下降了 5.6%。这是由于雨生红球藻的脂肪酸含量较高(达到 31.31%),油脂

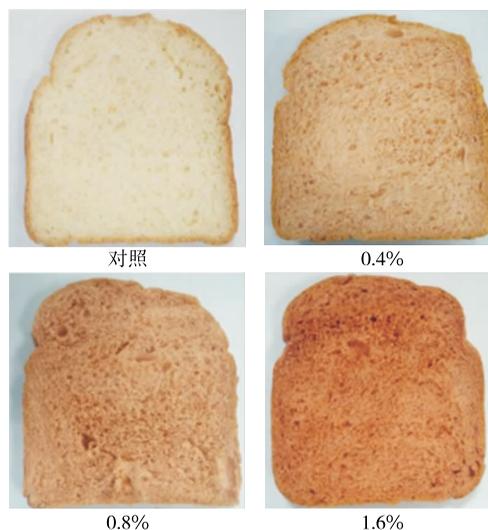


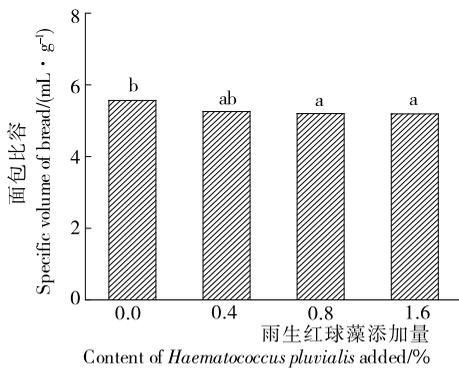
图 2 不同雨生红球藻添加量的面包切片

Figure 2 Slices of barley bread with different contents of *H. pluvialis*

表3 雨生红球藻添加量对面包色泽的影响[†]Table 3 Effect of *H. pluvialis* on the color of bread ($n=3$)

雨生红球藻添加量/%	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
0.0	61.02±2.21 ^c	1.49±0.28 ^a	11.80±0.28 ^a
0.4	53.22±2.64 ^b	10.81±1.00 ^b	16.54±0.97 ^b
0.8	53.11±1.74 ^b	15.09±0.51 ^c	18.68±0.61 ^c
1.6	43.99±0.62 ^a	18.64±0.73 ^d	20.22±0.69 ^d

† 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。



小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图3 雨生红球藻添加量对面包比容的影响

Figure 3 Effect of *H. pluvialis* content on the specific volume of bread ($n=3$)

的强疏水性削弱了面筋蛋白质的吸水能力,使面筋的网络结构不完整,降低了面团的持气性能,使面包的比容降低^[18]。

2.4 雨生红球藻添加量对面包含水量的影响

如图4所示,在所考察的浓度范围内,雨生红球藻的添加对面包含水量影响不大。当雨生红球藻添加量提高至1.6%时,面包含水量为36.8%,仅比对照组面包低了1.6%。面筋是面团的支架,随着藻粉添加量的增加,可能会造成面筋的形成量降低,面团结合水的能力下降^[19],从而导致面包含水量下降。因此,一般面包制作中藻粉的添加量不能太高。试验中雨生红球藻添加量较少,对面包水分造成的影响可以忽略。

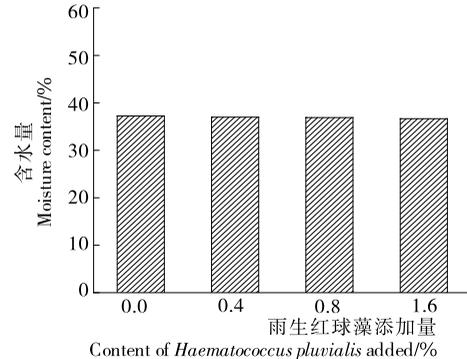


图4 雨生红球藻添加量对面包含水量的影响

Figure 4 Effect of *H. pluvialis* content on the water content of bread ($n=3$)

2.5 雨生红球藻添加量对面包质构的影响

由表4可见,雨生红球藻添加量为0.4%时,对面包的质构影响不大。当添加量达到0.8%时,面包的硬度、咀嚼性显著高于对照组面包($P<0.05$)。此后,继续增加雨生红球藻含量至1.6%时,面包的硬度、咀嚼性和胶着性维持稳定。该结果表明,在一定浓度范围内,随着雨生红球藻添加量的增加,面包的硬度、胶着性、咀嚼性均逐渐增大。这是由于雨生红球藻的添加导致筋网络结构不完整,降低了比容,因而硬度、胶着性、咀嚼性随之增大。咀嚼性适当的增大,使得面包更有嚼劲^[16]。当面包的硬度超过一定范围,面包的口感就变差。从质构的角度分析,雨生红球藻的添加量不宜高于0.8%。此外,雨生红球藻添加量对面包的弹性、回复性、内聚性无显著影响。

