

竹笋不溶性膳食纤维对草莓果酱流变及质构特性的影响

代曜伊,刘敏¹,郑炯^{1,2*}

1(西南大学 食品科学学院,重庆,400715)2(重庆市特色食品工程技术研究中心,重庆,400715)

摘 要 为考察竹笋不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF)对果酱的流变及质构特性的影响,以草莓果酱为原料,加入不同比例的竹笋 IDF,研究两者复配后果酱的流变、质构及微观结构的变化,并对其互作机理进行了初步探讨。结果表明:竹笋膳食纤维/果酱复配体系是典型的屈服-假塑性流体,并且随着竹笋 IDF 添加量的增加,稠度系数 K 增加,流体指数 n 减小。竹笋 IDF 的加入同时能够增加体系的弹性与黏性,加强果酱体系的固体特征并提高稳定性。随着竹笋 IDF 添加量的增加,果酱复配体系的硬度、咀嚼性、黏着性均增强。同时扫描电镜观察到,竹笋 IDF 的添加使果酱内部颗粒结合得更加紧密,凝胶性增强,当添加量达到 3% 时开始形成网孔状结构。

关键词 竹笋不溶性膳食纤维;果酱;流变特性;质构特性;微观结构

膳食纤维作为调节机体功能的“第七类营养素”已引起世界各国营养学家的广泛关注和普遍重视。研究发现,竹笋膳食纤维中大多数为不溶性膳食纤维^[1],具有较好的持水性、溶胀性、吸附性等理化特性^[2],以及促消化、降胆固醇、改善肠道健康等生理活性功能^[3-5],是一种极具开发潜力的膳食纤维资源。竹笋不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF)和其他膳食纤维一样,有利于凝胶的形成和结构稳定,避免脱水收缩作用,脱水收缩或析水常发生在具有凝胶结构的食品中,如果酱和酸奶^[6]等。果酱虽然营养丰富,但市场上的果酱多选用羧甲基纤维素钠、变性淀粉等增稠,这些胶体在增稠的同时黏度也增加的比较明显,且稳定性较差。利用竹笋 IDF 与果酱复配不仅能够增强果酱凝胶体系的稳定性,同时能增加果酱中膳食纤维含量,达到营养强化的目的。

随着时代的发展人们的消费习惯也有了很大的改变,人们越发重视饮食的健康,市面上高膳食纤维食品也应运而生,膳食纤维强化食品也越来越多。目前,国内外较多文献报道了将膳食纤维与流体食品进行复配的研究,司俊玲^[7]等利用燕麦膳食纤维与凝固型酸奶进行复配,王日思^[8]等将大豆膳食纤维与

糊化大米淀粉进行复配,李明^[9]等将膳食纤维与冰淇淋进行复配。果酱是一种复杂的弱凝胶体系,添加多糖类物质后其稳定性、流变性和质构等各方面均将会发生改变^[10],但目前对于将膳食纤维加入果酱的研究报道还较少。因此,本实验以草莓果酱为原料,探究加入不同含量的竹笋 IDF 对果酱流变特性、凝胶质构特性及微观结构产生的变化。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大叶麻竹笋,购于重庆市北碚区天生路农贸市场;果酱,中国(广州)味好美食品有限公司; α -淀粉酶(4 000 U/g)、木瓜蛋白酶(10 000 U/g)、纤维素酶(6 000 U/g),美国 Sigma 公司。

1.2 仪器与设备

FA2004A 电子分析天平,上海精天电子仪器有限公司;pHS-3C 酸度计,成都世纪方舟科技有限公司;HH-8 数显恒温水浴锅,常州澳华仪器有限公司;FW135 中草药粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司;DHR-1 旋转流变仪,美国 TA 公司;CT3 物性测定仪,美国 Brookfield 公司;JSM-6510LV 钨灯丝扫描电子显微镜,日本电子株式会社(JEOL)。

1.3 实验方法

1.3.1 竹笋不溶性膳食纤维的提取

参考白瑞华等^[11]的方法。以新鲜麻竹笋为原料,洗净,去壳,切片,60℃烘干后粉碎,然后过 80 目筛,备用。料水比 1:40(g:mL), α -淀粉酶 1 600 U/g

