

# 大豆膳食纤维对面团流变性质的影响

钱建亚<sup>1)</sup> 丁霄霖

(食品学院)

**摘要** 将豆腐生产的下脚料豆渣在挤压前后添加到面粉中,对面粉粉质和面团拉伸性质所受影响进行了研究。

**主题词** 大豆;挤压;流变性质/膳食纤维;面团

**中图分类号** TS214.1

## 0 前言

不同来源和不同形式的膳食纤维的生理作用是不同的。大豆膳食纤维在粮谷类纤维中具有很好的生理营养价值<sup>[1]</sup>。水溶性膳食纤维对人体肠道内一些有益微生物的生长繁殖有利<sup>[2]</sup>,因此,食品工业界将研究的重点放在可溶性纤维的转化方面。挤压技术的应用是膳食纤维物理转化最方便最主要的手段。

面制品品种繁多,是大部分地区的主食品。也是膳食纤维的良好载体。作者将大豆渣经挤压加工后添加到面粉中,对面团的性质进行了评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 面粉** 江阴特二粉 江苏江阴面粉厂,湿面筋含量 260 g/kg;无锡特二粉 中外合资无锡华丰面粉有限公司,湿面筋含量为 254 g/kg。

**1.1.2 膳食纤维 (原豆渣) 挤出纤维** 根据挤压豆渣中水溶物的含量分为低转化挤出物:水溶物含量 110 g/kg;中转化挤出物:水溶物含量 240g/kg;高转化挤出物:水溶物含量 370 g/kg (均以干基计);水溶纤维 挤压豆渣经 80℃水提取,离心分离,上清液冷冻或喷雾干燥而得。其中蛋白质小于 5 g/kg (干基),脂肪小于 10 g/kg (干基);水不溶纤维 上述挤出豆渣水提后的沉淀物冷冻干燥而得。其中蛋白质约 180 g/kg (干基),脂肪小于 50 g/kg (干基)。

### 1.2 方法

1) 现工作单位:扬州大学农学院食品科学系。扬州,225009

收稿日期:1995-06-12

**1.2.1 粉质曲线** 按[3]进行。添加大豆纤维时,分别以3%,6%和9%的比例替代面粉。粉质仪为德国 Brabender 公司制造,型号 810104。

**1.2.2 拉伸曲线** 按[4]进行。用与粉质曲线测定对应的面团测定拉伸曲线。所用拉伸仪为德国 Brabender 公司制造,型号 DM 90-40。

计算粉力时,手工测量拉伸曲线的面积,积分仪为 Valoremeter,美国 South Hackensack N J,C W Brabender 仪器公司制造。

## 2 结 果

### 2.1 添加大豆纤维对面粉粉质的影响

表1是纤维挤压前后添加到面粉中所得粉质曲线的特征值。由表1可看出,大豆纤维水溶性的转化程度以及添加量对面粉粉质都有影响。为便于比较,表1中数据均按测定方法中的规定,以面团最大稠度500BU为基准校正而得。

表1 膳食纤维添加对特二粉粉质曲线的影响

添加量 (%)	转化度	吸水率 (%)	面团形成时间 (min)	面团稳定性 (min)	评价值	衰落值 (BU)
0		60.1	2.2	4.6	43	90
3	无	63.6	2.5	6.2	48	90
3	低	62.3	2.8	5.5	49	90
3	中	60.7	2.5	4.8	53	100
3	高	60.7	2.2	4.0	44	100
6	无	67.3	4.8	5.6	49	95
6	低	65.0	4.0	4.5	53	100
6	中	62.9	3.7	5.7	58	75
6	高	61.6	2.4	4.7	48	90
9	无	70.4	6.3	3.9	63	100
9	低	68.3	5.0	3.2	57	110
9	中	65.0	5.0	4.5	60	90
9	高	62.5	3.0	4.3	49	110

无 未经挤压处理; 低 低转化挤出物; 中 中转化挤出物; 高 高转化挤出物  
江阴特等二级粉替代百分率。

与纯面粉比较,无论添加何种形式的纤维,面团的吸水率均增加。在低水平添加(3%)时,中转化和高转化纤维对面团吸水率的影响较小,高水平(6%和9%)添加时的影响较大,且随着水溶性成分转化程度的提高,面团吸水率的增加呈下降的趋势。

面团的形成时间,因纤维的添加量而增加。低水平添加(3%)与高转化纤维的添加影响不大。未经挤压处理的原豆渣和低、中转化的纤维对面团形成时间的影响较显著,且影响的程度与纤维的添加量成正比。

