

高膳食纤维面团粉质特性与面包烘焙特性的研究

孔晓雪, 王 爱, 丁其娟, 丁广芹, 刘 洋, 刘 琛, 郑铁松*

(南京师范大学金陵女子学院, 江苏 南京 210097)

摘 要: 分别对100%高筋粉面团、添加10%大豆膳食纤维的混合粉面团以及在混合粉面团中添加0.5%或1%单亚麻酸甘油酯(或单月桂酸甘油酯)的乳化混合粉面团进行粉质特性和烘焙特性的比较研究。结果表明: 大豆膳食纤维的加入能够导致面团稳定时间缩短, 弱化度、黏附性增加, 硬度减小; 使面包的比容减小、硬度增大、弹性降低、感官品质下降。而加入1%的单亚麻酸甘油酯(或单月桂酸甘油酯)可以使大豆膳食纤维粉面包贮藏过程中失水率显著下降, 显著改善面包的感官品质和烘焙特性。因此, 大豆膳食纤维粉对面团粉质特性与烘焙特性的影响可以通过加入单亚麻酸甘油酯(或单月桂酸甘油酯)得到改善。

关键词: 大豆膳食纤维; 面团; 乳化剂; 粉质特性; 面包; 烘焙特性

Farinograph Properties and Baking Characteristics of Dietary Fiber-fortified Wheat Dough

KONG Xiao-xue, WANG Ai, DING Qi-juan, DING Guang-qin, LIU Yang, LIU Chen, ZHENG Tie-song*

(Ginling College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: Farinograph properties and baking characteristics of soybean fiber-fortified dough were investigated in this study. Different samples, 100% gluten dough and dough fortified with 10% soybean dietary fiber singly or together with 0.5% or 1% glyceryl monolinolenate or glyceryl monolaurate were examined comparatively. Results showed that addition of soybean dietary fiber could shorten the stability time, increase the degree of softening and adhesiveness, and reduce the hardness of dough. Moreover, Bread specific volume and springiness decreased and hardness increased. As a result, the sensory quality of bread deteriorated. Addition of 1% glyceryl monolinolenate or glyceryl monolaurate resulted in a significant decrease in water loss rate during storage of dietary fiber-fortified bread and a notable improvement in sensory quality and baking characteristics. Thus we conclude that the negative impact of soybean dietary fiber added in dough on farinograph properties and baking characteristics can be improved by further addition of glyceryl monolinolenate or glyceryl monolaurate.

Key words: soybean fiber; dough; emulsifier; farinograph properties; bread; baking quality

中图分类号: TS213.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)17-0111-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201317025

随着生活节奏和膳食习惯的改变, 面包已成为人们早餐桌上必不可少的食品, 而在日常食品中由于高热量、高脂肪、高蛋白和精细食品的比重日益增大, 越来越多的人对高膳食纤维、低热量的食品更为青睐。大豆膳食纤维是一种由纤维素、半纤维素、果胶、果胶类物质、糖蛋白、木质素组成的优质天然膳食纤维^[1], 具有良好的持水性和膨胀力^[2], 大量研究证实其具有促进肠道蠕动、增进结肠功能, 增强胆固醇代谢、降低胆固醇吸收, 预防心血管疾病等多种生理活性^[3-4]。

虽然大豆膳食纤维质优价廉, 但大量添加往往使产

品质地粗糙。在烘焙食品中应用时, 往往出现使产品感官品质下降、硬度增大等问题^[5-8]。近几年来虽然大豆膳食纤维在烘焙方面的应用已有不少研究, 但采用乳化剂改善大豆膳食纤维面团粉质特性和烘焙特性方面的研究却很少^[9]。本实验通过比较100%高筋面粉、大豆膳食纤维粉添加量为10%的混合粉以及添加一定剂量单亚麻酸甘油酯(或单月桂酸甘油酯)的混合粉的粉质特性与烘焙特性, 研究乳化剂对大豆膳食纤维面团粉质特性和烘焙特性的改善作用, 旨在寻找一种简单的方法解决高膳食纤维面包制作过程中易出现的感官品质下降等问题。