第一作者:本科生(郑炯副教授为通讯作者, E-mail: zhengjiong_swu@126.com)。

基金项目:重庆市社会事业与民生保障科技创新专项一般项目(cstc2015shmszx80007);中央高校基本科研业务费重点项目(XDJK2016B035);中央高校基本科研业务费学生“双创”项目(XDJK2016E114)

收稿日期:2016-06-15,改回日期:2016-08-27

底物,木瓜蛋白酶 3 000 U/g 底物,纤维素酶 4 000 U/g 底物,pH 值 5.0,酶解温度 55 ℃,酶解时间 1.5 h。然后于 95 ℃灭酶 20 min,将灭酶后的样品抽滤至干,滤渣用 15% 的 H_2O_2 溶液脱色,过滤,用去离子水将滤渣洗净,最后用乙醇漂洗滤渣,抽滤,滤渣经冷冻干燥得竹笋不溶性膳食纤维,备用。

1.3.2 样品制备

在果酱中分别加入 0% IDF (作为对照)、1% IDF、2.0% IDF、3% IDF,搅拌均匀后,制备成 4 组不同配比的竹笋 IDF/果酱混合体系,4 ℃ 静止 24 h 备用。

1.3.3 流变特性的测定

用一次性滴管吸取适量样品置于平板上,采用平板-平板测量系统,平板直径 40 mm,设置间隙 1 mm,测量前样品先静置平衡 5 min,去除传感器边缘的多余样品。

静态剪切流变特性的测定:温度设定为 25 ℃,使剪切速率从 0 ~ 300 s^{-1} 递增,再从 300 s^{-1} ~ 0 记录测试过程中样品的黏度和剪切应力变化情况。参考于甜^[12]和张雅媛^[13]的方法,采用 Herschel-Bulkley 模型对数据点进行回归拟合,拟合系数 R^2 表示方程拟合精度。Herschel-Bulkley 方程:

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n + \sigma_0$$

其中: σ ,表示剪切应力,Pa; K ,为稠度系数, $\text{Pa} \cdot \text{s}^n$; $\dot{\gamma}$,代表剪切速率, s^{-1} ; n 指流体指数; σ_0 ,是屈服应力,Pa。

动态黏弹性测定:用一次性吸管吸取一定量的样品置于流变仪平台上,温度设为 25 ℃,扫描应变值为 1%,振荡频率设为 0.1 ~ 10 Hz,测定样品的储能模量 G' 、损耗模量 G'' 和损耗正切角 $\tan\delta$ 随频率变化的情况。

动态时间扫描测定:温度设定为 25 ℃,扫描应变 1%,频率设定为 0.5 Hz,测定 1 h 样品弹性模量 (G') 和 $\tan\delta$ 的变化。

1.3.4 质构测定

参考贾鲁彦^[14]的方法。采用质地剖面分析(texture profile analysis, TPA),使用 CT3 物性测试仪,设定如下:探头型号为 TA5 (直径 0.5 英寸的圆柱状平头探头)。测试前速度:1.0 mm/s;测试速度:1.0 mm/s;测试后速度:1.0 mm/s;压缩程度:40%;触发类型:Auto-5g。每组样品平行测定 6 次。

1.3.5 微观结构的观察

采用扫描电子显微镜(SEM)对 4 组 IDF/果酱样品进行微观结构的观察。在进行扫描电镜观察之前,

要先对样品进行处理。将待测样品先在低温下冷冻 24 h,然后进行冷冻干燥,将冷冻干燥后得到的样品用扫描电镜进行观察^[15]。将处理好的样品安装在双面导电的铝片上,并涂上一层钼金合金,使用离子溅镀机使样品具有导电性。样品在 15 kV 的加速电压和 100 ~ 1 500 × 的放大率下进行观察和拍照。

1.4 数据处理

使用 Microcal Origin8.0, Microsoft Excel 软件进行图表的绘制和相关数据的处理。

2 结果与分析

2.1 静态剪切流变特性的测定

图 1 为不同添加量的 IDF 与果酱复配后剪切应力随剪切速率变化的关系图。由图 1 可知,随着竹笋 IDF 添加量不断增加,体系的剪切应力也逐步增加,当竹笋 IDF 添加量为 3% 时剪切力增加最明显。可能是随着 IDF 添加量增大,体系的流动阻力增大^[16],从而使得体系剪切的难度增大。