2.6 贮藏时间对雨生红球藻面包质构的影响

由图5(a)可见,面包的弹性随着贮藏时间的延长而逐渐降低。贮藏1d后,面包弹性下降较为明显。此后,随着时间的延长,弹性趋于平缓。不同雨生红球藻添加量的面包弹性也表现出相同的趋势,且弹性值相似。可见,雨生红球藻的添加对贮藏过程中面包弹性的变化影响不大。类似的,贮存过程各组面包的内聚性和回复性也是在贮藏第1天出现明显的下降,此后趋于平稳。雨生红球藻的添加对这两个质构参数的影响不大,见图5(b)和(c)。

表4 雨生红球藻添加量对面包质构的影响[†]Table 4 Effect of *H. pluvialis* content on the texture of bread ($n=3$)

雨生红球藻添加量/%	硬度	弹性	内聚性	胶着性	咀嚼性	回复性
0.0	210.17±24.10 ^a	0.96±0.00 ^a	0.80±0.01 ^a	165.65±9.92 ^a	162.92±14.14 ^a	0.36±0.01 ^a
0.4	216.18±17.36 ^a	0.97±0.02 ^a	0.79±0.00 ^a	177.37±14.26 ^a	166.99±14.28 ^a	0.35±0.01 ^a
0.8	262.01±5.14 ^b	0.96±0.01 ^a	0.79±0.00 ^a	204.27±1.22 ^b	191.37±4.03 ^b	0.35±0.01 ^a
1.6	266.22±17.64 ^b	0.96±0.00 ^a	0.79±0.01 ^a	211.36±8.67 ^b	200.20±11.82 ^b	0.36±0.01 ^a

† 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

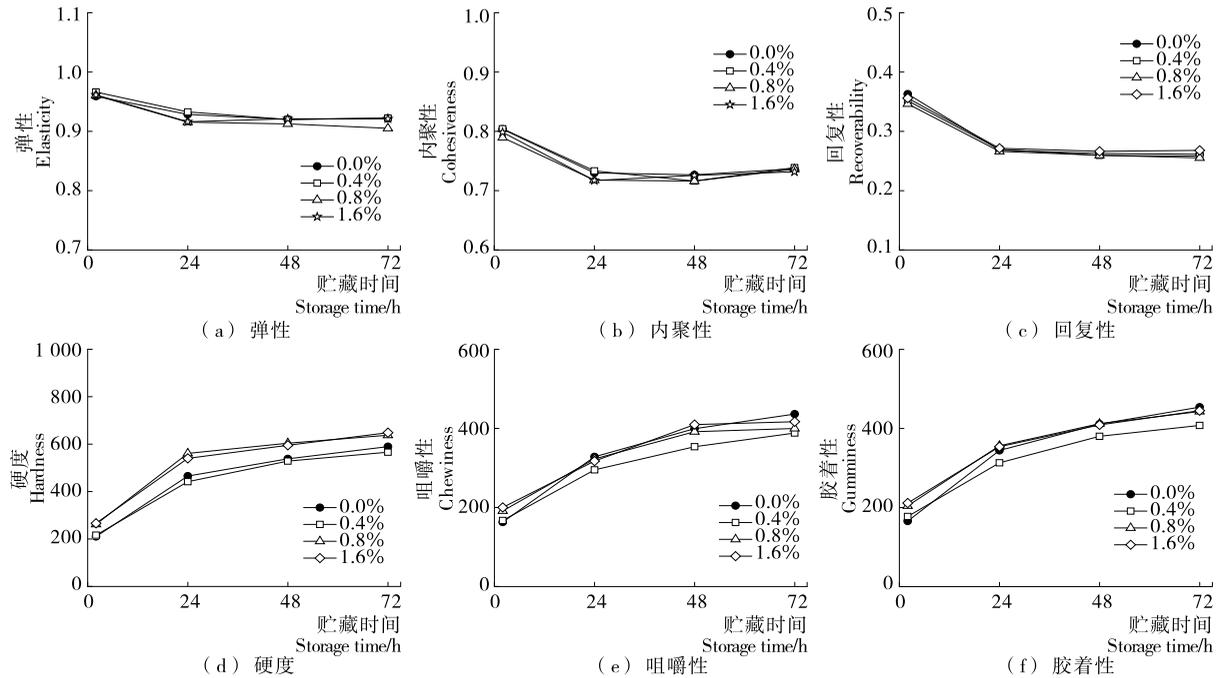


图 5 贮藏时间对面包质构的影响

Figure 5 Effect of *H. pluvialis* on the texture of bread during storage process ($n=3$)

