

文章编号:1673-1689(2011)06-0806-06

褐藻胶对蛋黄酱流变特性的影响

杨 述, 高昕*, 许加超, 付晓婷, 韩 芳

(中国海洋大学 食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003)

摘 要: 探讨了改善蛋黄酱品质的最佳褐藻胶添加量, 利用流变仪研究了不同添加量的褐藻胶对蛋黄酱流变特性的影响。静态流变特性的研究表明: 蛋黄酱样品呈现出触变性、假塑性, 流变学方程为 Herschel - Bulkley; 温度对蛋黄酱样品的表观粘度的影响符合 Arrhenius 模型。动态流变性质的研究表明: 蛋黄酱样品显示弱凝胶的特性。实验表明: 添加褐藻胶的能显著提高蛋黄酱的流变学稳定性, 其中褐藻胶添加质量分数为 2.0% 的蛋黄酱样品比添加量为 2.5% 的蛋黄酱样品在流变学特性、感官特性上更接近全脂类蛋黄酱。

关键词: 褐藻胶; 蛋黄酱; 流变特性

中图分类号: TS 264.2

文献标识码: A

Effects of Alginate on Rheological Properties of Mayonnaise

YANG Shu, GAO Xin*, XU Jia-chao, FU Xiao-ting, HAN Fang

(College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: The aim of this manuscript was to improve the quality of mayonnaise through supplement of alginate, for this, the effect of alginate content on the rheological of mayonnaise were analysis. All mayonnaises prepared in this study exhibited shear thinning behavior, thixotropy and following the Herschel - Bulkley model. The viscosity (within 4 ~ 25°C) followed an Arrhenius temperature dependence and the activation energy was determined, the addition of alginate also affected apparent viscosity of mayonnaise. Viscoelastic properties of mayonnaise samples were characterized using dynamic oscillatory shear test and it was observed that mayonnaises exhibited weak gel-like properties by small strain oscillatory measurements. According to those results, the addition of 2.0% alginate significantly increased the rheological stability of mayonnaise.

Key words: alginate, mayonnaises, rheological properties

蛋黄酱是以精制植物油、食醋、蛋黄、盐、增稠剂、调味料等为基本成分, 经加工制成的一种高脂

肪含量的水包油型半固体食品^[1]。蛋黄酱具有较低的 pH 和较高的脂肪含量, 可以在很大程度上抵

收稿日期: 2010-12-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(30771674); 新世纪人才计划项目(NCET-07-0779); 教育部科学技术研究重点项目(109099); 山东省科技攻关计划项目(2008GG1005008)。

* 通信作者: 高昕(1968—), 男, 山东青岛人, 工学博士, 副教授, 主要从事水产化学方面的研究。

Email: xingao@ouc.edu.cn

抗微生物的破坏^[1]。

鉴于消费者越来越关注饮食的健康性,生产低脂类蛋黄酱成为当务之急^[2]。然而作为一种食品组分,脂肪能够赋予食品良好的风味、外观、质地以及货架期。因此,生产出具有传统产品质量的低脂类蛋黄酱具有很大的挑战性。在食品加工中,褐藻胶被广泛用作添加剂来提高、改善、稳定某些食品的物性。由于褐藻胶的低热焓值,被用作低脂类蛋黄酱的稳定剂、增稠剂、填充剂^[3]。

蛋黄酱在产业化、商业化中发挥着重要的作用,对其流变特性的研究也越来越广泛。目前国外对全脂类及低脂类蛋黄酱的加工理论、生产工艺、产品特性等的研究较为全面,对其流变特性的研究也较多,但缺乏对其流变特性的全面研究。而国内局限于蛋黄酱工艺的研究。本文首次以全脂类和低脂类蛋黄酱为研究对象,利用流变仪测定了其流变特征参数(粘度、贮藏模量、损失模量、损失正切、动力学粘度、复数模量),同时进行感官评定,对全脂类及低脂类蛋黄酱的流变特性进行了系统全面