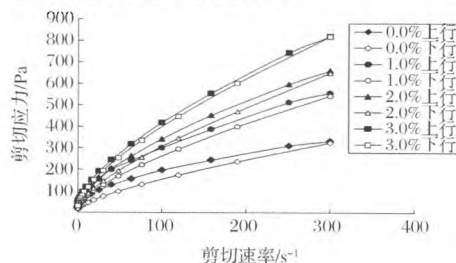


图 1 不同 IDF 添加量对果酱剪切力的影响

Fig. 1 Effect of IDF addition on the shear force of ketchup

从图 2 可看出,体系的黏度随剪切速率的增加而降低,直到渐渐接近给定剪切频率下可能的最低值为止。同时,随着竹笋 IDF 添加量的增加,样品剪切变稀的程度也不断减弱。这主要是由于竹笋 IDF 通过强吸附力跟水结合,该结合力不易被剪切力破坏,导致了黏度的上升。另外,竹笋 IDF 的添加减少了体系水分的相对含量,而水分含量又是影响果酱黏度的重要因素。BASU 等^[17]在对芒果果酱的流变性研究中发现,果酱是触变性的,它存在着与时间相关的颗粒间的相互作用。这种特性导致键合产生三维网络凝胶结构。黏度随着剪切速率的增大而减小,这是触变结构和颗粒取向被破坏所造成的综合结果^[18]。在整个剪切速率范围内所有的果酱样品均呈现出触变性,触变性流体的特征在于:只要让物料静置足够的时间,该流体就能够重建凝胶结构。触变性越小,对应其停止应力作用后重建粒子间破坏的构造越快,流变

学稳定性越高,在生产应用中,意味着其能够阻止沉淀、垂挂等。所有样品中触变性大小:3% IDF > 2% IDF > 1% IDF > 0% IDF,说明 3% IDF 添加量时,复配体系具有最高的流变学稳定性。这一结果与赵娜^[15]对交联乙酰化淀粉与低糖果酱复配体系的研究结果类似。

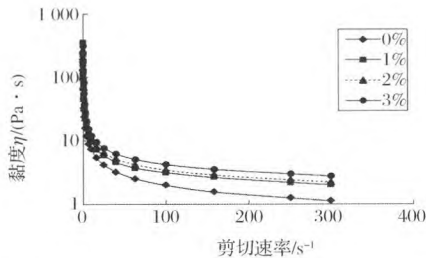


图2 不同 IDF 添加量样品黏度随剪切速率变化
Fig. 2 Change of IDF addition on the viscosity with shear rate

采用 Herschel-Bulkley 对曲线数据点进行拟合,拟合情况见表 1。所有流体指数 $n < 1$,屈服应力 $\sigma_0 > 0$,说明竹笋 IDF/果酱复配体系为屈服-假塑性流体,具有剪切变稀的性质。如表 1 所示,稠度系数 K 和流体指数 n 是经验常数,与液体的性质有关。 K 往往与液体浓度有关, K 值越大,液体越黏稠。 n 是流体假塑性程度的指标, n 值小于 1,表示为假塑性流体,发生了剪切变稀, n 值偏离 1 的程度越大,表示剪切越易变稀,即意味着假塑性程度越大^[19]。由表 1 可知,随着 IDF 的添加量不断增加, n 值不断减小,稠度系数 K 不断增加,屈服应力也不断增加,这表明加入 IDF 后的果酱复配体系具有更强的假塑性,更易剪切稀化。这可能是因为竹笋 IDF 分子与果酱凝胶分子间相互缠结,增加了流体中分子链节的取向性,因此流体流动变得更加困难,但稳定性提高。

表 1 竹笋膳食纤维/果酱复配体系 Herschel-Bulkley 方程拟合参数
Table 1 Herschel-Bulkley parameters for bamboo shoot fiber/jam mixed system

