

# 温度和水分 对 大豆组织蛋白营养成分的影响

(浙江大学食品科学系, 杭州 310029)

侯建设<sup>1</sup> 席屿芳<sup>3</sup>

(中国人民解放军军需大学, 长春 130062)

梁 歧<sup>2</sup>

**摘要** 研究了温度和水分对组织蛋白产品营养成分破坏程度的影响。结果表明, 温度和水分在粗蛋白和粗脂肪水平上对产品的蛋白质和脂肪无显著影响, 但在氨基酸和脂肪酸水平上影响显著。随加工温度升高, 产品的赖氨酸及总氨基酸含量迅速下降, 并伴随颜色变褐、深褐色和含氮量的上升, 表明高温促进了氨基酸破坏的反应。料水比为 20:13, 加工温度为 190℃ 时得到的产品不褐变, 氨基酸和脂肪酸损失少, 最大限度地保留了原料的蛋白质和脂肪。

**关键词** 组织蛋白 温度 水分 氨基酸 脂肪酸

**Abstract** The effects of temperature and water content on the destruction of nutrition in texturized soybean protein products are studied. Results show temperature and water content had no significant effect on both protein and fat content, but affected their compositions significantly. With the processing temperature increasing, both the lysine and the total amino acid content of the products decreased quickly and the color of them became brown and dark brown and the ammonia level in products rose, indicating higher temperature quickened these reactions, causing the loss of amino acids. The product produced in the conditions of the ratio of material to water = 20:13 and with 190℃ as processing temperature mostly retain the level of protein and fat in material, with minimal loss of amino acids and fatty acids and without browning.

**Key words** texturized protein; temperature; water; amino acids; fatty acids

中图分类号: TS201.2 文献标识码: A  
文章编号: 1002-0306 (2002) 06-0019-04

大豆蛋白的组成中 90% 是球蛋白<sup>[1]</sup>, 直接使用这种球状蛋白会因为产品强度低、缺乏应有的组织结构, 使产品的感官质量很难达到要求<sup>[2]</sup>。大豆蛋白原料经挤压组织化加工处理, 球状蛋白充分伸展并在

强力、高热和高压作用下发生定向排列, 形成一种类似动物肌肉所特有的纤维结构, 复水后具有一定强度、弹性和质构力<sup>[3]</sup>。在大豆蛋白原料加工成组织蛋白产品的过程中, 要求最大限度地保留其营养成分<sup>[4]</sup>。本实验研究了以冷榨豆饼为原料, 在小型单螺杆挤压机上加工组织蛋白产品时, 加工温度和水分对产品蛋白质和油脂的影响, 为优化组织蛋白加工工艺提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 黄豆、豆饼及组织蛋白产品的制备

大豆为东北黄豆, 含水 8.9%, 蛋白质 36.7% (干基), 脂肪 19.9% (干基), 灰分 4.83% (干基), 由中国人民解放军军需大学农副业生产系提供。黄豆经清洗、脱皮后, 在 95 型榨油机上榨油三遍, 得到三次榨豆饼, 粉碎成 80 目的豆饼粉 (氮溶指数 44.7%), 然后于和面机中与水以一定比例拌匀, 在不同加工温度下, 于 FM-70 型挤压机上加工成组织蛋白产品。

### 1.2 实验设计

豆饼粉和水分的重量比例设三个水平, 即料水比为 20:11、20:13 和 20:15。加工温度设五个水平, 即 170、180、190、200、210℃, 因此共计 15 个处理组合。

### 1.3 测定方法

蛋白质 GB9823-88, 常量凯氏定氮法;

脂肪 GB5512-85, 索氏抽提法;

氨基酸 样品经 6N 盐酸水解后, 在日立 835-50 型氨基酸分析仪上测定;

脂肪酸 样品脂肪酸甲酯化处理后, 在气相色谱仪上测定脂肪酸相对含量。样品甲酯化处理过程为称量 0.5g 样品放入试管中, 加入 5ml 甲醇溶液反应 0.5~1h, 加入 5~6 滴 10% 醋酸溶液, 加入 0.5ml 正庚烷萃取。气相色谱条件为不锈钢柱 3.2×1mm, 柱材