的研究,以其为国内蛋黄酱及其相关产业的发展提供实验依据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

褐藻胶,由青岛胶南明月集团提供;大豆油、鸡蛋、果醋、盐、香辛料、味精均购自青岛市家乐福超市。

1.2 仪器与设备

MCR101 流变仪:奥地利安东帕有限公司产品;搅拌器:国华电器有限公司产品。

1.3 试验方法

1.3.1 蛋黄酱制备 加工工艺:蛋黄称重→消毒杀菌→加食盐、味精、香辛料,搅拌→交替加植物油、褐藻胶、醋搅拌→成品^[4-5]。

全脂类和低脂类蛋黄酱的配方如表 1—1 所示。本实验中,每种蛋黄酱样品的制备量均为 200g。

表 1 蛋黄酱样品各组分的质量分数

Tab.1 Percentage of different compositions in the mayonnaise

质量分数/%

蛋黄酱样品	豆油	蛋黄	果醋	盐	味精	香辛料	褐藻胶	水
FF ^a (对照)	70	21	7	1.5	0.2	0.3	—	—
RF0.5 ^b	35	21	7	1.5	0.2	0.3	0.5	34.5
RF1.0 ^c	35	21	7	1.5	0.2	0.3	1.0	34.0
RF1.5 ^d	35	21	7	1.5	0.2	0.3	1.5	33.5
RF2.0 ^e	35	21	7	1.5	0.2	0.3	2.0	33.0
RF2.5 ^f	35	21	7	1.5	0.2	0.3	2.5	32.5

注:a 全脂类蛋黄酱。b,c,d,e,f 在 50%的水平上,分别以质量分数 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%的褐藻胶代替豆油的低脂类蛋黄酱。

1.3.2 基本成分测定 水分含量测定采用直接干燥法,灰分含量测定采用干法灰化法,粗蛋白含量测定采用凯氏定氮法,粗脂肪含量测定采用氯仿-甲醇法^[6]。

1.3.3 流变特征参数测定 采用 MCR101 型流变仪,选用直径为 50 mm 的不锈钢平行板测量系统,平行板间距为 1 mm。

1) 静态流变性质测定 触变环的测定:本试验采用两步 Steady State Flow 程序使剪切速率先从 0 s⁻¹上升到 300 s⁻¹,在 300 s⁻¹保持 120 s,然后立即以同样的变化速率从 300 s⁻¹下降到 0 s⁻¹,记录整个过程的剪切应力、粘度随剪切速率的变化情况。

温度对粘度的影响:固定剪切速率,在 4~25℃范围内测定粘度随温度的变化情况。

2) 动态流变性质测定 线性粘弹区的确定:复合模量 G* 恒定的振荡应变区域。

频率扫描:振荡频率范围为 0.1~10 Hz,测定贮藏模量 G'、损失模量 G''、损失正切 tanδ、动力学粘度 η'的变化。

温度扫描:温度扫描范围为 4~25℃,振荡频率为 5 Hz,升温速率为 1℃/min,测定弹性模量 G'、粘性模量 G''的变化。

时间扫描:时间扫描范围为 0~30 min,振荡频率为 5 Hz,测定弹性模量 G'、粘性模量 G''的变化。

1.3.4 感官评定 本试验邀请 6 名从事食品研究的专业人员组成感官评定小组,进行感官评定。本试验采用双盲法进行检验,即对样品进行 3 位随机数字的密码编号,将检验样品随机化。采用国际上

通用的九分制^[7-8]对样品进行打分,1为最差,9为最好。评定指标包括:外观、气味、颜色、味道、整体可接受性。

2 结果与分析

2.1 低脂类蛋黄酱的制备

从试验中可以看出,将褐藻胶添加质量分数分别为0.5%、1.0%、1.5%的低脂类蛋黄酱静置一夜

后,出现明显的乳状液分层现象,所以这3个梯度添加量的蛋黄酱是不稳定。而当褐藻胶的质量分数为2.0%、2.5%时,褐藻胶作为增稠剂和胶凝剂能够减慢分子的运动,避免乳状液分层,形成稳定的低脂类蛋黄酱。

2.2 基本成分

蛋黄酱的基本成分含量如表2所示。

表2 蛋黄酱基本成分测定结果
Tab. 2 Basic composition of mayonnaise

蛋黄酱样品	质量分数/%			
	水分	蛋白质	脂肪	灰分
FF	12.64±0.11 ^b	3.32±0.04 ^a	78.15±0.23 ^a	1.57±0.02 ^c
RF2.0	45.44±0.20 ^a	3.33±0.02 ^a	43.20±0.02 ^b	2.37±0.02 ^b
RF2.5	44.94±0.17 ^a	3.34±0.03 ^a	43.21±0.03 ^b	2.58±0.03 ^a