收稿日期: 2013-05-08

作者简介: 孔晓雪(1985—), 女, 助理实验师, 硕士, 研究方向为食品科学。E-mail: kongxiaoxue@163.com

*通信作者: 郑铁松(1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为谷物食品科学与食品生物技术。E-mail: tieszheng@sina.com

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

金像面包专用小麦粉、南侨酥油 南京泰润粮油有限公司；单亚麻酸甘油酯、单月桂酸甘油酯、大豆膳食纤维 江阴市盛昌化学有限公司；雪峰(高糖)即发酵母 天津北海实业有限公司；白砂糖、精制食盐均为市售。

实验中使用的乳化剂为单亚麻酸甘油酯和单月桂酸甘油酯，这两种乳化剂对人体代谢均无不良作用，在GB 2760—2011《食品添加剂使用卫生标准》规定可在生湿面制食品中按生产需要适量使用。

1.2 仪器与设备

HK-201和面机、YXD101-2一体式电烤炉 早苗食品机械有限公司；LYTJ-1面包体积测定仪 郑州粮源分析仪器有限公司；SH-10A水分快速测定仪 上海平轩科学仪器有限公司；HTF350电子粉质仪 衡通实验仪器有限公司；QTS-25质构仪 美国Brookfield CNS Farnell公司；JA2003分析电子天平 上海精密科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 面粉粉质特性与面团质构特性的测定

用电子粉质仪参照GB/T 14614—2006《小麦粉 面团的物理特性 吸水量和流变学特性的测定 粉质仪法》，对混合粉的吸水率、形成时间、稳定时间、弱化度进行评价^[10]。采用TA-DSJ面团黏性测试夹具，探头型号25.4mmΦPerspex，用质构仪测定面团的黏附性。采用TA-FMBRA面团硬度夹具，探头型号6mmΦStainless Steel，用质构仪测定面团的硬度。根据质构仪操作手册黏附性定义为X轴下方曲线内的面积值；硬度定义为压缩实验中最大力值。测试条件参数如表1所示。

表1 面团黏性与硬度测试条件参数

Table 1 Instrumental parameters for determination of dough viscosity and hardness

测试参数	测试类型	循环次数	保持时间/min	回复时间/min	触发值/g	测试速率/(mm/min)	返回速率/(mm/min)	目标值
黏性	压缩实验	1	0	0	5	10	同测试速率	100g
硬度	压缩实验	1	0	0	5	60	最大速率	15mm

1.3.2 大豆膳食纤维面包的制作工艺

表2 面团配方表

Table 2 Ingredients of dough

组别	面粉	纤维粉	即发干酵母	盐	糖	黄油	水	单亚麻酸甘油酯	单月桂酸甘油酯
A	90	10	2	1.5	6	3	54	0	0
B	100	0	2	1.5	6	3	54	0	0
C ₁	90	10	2	1.5	6	3	54	0.5	0
C ₂	90	10	2	1.5	6	3	54	1	0
D ₁	90	10	2	1.5	6	3	54	0	0.5
D ₂	90	10	2	1.5	6	3	54	0	1

注：表中数据均为质量分数。

参照GB/T 14611—2008《粮油检验 小麦粉面包烘焙品质试验 直接发酵法》，配方如表2所示。A组为纤维粉对照组，B组为高筋粉对照组，C₁组为单亚麻酸甘油酯添加量0.5%剂量组，C₂组为单亚麻酸甘油酯添加量1%剂量组，D₁组为单月桂酸甘油酯添加量0.5%剂量组，D₂组为单月桂酸甘油酯添加量1%剂量组。

1.3.3 面包比容测定

按照GB/T 20981—2007《面包油菜籽置换法》进行测定。

1.3.4 面包感官评价

面包出炉后冷却2h，按照GB/T 14611—2008《粮油检验 小麦粉面包烘焙品质试验 直接发酵法》附录A面包烘焙品质评分标准进行评价。

1.3.5 面包保水性测定

面包出炉后冷却2h，称质量，每个实验组称取10个样品，结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示。将测量后的样品暴露于室温条件下，每24h称质量1次，计算24、48、72h的质量损失率，质量损失率越低则保水性越好。