收稿日期: 2002-03-25

作者简介: 侯建设 (1971-), 男, 助理研究员, 研究方向: 农产品贮藏加工及特种食品研制。

料:上分 101 白色担体 80~100 目;固定液:DEGS 5%;柱温:180℃;检测器温度:240℃;进样口温度:240℃;载气流速:氮气 50ml/min;助燃气流速:空气 500 ml/min;燃气:氢气 60ml/min;

水分 GB5497-85,105℃恒重法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 温度和水分对产品粗蛋白含量的影响

表 1 不同温度和水分的产品粗蛋白含量 (%)

料水比	温度(℃)				
	170	180	190	200	210
20:11	48.2	48.5	47.7	48	47.7
20:13	48.5	48.5	48.4	48.4	46.5
20:15	48	48	47.9	47.8	47.6

表 2 不同产品蛋白质含量方差分析

差异来源	平方和	自由度	均方	均方比	F <sub>α</sub>
温度	1.84266	4	0.46	2.176	F <sub>0.05</sub> (4,8)≥3.38
料水比	0.13333	2	0.067	0.315	F <sub>0.05</sub> (2,8)≥4.46
误差	1.69334	8	0.2117		

由表 1、表 2 可知,不同加工条件下的组织蛋白产品粗蛋白含量都接近原料(三次榨豆饼)的含量(48.7%干基),彼此间无显著差异,这表明在粗蛋白含量水平上不同温度和水分对产品的蛋白质影响不大。

### 2.2 加工温度对成型产品赖氨酸含量及色泽的影响

表 3 料水比=20:13,不同温度下成型产品的色泽和赖氨酸含量

样品编号	加工温度(℃)	色泽	赖氨酸含量(mg/g)	赖氨酸保留率(%)
1	190	亮黄色	28.85	97.5
2	200	褐色	26.77	90.4
3	210	红褐色	25.11	84.8

由表 3 可知,1 号产品保留了原料赖氨酸含量的 97.5%,随加工温度的升高,产品的赖氨酸含量明显

表 4 黄豆、三次榨豆饼及 20:13 料水比的成型产品的氨基酸含量

氨基酸	黄豆	三次榨豆饼	190℃产品	200℃产品	210℃产品
Asp	44.15	58.54	57.02	55.89	54.42
Thr	15.28	22.45	20.01	20.53	19.97
Ser	19.96	27.22	26.7	27.02	26.86
Glu	77.64	103.41	106.93	93.62	100.84
Gly	16.49	21.57	21.36	21.48	21.05
Ala	16.56	21.87	20.93	20.69	20.17
Met+Cys	6.00	5.43	4.71	2.20	6.17
Val	15.75	20.29	21.46	19.62	15.96
Lle	15.64	20.53	19.75	19.73	18.06
Leu	28.29	37.18	37.04	37.97	36.15
Tyr	11.91	17.04	16.04	16.94	16.34
Phe	18.39	24.02	25.27	25.24	23.69
Lys	22.91	29.6	28.85	26.77	25.11
His	9.40	12.47	13.03	13.22	12.29
Arg	29.55	39.2	37.24	37.68	36.08
Pro	19.14	25.33	25.22	24.66	26.24
总氨基酸(mg/g)	367.06	486.15	481.56	464.26	459.4
氮含量(mg/g)	2.66	2.69	2.60	14.74	19.6