高水平(9%)添加时,面团的稳定性下降。水溶性纤维转化的程度对面团的稳定性的影响不显著。随着添加量的增加,未处理豆渣对面团稳定性的影响减小。

评价值因大豆纤维添加量的增加而增加。高转化纤维添加后,面团粉质的评价值在各个不同的添加水平上均是最低的,但无论添加何种形式的纤维,相应面团粉质的评价值均高于纯面粉面团。

添加纤维后,各面团稠度的衰落值变化幅度均不大。

## 2.2 添加大豆纤维对面团拉伸性质的影响

如表 2 所示,添加纤维后,面团拉伸性质变化的总趋势是粉力和延伸性下降,未处理豆渣使面团的抗拉阻力增大。

表 2 膳食纤维添加对面团拉伸曲线的影响

添加量 (%)	转化度	45 min 保温				90 min 保温				135 min 保温			
		粉力 (cm <sup>2</sup> )	抗拉阻 力(BU)	延伸性 (cm)	拉力 比数	粉力 (cm <sup>2</sup> )	抗拉阻 力(BU)	延伸性 (cm)	拉力 比数	粉力 (cm <sup>2</sup> )	抗拉阻 力(BU)	延伸性 (cm)	拉力 比数
0		85.1	335	14.0	23.9	99.0	480	12.7	37.8	100.0	580	12.0	48.3
3	无	73.1	370	11.7	31.6	76.1	610	9.7	62.9	72.2	670	8.4	79.8
	低	72.6	330	13.5	24.4	78.6	460	12.0	38.3	88.5	570	10.8	52.8
	中	65.8	350	14.4	24.3	81.7	520	11.1	46.8	88.4	620	10.2	60.8
	高	79.7	305	12.5	24.4	76.0	500	10.8	46.3	80.0	600	10.6	56.6
6	无	54.3	420	8.7	48.3	71.2	640	8.0	80.0	64.2	710	7.2	98.6
	低	58.2	315	11.0	28.6	66.6	460	10.4	44.2	70.2	550	9.8	56.1
	中	56.7	300	11.9	25.2	80.2	580	10.0	58.0	77.5	640	8.4	76.2
	高	53.9	340	10.6	32.1	66.8	560	10.0	56.0	58.9	670	8.8	76.1
9	无	51.6	450	8.4	53.6	49.2	570	7.0	81.4	56.0	630	6.5	96.9
	低	56.3	350	9.8	35.7	62.6	495	9.6	51.6	55.6	500	9.1	54.9
	中	52.1	350	10.6	33.0	72.2	600	8.7	69.0	69.1	670	8.1	82.7
	高	52.7	470	9.5	49.5	88.0	755	9.0	83.9	77.4	790	8.6	91.9

无 未经挤压处理; 低 低转化挤出物; 中 中转化挤出物; 高 高转化挤出物。

江阴特等二级粉替代百分率。

各种挤出纤维 3% 和 6% 的添加量对面团拉伸阻力的影响不大。9% 添加量时,高转化纤维对抗拉阻力的影响显著,30℃ 保温 45 min 时,与原豆渣相当,但保温 90 min 和 135 min 后,抗拉阻力的差异较大。

添加挤压豆渣时,45 min 保温后,在不同添加量水平上,中转化纤维使面团具有最大的延伸性,但 90 min 和 135 min 保温后,相应的延伸性最小。

与原豆渣比较,挤压后的纤维使面团的延伸性增大。

## 2.3 不同溶解状态纤维添加对面粉粉质的影响

为了了解纤维对面粉粉质的影响,将挤压处理后大豆纤维分成水溶性和非水溶性两部分进行研究。因为原豆渣中的水溶性成分很少(23 g/kg),故不予讨论。

很显然,不同溶解状态的纤维添加后,对面粉粉质的影响是完全不同的(表 3)。

表 3 不同溶解状态膳食纤维添加对特二粉粉质曲线的影响

添加量 (%)	溶解性	吸水率 (%)	面团形成时间 (min)	面团稳定性 (min)	评价值	衰落值 (BU)
0		57.3	2.0	3.8	41	120
3	不溶	61.0	2.8	3.5	50	100
	溶	56.2	3.0	4.5	47	110
6	不溶	64.2	2.0	7.0	50	65
	溶	56.1	3.5	3.1	47	110
9	不溶	67.2	5.0	8.0	60	70
	溶	56.0	4.5	3.0	52	140