1.3.6 面包质构特性测试(TPA)

采用TA-CTP平板压缩夹具进行TPA测试，循环次数2次，触发值5g，测试速度60mm/min，返回速度为最大速度，目标值30mm，对样品硬度、弹性、咀嚼性进行分析^[11-14]，每组样品测10组数据，测定结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示。根据质构仪操作手册弹性定义为TPA实验中从第1循环目标形变至第2循环环发点之间的位移。咀嚼性表示吞咽一个具有弹性的样品所需的能量，在TPA实验中定义为硬度×黏聚性×弹性。

1.4 统计分析

数据统计采用Origin8.0进行ANOVA单因素方差分析及Scheffe'检验($\alpha < 0.05$)，数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 面团粉质特性研究

表3 乳化剂对混合粉粉质特性影响($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

Table 3 Farinograph properties of dough samples($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

编号	A	B	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂
吸水量/(mL/100g)	56.5±0.6 ^a	65.4±0.6 ^b	54.7±0.5 ^a	55.4±0.7 ^a	54.2±0.5 ^a	55.1±0.6 ^a
形成时间/min	7.2±0.2 ^b	13.4±0.2 ^c	6.7±0.3 ^b	6.2±0.3 ^a	6.9±0.4 ^b	6.5±0.2 ^a
稳定时间/min	5.1±0.2 ^a	8.2±0.7 ^c	5.6±0.3 ^b	5.8±0.3 ^b	5.5±0.3 ^b	5.9±0.3 ^b
弱化度/FU	77.1±0.8 ^e	31.2±1.2 ^a	67.3±0.9 ^d	62.1±1.3 ^b	68.3±1.2 ^d	65.4±1.3 ^c

注：同行上标字母不同表示差异显著($P \leq 0.05$)。表4同。

由表3中A、B两组结果可知，加入10%的膳食纤维使面团的吸水量、形成时间、稳定时间均显著下降，弱化度显著增加。这主要是因为面筋蛋白被大量稀释，使得吸水量、形成时间和稳定时间下降，弱化度增加，面

粉品质变差。从A、C₁、C₂、D₁、D₂ 5组结果可以看出两种乳化剂的加入均使大豆膳食纤维面粉的吸水量略有下降,但不显著,这可能是因为乳化剂的加入在一定程度上使面粉中的面筋含量进一步被稀释,所以使吸水量减少。与A组相比,C₂、D₂组面团的形成时间显著缩短,C₁、C₂、D₁、D₂稳定时间显著延长。这是因为面筋的形成主要依靠蛋白质的水化作用和润胀作用,而乳化剂中的极性脂类可以与蛋白质结合形成稳定的气室,促进面筋蛋白网状结构的形成,所以缩短了面筋的形成时间并使稳定时间延长^[15-16]。弱化度表现了面团对机械搅拌产生的剪切力的耐受程度,弱化度越大,表明面筋质量越差^[17-18]。结果表明两种乳化剂均能显著降低($P \leq 0.05$)大豆膳食纤维面粉的弱化度,但是与B组相比还是有极显著差异的。因此膳食纤维粉的加入会使面团的粉质特性极大的劣变(稳定时间缩短,弱化度增大),两种乳化剂均能使面团稳定时间显著延长,弱化度显著减小,在一定程度上改善大豆膳食纤维面团的粉质特性。

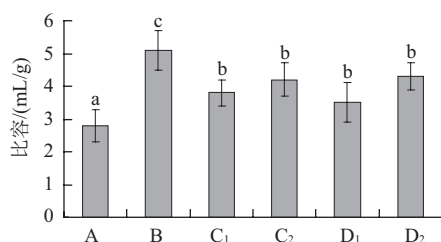
表4 乳化剂对混合粉面团质特性的影响($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

Table 4 Texture properties of dough samples ($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