下降,200℃和 210℃下的产品赖氨酸含量分别比 190℃下的产品降低了 2.08 和 3.74mg/g,这表明高温下加工,原料的赖氨酸损失增大。据 Bjork 报道,挤压加工的强化蛋白质饼干所保留赖氨酸的多少,很大程度上取决于加工温度和水分,13%水分条件下,170℃时赖氨酸损失 13%,210℃时损失达 37%<sup>[5]</sup>。本实验结果与 Bjork 的基本一致。此外,随加工温度的升高,产品色泽加深,由黄色变为褐色、深褐色。食品热加工中,美拉德反应导致食品非酶褐变。由于赖氨酸的 ε-氨基非常活泼,所以该反应容易造成赖氨酸损失。挤压混有蔗糖的谷物混合物引起赖氨酸损失增加,原因是蔗糖热加工中水解为还原糖而发生了美拉德反应<sup>[5]</sup>。大豆组织蛋白的原料含有蔗糖,因此在热塑挤压过程中发生美拉德反应,导致产品褐变和赖氨酸损失的增加。温度对美拉德反应的影响很大,加热可大大加快反应速度<sup>[6]</sup>,因此 210℃的产品赖氨酸含量低于 200℃的产品,而前者的褐变程度高于后者。1 号产品色泽亮黄、赖氨酸保留率高,表明 190℃条件下没发生美拉德反应或反应程度极低,赖氨酸的少量损失可能是其它反应(如脱氨基)造成的。在加工组织蛋白试验中,观察到 190℃,20:13 料水比时走料速度特别快,即原料在高温挤压环境中经历的时间短,也是化学反应程度低、赖氨酸损失少的原因之一。

### 2.3 加工温度对成型产品总氨基酸含量和氮含量的影响

190℃条件下产品的各氨基酸及总氨基酸含量接近原料(三次榨豆饼)的含量,损失很少(仅 0.94%),随加工温度的升高,各氨基酸的含量总体上呈下降趋势,总氨基酸含量损失增加,特别是从 190℃到 200℃总氨基酸含量降低最快,200℃和 210℃条件下的产品总氨基酸损失分别为 4.5%和 5.5%(表 4,图

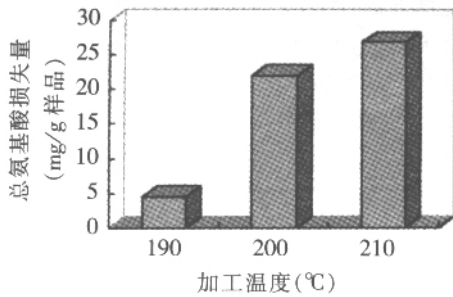


图1 不同加工温度下产品的总氨基酸损失量

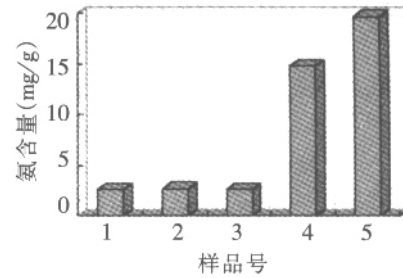


图2 各样品的含氮量

1: 黄豆; 2: 三次榨豆饼; 3: 190°C产品; 4: 200°C产品; 5: 210°C产品

1) 黄豆和豆饼氮含量约 2.6mg/g, 这可能是样品分析前处理时酰氨基脱落形成的氮。190°C产品的氨基酸含量与原料的近似, 但随加工温度的升高, 产品的氮含量迅速增加, 特别是从 190°C到 200°C, 氮含量上升最快(图 2)。在剧烈的加工条件下, 食物氨基酸含量的改变, 主要是由于脱氨基、脱硫、异构化作用以及美拉德反应引起的<sup>[5]</sup>。本试验中随加工温度升高, 产品氨基酸含量的明显下降伴随氮含量的迅速上升, 表明过高(≥200°C)温度, 促进了脱氨基等反应, 导致原料中氨基酸在加工中的破坏增加。粗蛋白含量的测定是以样品中氮含量为基础的, 所以即使氨基酸遭受显著破坏, 只要氮含量无明显变化, 那么测得的粗蛋白含量也变化很小, 这正是不同温度和入料水分对产品的蛋白质含量影响不显著的原因。因此评价温度和水分对蛋白质营养素保留量的影响, 应从氨基酸水平上分析。

#### 2.4 温度和水分对产品粗脂肪含量的影响

不同加工条件下的组织蛋白产品粗脂肪含量都接近原料(三次榨豆饼)的含量(7%干基), 彼此间无显著差异(表 5, 表 6), 这表明不同温度和水分对产品粗脂肪含量影响不大。