无锡特等二级粉替代百分率。

不溶性纤维使面粉的吸水能力增大而水溶性纤维的作用则相反,但几乎没有变化,与纯面粉相似。无论是水溶性纤维还是非水溶性纤维添加后,面团的形成时间均延长。随着添加量的增加,水溶性纤维对面团形成时间的影响呈上升趋势。但添加 6% 的非水溶性纤维时,面团形成时间出现了低于 3% 和 9% 添加量时的情形,而与面粉相同。

非水溶性纤维对面团稳定性的贡献随着添加量的增加而增大。然而,水溶性纤维对面团的稳定性产生负作用,该作用因添加量的增加而加剧。

非水溶性纤维和水溶性纤维对衰落值的影响方向相反。

#### 2.4 不同溶解状态膳食纤维添加对面团拉伸曲线的影响

表 4 说明,水溶性纤维使面团的粉力有大幅度的提高,对延伸性的影响也呈正效应。而非水溶性纤维使面团的延伸性减弱。

表 4 不同溶解状态膳食纤维添加对面团拉伸曲线的影响

添加量 (%)	溶解性	45 min 保温				90 min 保温				135 min 保温			
		粉力 (cm <sup>2</sup> )	抗拉阻力 (BU)	延伸性 (cm)	拉力比数	粉力 (cm <sup>2</sup> )	抗拉阻力 (BU)	延伸性 (cm)	拉力比数	粉力 (cm <sup>2</sup> )	抗拉阻力 (BU)	延伸性 (cm)	拉力比数
0		82.5	260	16.2	16.0	116.0	360	16.7	21.6	126.0	460	16.0	28.8
3	不溶	65.1	310	13.3	23.3	95.5	425	14.5	29.3	119.1	490	14.9	32.9
	溶	131.5	395	19.0	20.8	140.9	470	17.4	27.0	144.5	500	17.4	28.7
6	不溶	70.5	380	12.5	30.4	88.0	560	10.5	53.3	89.8	590	10.0	59.0
	溶	130.0	380	18.5	20.5	142.3	560	16.5	33.4	137.2	740	14.6	50.7
9	不溶	86.0	400	11.0	36.4	80.9	625	9.5	65.8	88.1	610	8.5	71.8
	溶	168.4	470	21.8	21.6	150.5	720	14.6	49.3	140.0	760	14.5	52.4

无锡特等二级粉替代百分率。

对面团抗拉阻力的影响,两种溶解状态纤维的作用是相同的,都呈上升趋势,只是水溶性纤维的作用更加显著。

长时间(90 min 和 135 min)保温后,纤维的作用减弱。

### 3 讨 论

面粉中主要成分为蛋白质和淀粉,而面筋蛋白质特殊的功能性质又决定了面粉在加水后的性质。对面粉和面团拉伸性质的测定,实际上主要是对面粉综合品质的评价。

纤维主要是碳水化合物构成的,碳水化合物中暴露的游离羟基与水的作用不同于蛋白质与水的作用,从而在添加纤维后面团性质会发生改变。

由实验结果可以看出,各种不同纤维添加后,面团表现出的流变学特性(主要是粘弹性)各不相同。因为未挤压处理的豆渣除了在豆腐加工过程中的磨浆工序受到机械作用外,基本上没有其他变化发生。而挤压是一个高温、高压和高剪切的加工过程,因而豆渣内组分会发生很多变化。

纤维高分子因机械作用而降解,使大分子部分地变成小分子,从而使水溶性的组分增多<sup>[5]</sup>。纤维素分子的规则排列使该组分构成的结晶区具有非常紧密的结构,虽然高压挤出时压力会急剧下降,但纤维本身在机筒内并不象其它生物多聚体那样呈熔融状态而包裹气体。因此,压降并不会产生膨爆的效应而使纤维的结构松散。事实上,挤压后纤维产品的密度较挤压前大得多。挤压后纤维持水能力大大降低,挤压前后豆渣的持水力分别为 6.3 g/g

和 3.4g/g. Bushuk<sup>[6]</sup>研究表明,颗粒淀粉的持水力为0.44g/g,损伤淀粉的持水力为2.0g/g,蛋白质的持水力为2.2g/g,戊聚糖的持水力为15g/g.可以看出,尽管受到挤压影响,纤维的吸水力仍然高于面粉,所以添加部分纤维后,面粉的吸水性会提高.挤压后非水溶性部分的密度变大,且转化程度越大,这种现象越严重.因此,与未挤压的纤维相比,挤压纤维的添加量越大,水溶性的转化程度越高,则面团的吸水性越小.