样品	屈服应力(σ_0)/Pa	稠度系数(K)/(Pa·s)	流体指数(n)	决定系数(R^2)
果酱+0% IDF	18.874 5/18.255 5	12.714/3.199	0.877 9/0.822 7	0.996 9/0.992 3
果酱+1% IDF	25.192 8/22.197 3	14.456/7.828	0.739 7/0.76 91	0.999 4/0.994 9
果酱+2% IDF	26.999 6/21.033 9	18.976/11.343	0.607 0/0.636 7	0.998 0/0.998 6
果酱+3% IDF	31.195 8/30.415 1	24.883/15.173	0.589 2/0.699 5	0.994 6/0.997 9

2.2 动态黏弹性的测定

通过对果酱样品进行动态流变学扫描可以依据样品的储能模量(G')、损耗模量(G'')以及损耗正切值($\tan\delta$)的大小来评判样品的总体强度^[20],黏弹性比例,这些数据可有效地反映果酱的结构和加工性能。图 3 是 G' 与 G'' 随着角频率变化的关系图。 G' 是能量贮存而可恢复的弹性性质, G'' 是代表能量消耗的黏性性质。由图 3 可知,果酱样品的 G' 都大于相应的 G'' ,这表明果酱样品全部都表现出胶体行为。并且在一定的变化频率内(0~10 Hz),随着频

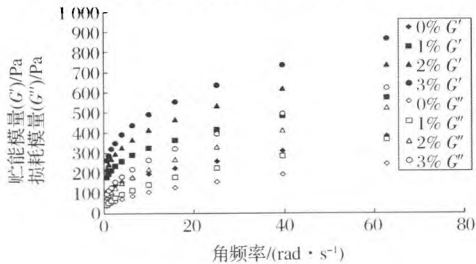


图3 复配体系动态模量随角频率变化曲线
Fig. 3 Curves of dynamic modylus with angular frequency of mixed system

率的增加,所有样品的 G' 与 G'' 也缓慢且稳定的增加,储能模量始终大于相应的损耗模量,表现出以弹性为主的黏弹性质。随着竹笋 IDF 添加量的增大, G' 与 G'' 均呈规律性的逐渐增加,类固体的性质和类液体的性质均增强。说明一定量的竹笋 IDF 能同时增加果酱的弹性成分和黏性成分,增强果酱体系的强度,这主要是由于膳食纤维通过强吸附力和水结合,强化酱体的固体性质,同时,由于膳食纤维的强吸水性,果酱中的黏性物质得到了浓缩,黏性增强。这一结果与胡燃^[21]的麦麸水不溶性膳食纤维与番茄酱复配体系的研究结果类似。

损失正切值($\tan\delta$)为损耗模量与储能模量的比值。体系黏弹性由 $\tan\delta$ 来表征, $\tan\delta$ 值越大,体系中黏性成分比重较大,体系表现流体的特征;相反, $\tan\delta$ 值越小,体系中弹性成分越多,体系表现固体的特征^[22]。由图 4 可知,随着竹笋 IDF 的添加, $\tan\delta$ 值先增大后减小,在竹笋 IDF 添加量为 1% 时果酱的流体性质表现明显,当添加量上升后,果酱复配体系的固体特征又开始逐渐显现。这可能是因为竹笋 IDF 添加量为 1% 时,竹笋 IDF 使果酱的结构变的松散,

而添加量增加后,由于竹笋 IDF 的强溶胀与吸水作用使其内部结构变得更加紧密,逐渐表现固体特征。而加入了竹笋 IDF 的样品的 $\tan\delta$ 均大于未添加的样品,这表明竹笋 IDF 能够有效增强果酱复配体系的黏性和流体性质。这一性质可使其更好的运用在果酱、番茄酱等涂抹型调味产品中。