从表中可以看出,RF2.0与RF2.5中的水分、蛋白质、脂肪差异性不显著,灰分之间具有显著性差异,这是由于添加的褐藻胶中含有较高的灰分含量。全脂类与低脂类蛋黄酱在水分、脂肪、灰分水平上具有显著性差异,在蛋白质水平上差异性不显著。

2.3 流变特性

2.3.1 静态流变性质

1) 触变性 全脂类和低脂类蛋黄酱的流动曲线如图1所示。从图中可以看出,在整个剪切速率范围内,蛋黄酱样品均呈现出触变性、假塑性。在整个剪切速率范围之内,FF与RF2.0的表观粘度相差不大,而与RF2.5的表观粘度相差较大。所谓触变性是指液体在振动、摇动、搅动时,黏性减少,流动性增加,静置一段时间后,流动又变得困难的现象^[9]。产生触变性的机理是随着剪切应力的增加,粒子之间形成的结合构造受到破坏,呈现触变现象的食品口感比较柔和爽口^[10]。触变性越小,反映体系停止应力后重建粒子间破坏的构造越快,其流变学稳定性越高^[2]。从图中可以看出,FF、RF2.0、RF2.5的触变环大小较为接近,表明三者具有相似的流变学稳定性。所谓假塑性即流体的表观粘度随着剪切速率的增大而减少的流动,这种流体具有可逆性。在浓缩果汁、胶溶液、乳状液和分散液等假塑性流体中,粒子间的紧密结合导致形成三维网状结构的粒子聚集体。随着剪切速率的增加,水动力促使粒子聚集体变形最终破坏从而导致粘度降低。

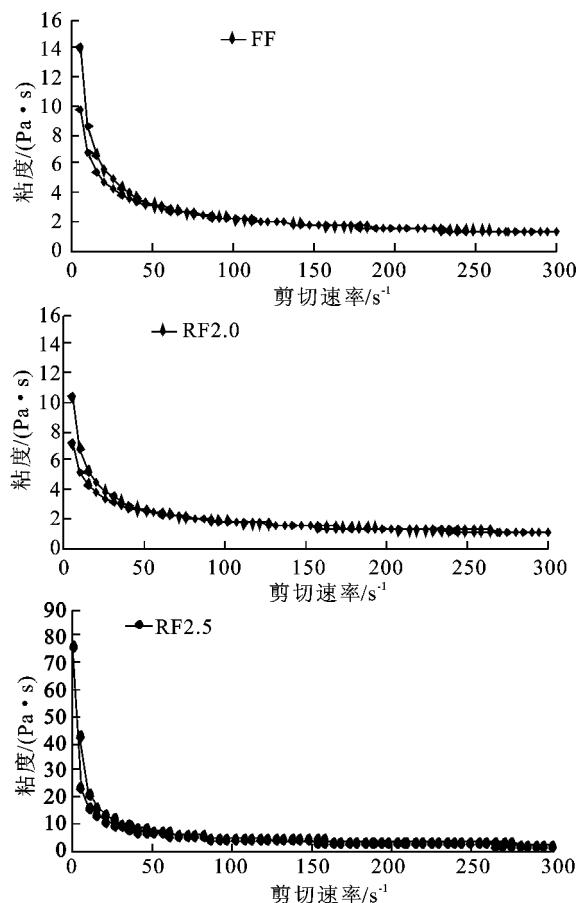


图1 蛋黄酱的流动曲线

Fig 1 Flow curves of the mayonnaise

蛋黄酱的流动曲线符合 Herschel - Bulkley 方程: $\sigma = K(\dot{\gamma})^n + \sigma_0$, 其中 σ 是剪切应力 (Pa), $\dot{\gamma}$ 是剪切速率 (1/s), K 是稠度系数 (Pa·sⁿ), n 是流动指数, σ_0 是屈服应力 (Pa)。表3为蛋黄酱的 Herschel - Bulkley 参数,由表中可以看出屈服应力值