豆渣中的蛋白质也因挤压作用而发生严重的变性,持水能力和分散能力减弱或丧失.

面团形成时间与面粉的吸水速度有关.面粉吸水速度快则面团的形成时间短;反之,如果面粉的吸水速度慢,则面团的形成时间相应就长.比面粉持水力强的添加剂是面筋的竞争吸水剂.因此,添加纤维后,面筋的吸水速度减慢,待纤维吸水达到饱和后,面筋的吸水才不会受到影响.因而,纤维添加使面团形成时间延长,且添加量与形成时间的延长成正比.同样,面筋蛋白和纤维之间存在的对水竞争性吸收,只有在达到一个动态平衡后,面团的稠度才不会再变化,达到这一平衡所需要的时间在面粉粉质曲线上就是面团形成时间的反映.添加量大时,纤维吸水量多,达到平衡所需的时间就长.

添加非水溶性纤维和原豆渣使面团稳定性提高的原因,可能与纤维的高分子性质有关.因为纤维吸水后有很高的稠度,而该稠度受机械剪切的影响小.

粉力是抗拉阻力和延伸性的综合评价.添加纤维使面团的粉力降低(表2),这是因为,纤维对面筋和淀粉而言,都是“异物”,它们之间并不能形成有机的结合.所以,纤维使面粉品质“恶化”.但是,据报道,水溶性纤维实际上主要是胶类(大豆皮壳中含有大量的果胶)和具有很强的成胶能力的戊聚糖,与非水溶性纤维相比,它虽然不能形成面筋那样的强弹性体,但它能对淀粉产生连续的联结作用,而淀粉颗粒内部储存的潜能对面团的弹性也是有贡献的.再者,胶粒在面团中填充于面筋网络内<sup>[7]</sup>,使面团结构更加紧密,同时,较高的持水力使胶粒本身也表现出较强的弹性性质.戊聚糖分子中的阿魏酸的活性双键可与蛋白质结合成更大分子的网<sup>[8,9]</sup>.更大的分子网络与淀粉部分会发生更多的联系<sup>[10]</sup>.非水溶性纤维则是面团形成“间断点”.因此,水溶性纤维的添加使面团的抗拉阻力和延伸性都得到改良(表2至表4).不溶性纤维对抗拉阻力的贡献可能是纤维分子嵌入面筋网络内形成了类似于“链条”的结构产生的.该“链条”纤维分子中的羟基与淀粉和面筋蛋白分子中的羟基或电负性基团形成氢键缔合及分子间的范德华力作用.挤压后,因纤维分子“紧缩”,使“链条”变短或变紧密,从而使该作用小于挤压前的原豆渣.

## 4 结 论

膳食纤维替代部分面粉后,面团的流变学性质发生了较大的变化,这些变化是双向的.未处理的原豆渣使面团吸水率,面团形成时间,面团的稳定性(添加量小于6%时)以及抗拉阻力,都向正向改变,而使面团的粉力和延伸性下降.挤压处理后,豆渣的吸水率较处理前小,但仍能使面粉吸水率增大.在抗拉阻力,延伸性和综合粉力中起重要作用的是水溶性的纤维.其作用机理与胶体性质有关.不溶性挤压纤维能大大提高面团的稳定性.导致这一结果的原因是其亲水大分子性质和晶体的稳定性.

## 参 考 文 献

- 1 Duxbury D D. Food Proc. 1991,(5):136
- 2 フードケミカル,1988,4(9):23
- 3 ICC,No 115
- 4 ICC,No 114
- 5 钱建亚等. 食品与发酵工业,1995,(6):24
- 6 Bushuk W. Bakers Digest, 1966,40(5):38
- 7 许时婴等. 食品与发酵工业,1989,5:41
- 8 Hosoney R C, et al. Cereal Chem. 1981,58:421
- 9 Fry S C. Ann Rev Plant Physiol, 1986,37:165
- 10 Kim S K, et al. Cereal Chem. 1977,54:225

## Effect of Soy Fibre on the Rheological Properties of Dough

Qian Jianya Ding Xiaoling

(School of Food Science & Technology)

**Abstract** Soybean curd byproduct *Douzha* (soy fibre) was used to substitute part of wheat flour. The effect of dietary fibre on dough rheological properties was investigated.

**Subject-words** Soybean: Extrusion: Rheological property / Dietary fibre: Dough