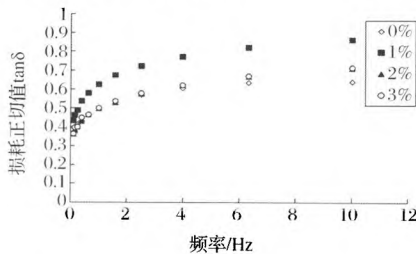


图4 竹笋膳食纤维/果酱复配体系 $\tan\delta$ 随频率变化曲线

Fig. 4 Curves of $\tan\delta$ with frequency of fiber/jam mixed system

2.3 动态时间扫描的测定

图5为不同配比的竹笋IDF/果酱复配体系在1 h内贮藏模量(G')与 $\tan\delta$ 随时间变化曲线。由图可知,随着竹笋IDF的添加量逐渐增加,果酱复配体系的 G' 值逐渐增加,且始终大于未添加IDF的果酱凝胶体系的 G' ,这亦与动态黏弹性的测定结果一致。随着时间变化 G' 值均逐渐增加,同时伴随着 $\tan\delta$ 的逐渐降低。与复配体系相比,未添加IDF的果酱凝胶体系 G' 增长速度延缓,处于较稳定阶段。复配体系 G' 增长速度随着竹笋IDF比例的增加而延缓,最终,复配凝胶体系的 G' 高于单独果酱凝胶体系的 G' 。这一结果表明,复配体系具有更好的稳定性,其应用于食品中时可更好地改善因果酱等含糖量较高的产品析水而产生的品质变化^[23]。

2.4 复配体系的质构分析

由表2可知,复配体系的硬度、内聚性、咀嚼性以

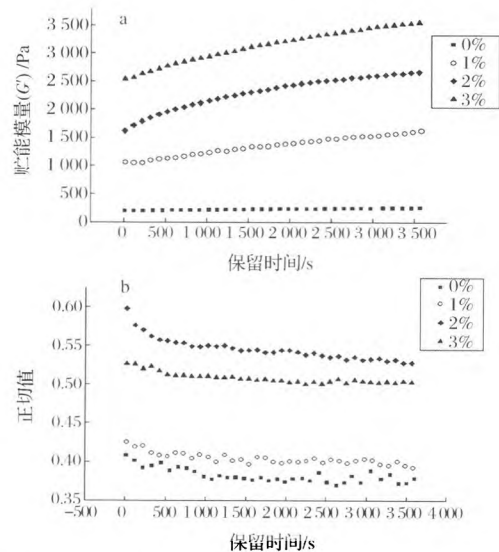


图5 竹笋膳食纤维/果酱复配体系贮藏模量(a)及 $\tan\delta$ (b)随保留时间变化曲线

Fig. 5 Curves of storage modulus and $\tan\delta$ with time of fiber/jam mixed system

及黏着性都呈现出规律性的变化。其中硬度、咀嚼性、黏着性均随着竹笋IDF的添加量的增加而逐渐增强,而内聚性则逐渐减弱。当竹笋IDF添加量为3%时,复配体系的性质最接近固体的稳定性,这主要是由于膳食纤维吸水膨胀,提高了酱体的稳定性,起到了持水剂的作用^[22],这与动态流变的测定结果一致。

当添加量达到3%时,样品的硬度达到了最大值0.311 N,这有助于提高果酱凝胶体系的硬度及稳定性,并改善相应的咀嚼性。胡燃^[21]和张慧霞^[23]等也分别通过研究发现麦麸膳食纤维和大豆膳食纤维在番茄酱的质构改善方面具有相同的作用。因此,在实际生产中将竹笋膳食纤维添加到果酱等酱体产品中,在一定程度上可以改善其质构性质,增强其硬度及稳定性,并使口感达到最佳。

表2 竹笋膳食纤维/果酱凝胶复配体系质构参数

Table 2 Parameters of texture profile of bamboo shoot fiber/jam gel mixed system

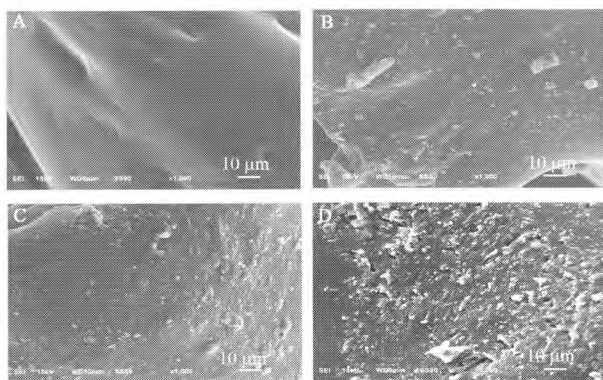
样品	硬度/N	内聚性	咀嚼性/mJ	黏着性/g
果酱+0%竹笋IDF	0.118 ± 0.019	0.963 ± 0.100	2.766 ± 0.057	3.667 ± 0.577
果酱+1%竹笋IDF	0.183 ± 0.011	0.540 ± 0.026	4.300 ± 0.264	8.667 ± 1.547
果酱+2%竹笋IDF	0.222 ± 0.015	0.470 ± 0.026	5.500 ± 0.346	20.333 ± 2.081
果酱+3%竹笋IDF	0.311 ± 0.005	0.236 ± 0.021	7.433 ± 0.208	25.333 ± 4.041