指标	A	B	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂
硬度/g	4562±53 ^a	5937±48 ^b	4498±50 ^a	4321±45 ^a	4563±49 ^a	4615±70 ^a
黏附性/(g·s)	-472.2±35.2 ^d	-211.3±28.8 ^c	-408.7±25.3 ^c	-376.1±20.8 ^b	-425.7±21.5 ^c	-401.2±17.6 ^c

由表4可知,纤维粉的加入使面团的硬度显著下降,而两种乳化剂均对面团硬度没有显著影响;纤维粉的加入使面团的黏附性显著增加,两种乳化剂均能在一定程度上降低面团的黏附性,但与没有添加纤维粉的面团相比有极显著的差异。纤维粉使面团硬度下降、黏附性增加的主要原因与面筋的形成有关,因为纤维粉的加入阻碍了面筋的形成,面团无法形成被面筋包裹的光滑表面,使面团表面黏附性增加;在面团内部由于缺乏面筋网状结构的支撑使其硬度下降,而乳化剂可以在一定程度上改善纤维粉对面团黏附性的影响,但对面团硬度的影响改善效果并不明显,对黏附性的改善效果高剂量组单亚麻酸甘油酯效果显著优于其他3个乳化剂实验组。

2.2 面包感官评价结果



字母不同表差异显著($P \leq 0.05$)。

图1 乳化剂对面包比容的影响

Fig.1 Specific volume of dough samples

由图1可知,加入膳食纤维粉会使面包的比容显著减

小。A、C₁、C₂、D₁、D₂ 5组结果表明,两种乳化剂均能显著增加膳食纤维面包的比容($P \leq 0.05$),而不同剂量组之间没有显著差异。

表5 面包感官评价结果

Table 5 Sensory evaluation of bread samples

组别	体积(45分)	外观(5分)	面包芯色泽(5分)	面包芯质地(10分)	面包芯纹理结构(35分)
A	11.4±0.8 ^a	3.8±0.2 ^a	4.0±0.3 ^a	5.3±0.2 ^a	22.1±0.9 ^a
B	49.4±0.7 ^d	4.3±0.2 ^a	4.1±0.2 ^a	8.9±0.2 ^d	32.2±0.5 ^d
C ₁	42.2±0.5 ^c	4.2±0.2 ^a	4.1±0.2 ^a	7.7±0.2 ^c	27.8±0.4 ^c
C ₂	44.8±0.3 ^c	4.3±0.3 ^a	4.2±0.2 ^a	8.4±0.3 ^d	28.4±0.6 ^c
D ₁	36.1±0.4 ^b	4.0±0.3 ^a	3.9±0.2 ^a	6.9±0.3 ^b	24.9±0.4 ^b
D ₂	37.9±0.4 ^b	4.1±0.2 ^a	4.1±0.2 ^a	7.2±0.3 ^b	26.1±0.6 ^b

注:同列小写字母不同表示差异显著($P \leq 0.05$)。表6同。

由表5中A、B两组结果可知,添加大豆膳食纤维粉使面包体积显著缩小。A、C₁、C₂、D₁、D₂ 5组结果表明两种乳化剂均能使膳食纤维面包体积显著增大,单亚麻酸甘油酯的效果显著优于单月桂酸甘油酯,不同剂量组之间没有显著差异。6组面包外观与面包芯色泽感官评价结果均没有显著差异。6组面包表皮色泽正常,光滑无斑点,面包芯均为乳白色。A、B两组面包芯质地的感官评价结果有显著的差异($P \leq 0.05$),纤维粉的加入使面包芯变得粗糙、坚硬、缺少弹性。A、C₁、C₂、D₁、D₂ 5组结果表明,两种乳化剂均能够显著的改善纤维面包的质地,使面包芯变得柔软细腻而富有弹性,其中单亚麻酸甘油酯的改善效果优于单月桂酸甘油酯,单亚麻酸甘油酯高剂量组效果优于低剂量组,单月桂酸甘油酯不同剂量组之间没有显著差异。A、B两组面包芯纹理结构感官评价结果有显著差异($P \leq 0.05$),没有添加纤维粉的面包(B组)面包芯气孔细密,分布均匀,而加入纤维粉(A组)的面包芯气孔大小不均,但是加入乳化剂后纤维面包的纹理结构得到显著改善,其中单亚麻酸甘油酯的改善效果优于单月桂酸甘油酯,两种乳化剂之间存在显著差异,但同种乳化剂不同剂量组之间没有显著差异。