为: $RF2.5 > FF > RF2.0$, 表明当被用作色拉调味料时, $RF2.5$ 能够很好的保持表面的非流动状态, FF 次之, $RF2.0$ 稍差。 $RF2.5$ 的稠度系数最大, 流动指数最小, 表明其粘稠度、假塑性最大; $RF2.0$ 稠度系数最小, 流动指数最大, 表明其更加接近牛顿流体。

表 3 蛋黄酱的 Herschel - Bulkley 参数

Tab. 3 Herschel - Bulkley parameters of the mayonnaise

蛋黄酱样品	σ_0/Pa	$K/(\text{Pa} \cdot \text{s}^n)$	n
FF	0.012	20.23	0.51
RF2.0	0.00214	16.79	0.52
RF2.5	0.0122	86.53	0.38

2) 温度对粘度的影响

图 3 为温度对蛋黄酱粘度的影响。

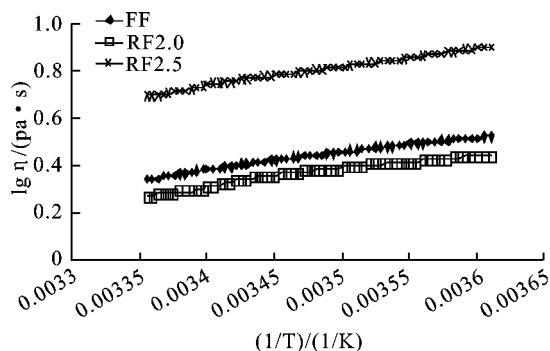


图 2 温度对蛋黄酱粘度的影响

Fig. 2 Effect of temperature on viscosity of the mayonnaise

由图 2 可知, 温度对 FF 、 $RF2.0$ 、 $RF2.5$ 粘度的影响均很大, 并且 $RF2.0$ 与 FF 的粘度较为接近。从图中可以看出, 随着温度的升高, 蛋黄酱样品的粘度呈现下降趋势, 这是由于温度升高, 分子的布朗运动加剧, 流动阻力降低, 因而粘度下降。流动活化能反应了流动所需克服的能量, 一般分子间相互作用力愈大, 流动所需的活化能越高, 粘度对温度的敏感性越大^[11]。由图可知, 蛋黄酱 (FF 、 $RF2.0$ 、 $RF2.5$) 粘度和温度的关系符合 Arrhenius 模型 $\lg \eta = \lg A + E_a/2.303RT$ 来表示, 由斜率可求出其活化能分别为: FF : 13.50 KJ/mol; $RF2.0$: 13.26 KJ/mol; $RF2.5$: 13.97 KJ/mol, 反映了引起 3 种蛋黄酱的粘性流动所需的能量相差不大。

2.3.2 动态流变性质

1) 线性粘弹区的测定 在测定粘弹性时, 为了不破坏它的结构, 需要在线性粘弹区内进行测定^[12]。线性粘弹区是指复合模量 G^* ($G^* = G' + iG''$) 不随振荡应变或应力发生变化的区域^[13]。

由图 3 可以看出, 在振荡应变为 0.2~1.0 的范围内, 复合模量 G^* 与应变呈线性关系。本实验选择 0.5% 的振荡应变来测定蛋黄酱的动态流变性质。

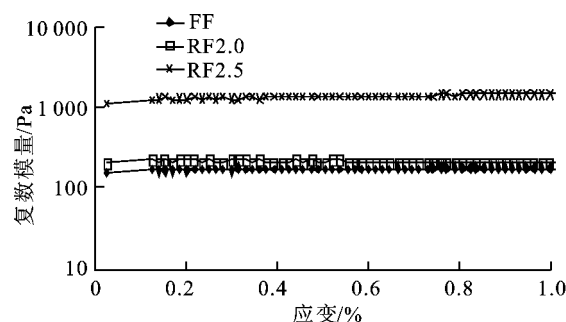
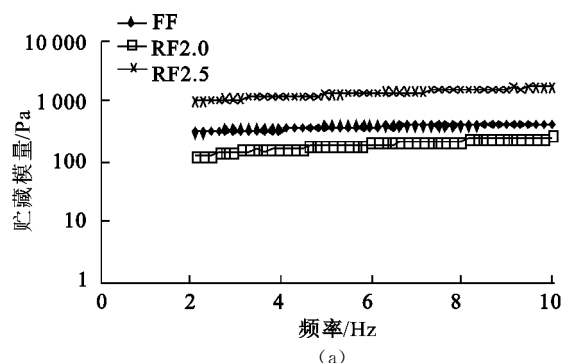