2.5 微观结构的测定

图6分别为4种不同竹笋膳食纤维添加量的复配果酱样品在1000倍下的电镜扫描图片。由图

6-(A)可以看出,不添加竹笋膳食纤维的样品,其表面看起来很平滑,仅有轻微的凹陷。由图6-(B)可知,加入1%竹笋膳食纤维后,有膳食纤维颗粒与凝

胶结构相结合,样品表面开始形成小的突起,总体结构变化不大。当竹笋膳食纤维的添加量逐渐增加,如图6-(C)和图6-(D)所示,样品的凝胶结构的粗糙程度逐渐加强,表面附着的颗粒减少,膳食纤维颗粒与果酱凝胶体系的结合度增加,完全与果酱凝胶相结合。当竹笋膳食纤维添加量达到3%时,样品表面开始形成新的网状结构。这可能是由于竹笋膳食纤维中含有大量的羟基和羧基等极性基团,带有很强的吸水性^[24]和空间稳定性^[15],使它可以很好地与原有体系中的某些成分相结合,形成了新的网状物。而且这种网状物的形成,使果酱内部颗粒的键和力增强,凝胶性增强,从而使样品的增稠作用变强,且持水性也得到改善。这与之前的流变性及凝胶质构分析得到的结果一致。



A-0% IDF; B-1% IDF; C-2% IDF; D-3% IDF 的果酱复配体系
图6 不同竹笋膳食纤维添加量的果酱复配体系电镜扫描图
Fig.6 Scanning electron microscope images of different content of bamboo shoot dietary fiber in jam mixed system

3 结论

竹笋膳食纤维/果酱复配体系是典型的屈服-假塑性流体,并且随着竹笋 IDF 添加量的增加,稠度系数 K 增加,流体指数 n 减小。竹笋 IDF 的加入同时能够增加体系的弹性与黏性,加强果酱体系的固体特征并提高其稳定性。随着竹笋 IDF 添加量的增加,果酱复配体系的硬度,咀嚼性,黏着性均增强,同时从微观结构可以看出,竹笋 IDF 使果酱内部颗粒结合的更加紧密,凝胶性增强,从而使样品的增稠作用变强,且持水性也得到改善。因此,综合考虑果酱的复配效果,在实际应用中选择竹笋膳食纤维添加量在3%以内均能够较好地改善果酱流变及质构特性。但对于果酱的色泽、口感等影响还需进行进一步的研究,以