2.3 面包保水性测定结果

表6 面包保水性测定结果

Table 6 Water-holding capacity of bread samples

组别	24h	48h	72h	96h
A	4.01±0.42 ^b	6.33±0.25 ^b	9.21±0.22 ^b	13.46±0.31 ^b
B	5.51±0.41 ^a	9.52±0.2 ^a	12.89±0.32 ^a	15.76±0.25 ^a
C ₁	3.07±0.30 ^c	5.88±0.25 ^c	8.48±0.33 ^c	11.52±0.20 ^d
C ₂	2.64±0.35 ^c	5.13±0.30 ^d	7.92±0.25 ^c	10.64±0.26 ^c
D ₁	3.98±0.45 ^b	5.67±0.25 ^c	8.92±0.18 ^b	12.48±0.25 ^c
D ₂	3.51±0.29 ^b	5.64±0.15 ^c	7.93±0.17 ^c	10.97±0.21 ^c

保水性用质量损失率表示,质量损失率越大表示保水性越差。从表6中A、B两组结果来看,A组面包的保水性显著优于B组,这是因为大豆膳食纤维有良好的保水性和持水能力,可以减少面包在贮藏过程中的失水。而从C₁、C₂、D₁、D₂ 4组结果来看,乳化剂的加入能进一步

表7 面包硬度与TPA测试
Table 7 Hardness and TPA parameters of bread samples

组别	硬度/g				弹性/mm				咀嚼性/(g•mm)			
	2h	24h	48h	72h	2h	24h	48h	72h	2h	24h	48h	72h
A	4506±41 ^{Da}	5928±32 ^{Ca}	6450±31 ^{Ba}	7982±29 ^{Aa}	21.46±0.45 ^{Ab}	19.38±0.63 ^{Bb}	17.56±0.27 ^{Cb}	15.24±0.48 ^{Dc}	84127±384 ^{Da}	99950±485 ^{Ba}	98538±532 ^{Ca}	10538±321 ^{Aa}
B	3591±30 ^{Db}	4896±39 ^{Cc}	5423±37 ^{Bc}	6492±27 ^{Ab}	23.61±0.51 ^{Aa}	21.16±0.21 ^{Ba}	19.07±0.19 ^{Ca}	17.58±0.33 ^{Da}	69231±554 ^{Db}	90131±523 ^{Bb}	89972±546 ^{Bb}	99295±357 ^{Ab}
C ₁	3860±29 ^{Dc}	4536±41 ^{Cd}	5016±42 ^{Bd}	6003±33 ^{Ad}	22.16±0.52 ^{Ab}	20.18±0.36 ^{Bb}	18.21±0.36 ^{Cb}	16.41±0.29 ^{Db}	72067±476 ^{Cc}	79637±476 ^{Bd}	79467±575 ^{Bd}	85703±362 ^{Ac}
C ₂	3291±36 ^{Df}	4321±28 ^{Ce}	4897±44 ^{Bc}	5921±38 ^{Ad}	22.64±0.61 ^{Ab}	20.46±0.41 ^{Bb}	18.24±0.57 ^{Cb}	16.19±0.45 ^{Db}	64822±564 ^{Df}	76915±392 ^{Cc}	77709±432 ^{Bc}	83399±412 ^{Ad}
D ₁	4013±43 ^{Db}	5004±35 ^{Ch}	5647±39 ^{Bb}	6379±40 ^{Ac}	21.27±0.52 ^{Ab}	19.67±0.53 ^{Bb}	17.69±0.62 ^{Cb}	15.45±0.39 ^{Dc}	74260±482 ^{Cb}	85633±367 ^{Bc}	86909±412 ^{Ac}	85743±438 ^{Bc}
D ₂	3472±45 ^{De}	4358±33 ^{Ce}	4983±34 ^{Bc}	5986±27 ^{Ad}	21.72±0.57 ^{Ab}	19.98±0.64 ^{Bb}	18.02±0.47 ^{Cb}	16.57±0.53 ^{Db}	65608±548 ^{De}	75753±354 ^{Cf}	78120±398 ^{Bc}	86293±421 ^{Ac}