图 3 蛋黄酱的线性粘弹性区域

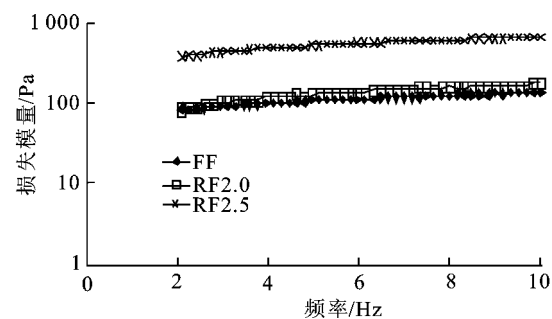
Fig. 3 Linear viscoelasticity region of the mayonnaise

2) 频率扫描

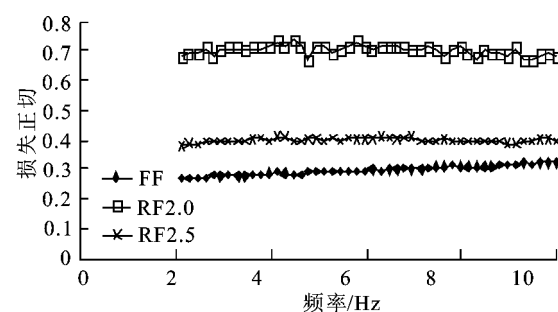
蛋黄酱的频率扫描如图 4 所示。



(a)



(b)



(c)

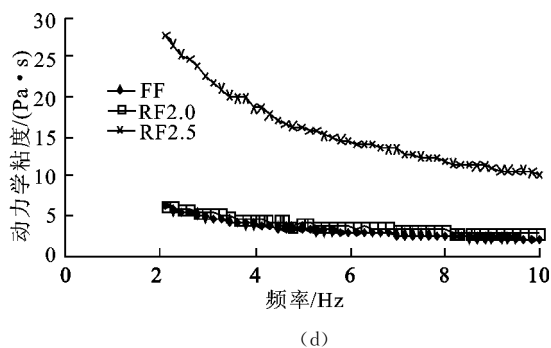


图4 蛋黄酱的频率扫描

Fig 4 Frequency sweeps of the mayonnaise

贮藏模量 G' 反映粘弹性物质类固体的性质即弹性, 损失模量 G'' 反映粘弹性物质类液体的性质即粘性^[14]。损失正切 $\tan\delta$ (G'' 与 G' 的比值) 反映了体系粘弹性的比例, $\tan\delta$ 值越大, 体系中粘性成分所占的比例越大, 体系表现流体的特征; 相反, $\tan\delta$ 值越小, 体系中弹性成分所占的比例越大, 体系表现固体的特征^[15-16]。由图 4(a-b) 可以看出, 随着频率的增大, G' 与 G'' 均呈上升趋势。其中 FF 样品的 G' 明显大于 G'' , 呈现弱凝胶的特性, RF2.0、RF2.5 样品 G' 稍大于 G'' , 弱凝胶特性不明显, 这是因为褐藻胶的加入, 会增加网状结构的数目, 但是网状结构之间的作用力不够大, 因此 RF2.0、RF2.5 的稳定性高于 FF, 这与触变测定结果相一致。由图 4(c) 可以看出, RF2.0、RF2.5 的 $\tan\delta$ 高于 FF, 说明降低油脂, 增加褐藻胶后, 蛋黄酱中的粘性成分的增加程度大于弹性成分。全脂与低脂蛋黄酱样品的 $\tan\delta$ 值均小于 1, 说明体系的弹性成分所占的比例较大, 呈现弱凝胶的特性。由图 4(d) 可以看出, 随着频率的增大, 动力学粘度 (η') 呈现下降的趋势, 并且 RF2.0 与 FF 的动力学粘度较为接近, RF2.5 与 FF 的动力学粘度差别较大, 这均与静态流变学测定结果相符^[17]。