由图 5(d)可知,贮藏 1 d 后,不同雨生红球藻含量的面包硬度都有了明显的增加。这主要是由于面包芯中的水分逐步向表皮转移,面包老化^[17]。此后,随着时间的延长,面包硬度的增大速度减缓。贮藏 3 d 后,添加量分别为 0.0%,0.4%,0.8%,1.6% 的面包的硬度分别比初始时增大了 180.6%,161.9%,143.5%,143.6%。可见,添加适量的雨生红球藻能在一定程度上延缓面包硬度的增大。这是由于雨生红球藻具有较强的保持水分能力,一定程度上降低了水分的扩散速度,延缓了淀粉的老化,从而减缓面包硬度增加的趋势^[17]。同样的,雨生红球藻的添加,

可延缓面包咀嚼性和胶着性的增大,且添加量为 0.4% 时的效果最好,见图 5(e)和(f)。

2.7 雨生红球藻添加量对面包感官评价的影响

如表 5 所示,随着雨生红球藻添加量的增大,感官评价员对面包的喜爱程度整体呈先上升后下降的趋势。雨生红球藻的添加,可以在色泽、外观、组织结构等方面对面包的品质做出一定的改善。在气味与滋味方面,随着雨生红球藻的增加,评分逐渐下降。这是由于雨生红球藻带有一种特殊的藻味。综合各项指标得分,雨生红球藻添加量为 0.4% 和 0.8% 的面包喜爱程度较高。

表 5 雨生红球藻添加量对感官评价的影响[†]

Table 5 Effect of *H. pluvialis* content on sensory evaluation of bread ($n=3$)

雨生红球藻含量/%	面包外观	组织结构	面包弹性	表面色泽	气味与滋味	总分
0.0	18.41±2.68 ^a	22.80±2.85 ^a	11.41±1.17 ^a	10.18±1.42 ^a	11.29±1.48 ^a	74.09 ^a
0.4	19.70±1.72 ^{bc}	23.88±1.50 ^b	11.35±1.14 ^a	10.60±1.14 ^{ab}	11.10±0.85 ^a	76.63 ^{bc}
0.8	20.18±1.97 ^c	24.05±2.27 ^b	11.23±1.48 ^a	11.23±1.45 ^b	10.36±2.17 ^a	77.05 ^c
1.6	18.62±2.96 ^{ab}	21.83±3.07 ^a	11.05±0.80 ^a	11.00±1.45 ^{ab}	10.38±1.69 ^a	72.88 ^{ab}

† 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

3 结论

试验结果表明,添加适量的雨生红球藻不仅可以改变面包的色泽,还能在一定程度上延缓面包硬度、咀嚼性和胶着性的增大。当添加量为 0.4% 时,效果最好。雨生红球藻中脂肪含量较高,脂肪的疏水性会导致面筋网络不完整,使面包比容略有下降。在所研究的浓度范围内,

雨生红球藻的添加可以延长面包保质期,但对贮藏过程中面包的弹性、内聚性和回复性的影响不大。该结果与程丽丽等^[13]研究的结果相似。此外,由于雨生红球藻富含虾青素,使面包具有更高的营养价值。在今后的研究中可以拓宽雨生红球藻添加量的范围,对雨生红球藻的具体营养成分进行分析,以期开发雨生红球藻在烘焙食品中应用提供参考。