注：大写字母不同表示同行差异显著 ($P \leq 0.05$)；小写字母不同表示同列差异显著 ($P \leq 0.05$)。

增强面包的保水性，使质量损失率进一步降低，尤其是单亚麻酸甘油酯其保水效果显著优于其他各组。乳化剂主要与直链淀粉发生作用，直链淀粉在水中形成 α -螺旋结构，乳化剂随疏水基团进入 α -螺旋结构内形成复合物，防止淀粉的老化、回生、沉凝，从而增强面包的保水性^[19-20]。

2.4 面包质构分析测试结果

对6组面包出炉2h后的测定结果进行统计分析，由表7可知，纤维粉的加入显著增加了面包的硬度，而两种乳化剂均能显著降低高纤维面包的硬度，C₂、D₂两组面包的硬度均显著低于B组，这说明由于添加膳食纤维粉使面包硬度增大的缺陷可以通过添加适量的乳化剂加以改善，乳化剂对大豆膳食纤维面包硬度的改善作用与乳化剂的添加量有关，高剂量组的改善效果显著优于低剂量组。对弹性数据表明B组显著高于其他5组，也就是说纤维粉的加入显著降低了面包的弹性，两种乳化剂均能显著改善大豆膳食纤维面包的弹性。咀嚼性数据表明两种乳化剂均能显著降低面包咀嚼性数值，其中单亚麻酸甘油酯效果强于单月桂酸甘油酯，高剂量组效果强于低剂量组。6组面包随暴露在空气中的时间延长，硬度均显著增加。在整个实验过程中A组硬度始终显著大于其他各组，这主要是因为膳食纤维的加入影响了面团的发酵性，使面包比容减小，硬度增大。B组面包出炉后2h测定硬度为3591g，但因为B组失水率较高，在贮藏过程中硬度显著增大，24h后硬度显著高于C₁、C₂与D₂组，72h后硬度为6492g，仅次于A组。C₂组与D₂组由于乳化剂增强了面包的膨胀性和保水效果，硬度一直都维持在比较低的水平，在贮藏过程中硬度一直显著低于B组。结果表明膳食纤维粉的加入显著增大了面包的硬度，但加入乳化剂后，大豆膳食纤维面包的硬度显著降低，此外添加乳化剂的面包在贮藏24、48、72h后硬度显著低于没有添加乳化剂组的面包，且高剂量组面包硬度低于低剂量组。6组面包随贮藏时间延长弹性均显著下降，两种乳化剂对膳食纤维面包贮藏过程中的弹性指标没有显著改善作用。咀嚼性与面包的弹性、硬度和黏聚性相关。从总体趋势来看随贮藏时间延长，6组面包咀嚼性显著增加。咀

嚼性数值最大的是A组其次是B组，结合感官评价的结果来看，实验面包的咀嚼性数值在75000~85000g•mm之间是口感较好的。

表8 硬度、弹性、咀嚼性和失水率的相关性分析
Table 8 Correlation analysis between water loss rate and hardness, springiness or chewiness

组别	相关系数r		
	失水率与硬度	失水率与弹性	失水率与咀嚼性
A	0.9486	-0.9814	0.6010
B	0.9744	-0.9981	0.8314
C ₁	0.9810	-0.9962	0.8547
C ₂	0.9778	-0.9938	0.7849
D ₁	0.9149	-0.9983	0.1783
D ₂	0.9918	-0.9904	0.9176

由表8可知，面包在贮藏过程中硬度、弹性的变化与失水率有极显著的相关性，在贮藏过程中面包硬度与失水率呈正相关，弹性与失水率呈负相关，而咀嚼性的变化与失水率的相关性不显著，咀嚼性除了受失水率的影响外还受到弹性、硬度、凝聚性等其他因素的影响。