1) 温度扫描 蛋黄酱的温度扫描如图 5 所示, 从图中可以看出, 随着温度的升高, 蛋黄酱样品的 G' 、 G'' 呈现下降趋势。在整个温度扫描范围之内, $G' > G''$, 这说明体系的弹性成分大于粘性成分, 呈现弱凝胶的特性。其中, RF2.0 与 FF 的 G' 、 G'' 较为接近, RF2.5 与 FF 的 G' 、 G'' 相差较大。

蛋黄酱的时间扫描如图 6 所示, 通过时间扫描可以测定蛋黄酱的稳定性^[18]。从图中可以看出, 在整个时间扫描范围内, RF2.0 的复数模量 (G^*) 基本上呈线性, 而 FF、RF2.5 的 G^* 在前 100 s 基本保持不变, 100 s 后呈现较大幅度的上升, 说明随着时间的变化, RF2.0 呈现出比 FF、RF2.5 更稳定的特

性, 这与触变测定结果相一致。

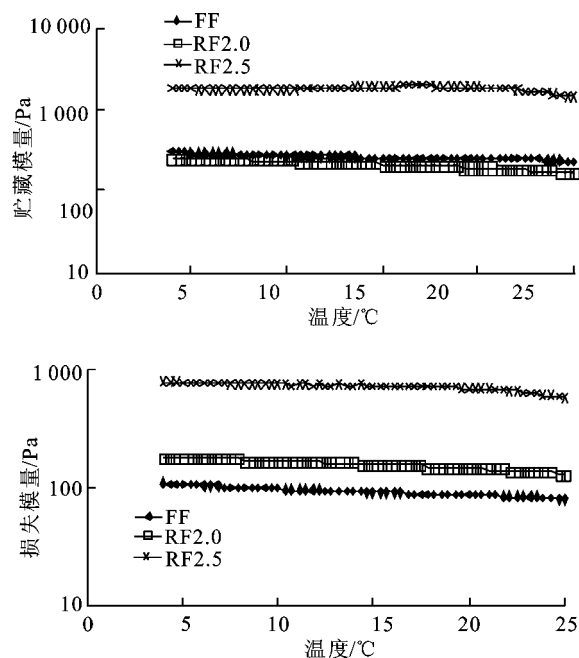


图5 蛋黄酱的温度扫描

Fig 5 Temperature sweeps of the mayonnaise

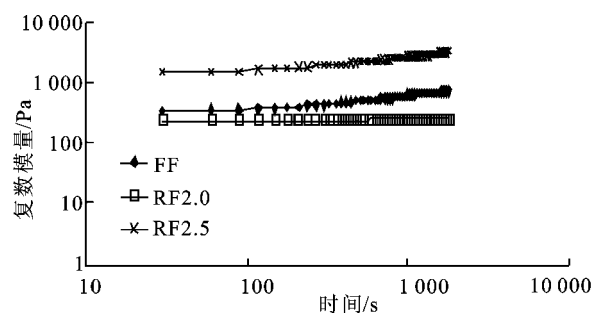


图6 蛋黄酱的时间扫描

Fig 6 Time sweeps of the mayonnaise

2.4 感官评定

蛋黄酱的感官评定结果如表 4 所示。FF 与 RF2.0 在各水平上差异性不显著; FF 与 RF2.5 在形态、颜色、口感水平上差异性不显著, 在气味、整体可接受性水平上具有显著性差异。

3 结 语

在整个剪切速率范围内, 全脂类和低脂类蛋黄酱均呈现出触变性、假塑性, 其流变学方程为 Herschel - Bulkley, 粘度与温度的关系符合 Arrhenius 模型。全脂类和低脂类蛋黄酱均显示弱凝胶的特性。研究表明: 低脂类蛋黄酱呈现出比全脂类蛋黄酱更加稳定的流变学特性, 其中褐藻胶添加质量分数为 2.0% 的比褐藻胶添加质量分数为 2.5% 的低