便于更好的应用于食品工业中竹笋膳食纤维与果酱复配产品的生产及控制。

参考文献

- [1] CHOUDHURY D, JATINDRA K, SHARMA S GD. Value addition to bamboo shoots: a Review [J]. Journal of Food Science and Technology, 2012, 49(4): 407-414.
- [2] 徐灵芝, 黄亮, 李璐, 等. 雷竹笋渣及其膳食纤维的物化特性分析 [J]. 中国酿造, 2016, 35(4): 122-126.
- [3] KOKUBO Y, ISO H, SAITOI, et al. Dietary fiber intake and risk of cardiovascular disease in the Japanese population: the Japan Public Health Center-based study cohort [J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2011, 65(11): 1233-1241.
- [4] LAMOTHE L M, SRICHUWONG S, REUHS BL, et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibers high in pectic substances and xyloglucans [J]. Food Chemistry, 2015, 167(1): 490-496.
- [5] PEERAJIT P, CHIEWCHAN N, DEVAHASTINS. Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fiber powder from lime residues [J]. Food Chemistry, 2012, 132(4): 1891-1898.
- [6] STAFFOLO M D, BERTOLA N, MARTINOM. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt [J]. International Dairy Journal, 2004, 14(3): 263-268.
- [7] 司俊玲, 李红, 申瑞玲, 等. 燕麦膳食纤维凝固性酸乳制品的研制 [J]. 食品工业, 2016, 37(2): 105-110.
- [8] 王日思, 万婕, 刘成梅, 等. 不同分子量大豆可溶性膳食纤维对大米淀粉糊化及流变性质的影响 [J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 124-127, 132.
- [9] 李明, 刘成梅, 李积华. 高膳食纤维保健冰淇淋的研制 [J]. 江西食品工业, 2004(1): 30-31.
- [10] ZHIHUA PANG, HILTON DEETHA, RANJANSHARM-AB, et al. Effect of addition of gelatin on the rheological and microstructural properties of acid milk protein gels [J]. Food Hydrocolloids, 2015, 43: 340-351.
- [11] 白瑞华, 吴良如, 高贵宾, 等. 酶解法提取竹笋中不溶性膳食纤维研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 350-351.
- [12] 于甜. 软质食品流变学特性及测量方法的研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [13] 张雅媛, 洪雁, 顾正彪, 等. 玉米淀粉与黄原胶复配体系流变和凝胶特性分析 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 357-362.
- [14] 贾彦彦. 猕猴桃果酱加工工艺研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [15] 赵娜. 交联乙酰化淀粉在低糖果酱中作用机理的研究

- [D]. 济南:山东轻工业学院,2012.
- [16] 吴银琴,唐敏敏,洪雁,等. 直链淀粉含量对玉米淀粉/瓜尔胶复配体系糊化和流变特性的影响[J]. 食品与生物技术学报,2014,33(1):48-55.
- [17] BASU S, SHIVHAREUS. Rheological, textural, microstructural and sensory properties of mango jam[J]. Journal of Food Engineering,2010,100(2):357-365.
- [18] LAI M, LII C. The influences of starch fillers on the viscoelasticity of agarose and kappa-carrageenan gels[J]. Food science and Agricultural Chemistry, 2003,5(1):27-34.
- [19] ANDERSON M C, SHOEMAKER C F, SINGH R P. Rheological characterization of aseptically packaged pudding[J]. Journal of Texture Studies,2006,37(6):681-695.
- [20] RØNHOLT S, KIRKENSGAARD J J K, PEDERSEN T B, et al. Polymorphism, microstructure and rheology of butter. Effects of cream heat treatment[J]. Food Chemistry, 2012,135(3):1730-1739.
- [21] 胡燃. 小麦麸皮中蛋白与纤维的综合利用研究[D]. 无锡:江南大学,2015.
- [22] 陈海华,许时婴,王璋. 亚麻籽胶的流变性质[J]. 无锡轻工大学学报,2004,23(1):30-35.
- [23] 张慧霞. 豆渣及其膳食纤维对不同形态食品品质影响的研究[D]. 无锡:江南大学,2013.
- [24] 崔富贵. 米糠膳食纤维流变学特性及强化米粉面包的研制[D]. 长沙:中南林业科技大学,2012.

Effect of the bamboo shoots insoluble dietary fiber on physical properties of strawberry jam

DAI Yao-yi¹, LIU Min¹, ZHENG Jiong^{1,2*}

1(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

2(Chongqing Engineering Research Center of Regional Food, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT In order to investigate the influence of dietary fiber on the rheological, quality and structure of the jam, strawberry jam was mixed with different proportions of dietary fiber of bamboo shoots to study the changes of the rheological, quality and structure and microstructure, and then discussed the preliminarily mechanism. The results show that the bamboo shoot dietary fiber/jam mixed system is a typical yield pseudoplastic fluid. Adding bamboo shoots insoluble dietary fiber, the consistency coefficient K increases and the fluid index n decreases. At the same time, adding the bamboo shoots insoluble dietary fiber can increase the elastic and viscous system, strengthen the solid feature and improve the stability of jam. With the increase of the bamboo shoots insoluble dietary fiber in jam, the hardness, chewiness, adhesion of jam mixed system are enhanced. At the same time, scanning electron microscopy (SEM) observed, the bamboo shoots IDF make jam internal particles more closely, gel enhancements increased. And it began to form a mesh structure when the fiber amount was 3%.

Key words bamboo shoots insoluble dietary fiber; jam; rheological; quality and structure; microstructure