3 结 论

大豆膳食纤维粉的加入降低了面团的粉质特性和烘焙特性，使面团稳定时间缩短、弱化度增加，面团硬度下降，黏附性增大；使面包比容减小、感官品质下降、硬度和咀嚼性增大、弹性减小，但大豆膳食纤维粉能在一定程度上减少面包贮藏过程中的失水率，增强保水性。单亚麻酸甘油酯和单月桂酸甘油酯均能显著改善大豆膳食纤维面团的粉质特性与烘焙特性。单亚麻酸甘油酯对面包体积、面包芯质地以及硬度、咀嚼性的改善效果显著优于单月桂酸甘油酯。

参考文献：

[1] 张绪霞, 陈卫梅, 董海洲, 等. 大豆膳食纤维的营养功能特性及开发前景[J]. 中国食物与营养, 2007(2): 49-51.
[2] 朱君, 曾茂茂, 何志勇, 等. 膳食纤维对肌原纤维蛋白凝胶性能的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 55-59.

- [3] 姜苏薇, 潘利华, 徐学玲, 等. 水溶性大豆膳食纤维对高脂血症小鼠肾脏的抗氧化应激作用[J]. 食品科学, 2011, 32(19): 240-243.
- [4] 王华博, 程裕东, 包海蓉. 大豆副产品中功能性物质的研究与开发[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 562-566.
- [5] 谭惠子, 刘成梅, 吴伟, 等. 大豆膳食纤维可食用膜的研制[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 303-306.
- [6] 明建, 宋欢, 赵国华. 豌豆苗膳食纤维的添加对面团和面包物性的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 67-70.
- [7] 郭萌萌, 任玲玲, 杜金华, 等. 木糖添加量对面团流变学特性与面包品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(5): 92-96.
- [8] TSATSARAGKOU K, YIANNOPOULOS S, KONTOGIORGIS A, et al. Effect of carob flour addition on the rheological properties of gluten-free breads[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 4(6): 1-9.
- [9] GOMEZ A, BUCHNER D, TADINI C, et al. Emulsifiers: effects on quality of fibre-enriched wheat bread[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(5): 1228-1239.
- [10] 国家粮食局科学研究院. GB/T 14614—2006小麦粉 面团的物理特性 吸水量和流变学特性的测定 粉质仪法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [11] VIDYA S, RAVI R, BHATTACHARYA S. Effect of thermal treatment on selected cereals and millets flour doughs and their baking quality[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(5): 1218-122.
- [12] LAGUNA L, HEMANDEZ M, SALVADOR A, et al. Study on resistant starch functionality in short dough biscuits by oscillatory and creep and recovery tests[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(5): 1312-1320.
- [13] KOHAJDOVA Z, KAROVICOVA J, MAGALA M. Effect of lentil and bean flours on rheological and baking properties of wheat dough[J]. Chemical Papers, 2013, 67(4): 398-407.
- [14] 战旭梅, 郑铁松, 陶锦鸿. 质构仪在大米品质评价中的应用研究[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 62-65.
- [15] 郑铁松. 质构仪在面团和面包品质评定中的应用研究[J]. 食品科学, 2004, 25(10): 37-40.
- [16] DAPCEVIC HADNADEV T R, DOKIC L, HADNADEV M, et al. Rheological and breadmaking properties of wheat flours supplemented with octenyl succinic anhydride-modified waxy maize starches[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 3(5): 1-13.
- [17] ESCALADA PLA M, ROJAS A, GERSCHENSON L. Effect of butternut (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) fibres on bread making, quality and staling[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(3): 828-838.
- [18] 豆康宁, 魏永义, 赵永敢, 等. 小麦次粉对面团流变性的影响研究[J]. 农业机械, 2012(12): 69-70.
- [19] 刘树兴. 食品添加剂[M]. 北京: 中国石化出版社, 2001: 160.
- [20] 夏延斌. 食品化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 374.