参考文献

- [1] 王立, 杨炜, 钱海峰, 等. 麦麸非淀粉多糖对烘焙品质的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 253-260.
- [2] 宋莹莹, 徐文迪, 曹栋. 醇提大豆磷脂副产品对面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(10): 178-182.
- [3] 宁芊, 游佩琼, 吴先辉, 等. 复配亲水胶体对面团流变特性及全麦面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 32-38.
- [4] 田海娟, 朱珠, 张传智, 等. 紫苏叶超微粉对面团特性及面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 194-197.
- [5] 熊凤萍, 赵亚军. 氧化剂在面包生产中的应用[J]. 河北农业大学学报, 1992(4): 91-94.
- [6] 张舒, 王瑞丽, 卢林, 等. 竹叶抗氧化物对面包品质及其抗氧化特性的影响[J]. 中国食品添加剂, 2018(6): 130-136.
- [7] 冯卫华, 黄诗琪, 李冰, 等. 外源抗氧化剂对面包品质及储藏的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(8): 178-185.
- [8] 代雅杰, 黑雪, 邓莉梅, 等. 橘皮粉对面包烘焙品质及其酚类物质抗氧化能力的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(4): 154-158.
- [9] OHI Y, NAMIKI T, KATATAE M, et al. Effects of the Addition of the natural carotenoid astaxanthin from microalgae *Haematococcus pluvialis* on the physical properties of bread[J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 2009, 56(11): 579-584.
- [10] 刘琦. 两种微藻喷雾干燥工艺优化及微藻面包的制作[D]. 大连: 大连海洋大学, 2015.
- [11] 欧阳琴, 陈兴, 黄亚治, 等. 雨生红球藻提取虾青素不同机械破壁方法的研究[J]. 福州大学学报, 2005, 33(1): 111-115.
- [12] 罗柳茵, 刘晖, 刘瑞, 等. 蛋白核小球藻面包的加工工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2017, 42(3): 148-154.
- [13] 程丽丽, 朱海霞. 螺旋藻面包配方和工艺及其品质研究[J]. 食品科技, 2018, 43(1): 174-178.
- [14] WANG Bao-bei, ZHANG Zhen, HU Qiang, et al. Cellular capacities for high-light acclimation and changing lipid profiles across life cycle stages of the green alga *Haematococcus pluvialis*[J]. PLoS One, 2014, 9(9): e106679.
- [15] GWAK Y, HWANG Y S, WANG Bao-bei, et al. Comparative analyses of lipidomes and transcriptomes reveal a concerted action of multiple defensive systems against photooxidative stress in *Haematococcus pluvialis* [J]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65(15): 4 317.
- [16] 王宝贝, 加晶, 孙辉, 等. 烘焙温度对小球藻脂肪、色素及乙醇提取物抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 29-33.
- [17] 庄海宁, 高林林, 冯涛. 猴头菇/香菇 β -葡聚糖对面包品质和淀粉消化性的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(4): 152-157.
- [18] 杨萍芳. 油脂在焙烤食品中的作用[J]. 农产品加工, 2008(8): 12.
- [19] 张园园, 温白娥, 卢宇, 等. 藜麦粉对小麦面团、面包质构特性及品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017(10): 197-202.
- [20] (上接第 174 页)
- [2] LUNGILE N T, SULAY T, FEDERICO B, et al. Protamine nanocapsules as carriers for oral peptide delivery[J]. Journal of Controlled Release: Official Journal of the Controlled Release Society, 2018, 291: 157-168.
- [3] GRIFFIN M J, RINDER H M, SMITH B R, et al. The effects of heparin, protamine, and heparin/protamine reversal on platelet function under conditions of arterial shear stress[J]. Anesthesia and Analgesia, 2001, 93(1): 20-27.
- [4] MC CLEAN M, DEBEVERE J. Evaluation of antimicrobial activities of protamine[J]. Food Microbiology, 1994(11): 417-427.
- [5] HOSOMI R, MIYAUCHI K, YAMAMOTO D, et al. Salmon protamine decreases serum and liver lipid contents by inhibiting lipid absorption in an in vitro gastrointestinal digestion model and in rats[J]. Journal of Food Science, 2015, 80(10): H2 346-H2 353.
- [6] 律海伦, 马家驹, 胡晓飞, 等. 粉红马哈鱼鱼精蛋白的提取纯化及抑菌性初探[J]. 食品科技, 2019, 44(3): 239-243.
- [7] 曹文红, 刘忠嘉, 林芸, 等. 中巨石斑鱼精巢鱼精蛋白提取工艺优化及其抗菌活性的初步研究[J]. 食品科技, 2017(11): 267-271.
- [8] 刘淑集, 陈梧英, 许旻, 等. 菊黄东方鲀鱼精蛋白提取工艺优化研究[J]. 渔业现代化, 2019, 46(2): 75-82.
- [9] 徐明生, 陈锦屏, 上官新展. 鲤鱼抗菌精蛋白的分离纯化及鉴定[J]. 食品工业科技, 2004, 25(10): 51-54.
- [10] 胡晓璐, 刘淑集, 吴成业. 鲑鱼鱼精蛋白的提取工艺优化研究[J]. 渔业研究, 2013, 35(6): 434-440.
- [11] 朱艳蕾. 细菌生长曲线测定实验方法的研究[J]. 微生物学杂志, 2016(5): 108-112.
- [12] TAO Yan, ZHAO Dong-mei, WEN Ya. Expression, purification and antibacterial activity of the channel catfish hepcidin mature peptide [J]. Protein Expression and Purification, 2014, 94: 73-78.
- [13] 张佳, 王莹, 张峰, 等. 滤纸片法测定黄花蒿提取物对霉菌的抑制活性[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(5): 1 153-1 154.
- [14] 胡晓璐. 柔鱼鱼精蛋白的提取纯化及抑菌特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2012: 35-38.
- [15] 董欣, 王丽燕. 氨基酸紫外光谱的再测定[J]. 德州学院学报, 2015(2): 44-46.
- [16] 刘燕妮. 鱼精蛋白的制备、纯化及其絮凝和抑菌活性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015: 46-52.
- [17] 刘红玉, 姜学芬, 崔洪斌. 大马哈鱼鱼精蛋白的提取及抑菌作用的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 37-39.
- [18] 张黎丽, 马梦琳, 李晨熙, 等. 蛋清溶菌酶的分离纯化及其抑菌活性研究[J]. 生物化工, 2017, 3(1): 13-16.