脂类蛋黄酱在流变学特性、感官特性上更接近全脂 类蛋黄酱。

表 4 几种蛋黄酱的感官评定结果

Tab. 4 Analytic sensory evaluation of the mayonnaise

蛋黄酱样品	形态	颜色	气味	口感	整体可接受性
FF	7.20 ± 0.84^a	7.20 ± 0.84^a	7.20 ± 0.84^a	7.80 ± 1.10^a	7.40 ± 1.14^a
RF2.0	7.40 ± 1.52^a	7.60 ± 1.14^a	7.00 ± 0.71^a	7.60 ± 0.89^a	7.80 ± 0.84^a
RF2.1	6.80 ± 0.78^a	6.20 ± 1.12^a	5.60 ± 1.42^b	6.80 ± 1.08^a	5.80 ± 0.68^b

注:数值表示形式为平均值±标准差。

参考文献(References):

- [1] A Laca, M C S enz, B Paredes, et al. Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent[J]. **Journal of Food Engineering**, 2010, (97): 243—252.
- [2] Saehun Muna, Young-Lim Kima, Choon-Gil Kangb. Development of reduced-fat mayonnaise using 4αGTase-modified rice starch and xanthan gum[J]. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2009, (44): 400—407.
- [3] F Mancini, L Montanari, D Peressini, et al. Influence of Alginate Concentration and Molecular Weight on Functional Properties of Mayonnaise[J]. **Lebensm. -Wiss. u. -Technol.**, 2002, (35): 517—525.
- [4] Fabien Guilmineau, Ulrich Kulozik. Influence of a thermal treatment on the functionality of hen's egg yolk in mayonnaise [J]. **Journal of Food Engineering**, 2007, (78): 648—654.
- [5] Karin Wendin, Kjersti Aaby, Amr Edris. Low-fat mayonnaise: influences of fat content, aroma compounds and thickeners[J]. **Food Hydrocolloids**, 1997, 1(11): 87—99.
- [6] 林维宣, 纪淑娟, 马岩松等. 食品分析[M]. 北京: 轻工业出版社, 1989: 46—52.
- [7] Supachai Worrasinchai, Manop Supphantharika, Surinya Pinjai. β-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise[J]. **Food Hydrocolloids**, 2006, (20): 68—78.
- [8] H Liua b, X M Xua b, Sh D Guob. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics[J]. **LWT**, 2007, (40), 946—954.
- [9] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [10] 卢伟丽. 卡拉胶和褐藻胶流变学特性及凝胶特性的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学硕士学位论文, 2008
- [11] 何曼君, 陈维孝, 董西侠. 高分子物理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2000.
- [12] 罗昌荣. 高质量番茄粉的研制及其贮藏稳定性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2001.
- [13] 李玉美, 卢蓉蓉, 许时婴. 乳清蛋白的流变性质[J]. **食品与生物技术学报**, 2006, 25(2): 79—82.
Li Yu-ying, Lu Rong-rong, Xu Shi-ying. Study on the rheological properties of whey protein[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2006, 25(2): 79—82(in Chinese)
- [14] 胡娟, 金征宇. 菊糖在植脂搅奶油中对流变品质的影响[J]. **食品与生物技术学报**, 2008, 27(2): 64—70.
Hu Juan, Jin Zheng-yu. Effect of inulin on rheology of whipped cream[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2008, 27(2): 64—70(in Chinese)
- [15] Rujirat Santipanichwong, Manop Supphantharika. Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast β-glucan as a fat replacer[J]. **Food Hydrocolloids**, 2007, (21): 565—574.
- [16] 陈海华, 许时婴, 王璋. 亚麻籽胶对面团流变性质的影响及其在面条加工中的应用[J]. **农业工程学报**, 2006, (22): 4.
Chen Hai-hua, Xu Shi-ying, Wang Zhang. Effect of flaxseed gum on the rheology of dough and its application to noodle processing[J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2006, (22): 4(in Chinese)
- [17] 代欣欣, 李汴生. 食品增稠剂流变学研究综述[J]. **中国食品添加剂**, 2007, (4): 138—142.
Dai Xin-xin, Li Bian-sheng. Review of the study on the rheological properties of food thickener[J] **China Food Additives**, 2007, (4): 138—142(in Chinese)
- [18] Edward B. Muliawan, Savvas G. Hatzikiriakos Rheology of mozzarella cheese[J]. **International Dairy Journal**, 2007, (17): 1063—1072.