#### 2.5 温度和水分对产品脂肪酸相对含量的影响

表 7 和表 8 表明, 加工温度和水分对产品棕榈酸和亚麻酸相对含量均有显著影响, 对硬脂酸和油

表 5 不同温度和水分的产品粗脂肪含量(干基%)

料水比	温度(°C)				
	170	180	190	200	210
20:11	6.9	6.8	6.86	6.8	6.7
20:13	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6
20:15	7.0	6.7	6.8	6.4	6.0

表 6 不同加工条件下产品粗脂肪含量方差分析

差异来源	平方和	自由度	均方	均方比	F <sub>α</sub>
温度	0.4305	4	0.1076	1.989	F <sub>0.05(4, 8)</sub> =3.84
料水比	0.2074	2	0.1037	1.917	F <sub>0.05(2, 8)</sub> =4.46
误差	0.4328	8	0.0541		

酸的相对含量影响不显著; 温度和水分分别显著和极显著地影响油酸相对含量。

油酸相对含量先随加工温度升高而下降, 200°C后又稍微回升; 棕榈酸相对含量在 170、180、200 和 210°C时, 无显著差异, 190°C时显著降低; 亚麻酸相对含量变化趋势与棕榈酸的基本相反, 190°C时相对含量最高(表 9)。

棕榈酸相对含量随入料水分增加而升高, 从料水比 20:11 到 20:13 变化显著; 油酸亦随入料水分增加而升高, 从料水比 20:13 到 20:15 变化显著; 而亚麻酸含量随入料水分增加而降低, 料水比 20:15 时显著低于其他水分水平(表 10)。

表 7 不同加工条件下产品脂肪酸相对含量

温度(°C)	料水比	脂肪酸(%)				
		棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
170	20:11	12.97	3.09	21.02	55.92	7.01
	20:13	12.99	3.18	20.17	56.07	7.06
	20:15	13.49	3.51	22.15	54.14	6.71
180	20:11	13.21	3.10	20.61	55.83	7.26
	20:13	13.16	3.24	20.53	56.31	6.76
	20:15	13.32	3.28	21.37	55.23	6.81
190	20:11	12.26	3.08	19.74	55.93	8.99
	20:13	12.61	4.03	20.57	54.91	7.88
	20:15	12.86	3.33	20.49	56.03	7.29
200	20:11	12.60	3.26	20.16	56.56	7.43
	20:13	13.57	3.43	20.35	55.39	7.25
	20:15	13.55	3.62	21.15	55.04	6.64
210	20:11	12.83	3.21	20.27	56.39	7.29
	20:13	12.87	3.51	20.31	55.92	7.38
	20:15	13.31	3.59	21.17	55.17	6.76

表8 不同加工条件下产品脂肪酸相对含量方差分析

脂肪酸	差异来源	平方和	自由度	均方比
棕榈酸	温度	0.6947	4	4.655*
	料水比	0.5159	2	6.6309*
	误差	0.3112	8	
硬脂酸	温度	0.3954	4	0.8889
	料水比	0.8784	2	3.943
	误差	0.8897	8	
油酸	温度	0.8041	4	5.1715*
	料水比	1.1780	2	15.1519**
	误差	0.3110	8	
亚油酸	温度	0.1245	4	0.2433
	料水比	0.8693	2	3.3979
	误差	1.0234	8	
亚麻酸	温度	3.1490	4	6.76*
	料水比	1.7120	2	7.325*
	误差	0.9314	8	

\*表示差异显著  $F_{0.05}(4, 8) = 3.84$ ,  $F_{0.05}(2, 8) = 3.84$ 

\*\*表示差异极显著

表9 不同加工温度条件下产品的棕榈酸、油酸和亚麻酸相对含量(%)

温度(℃)	脂肪酸(%)		
	棕榈酸	油酸	亚麻酸
170	13.1493a	21.2972a	6.9251b
180	13.2294a	20.8361ab	6.9411b
190	12.5763b	20.2686b	8.0545a
200	13.2408a	20.5541b	7.1076b
210	13.0030a	20.5834ab	7.1456b

注:标有相同字母表示差异不显著(0.05)

表10 不同水分条件下产品的棕榈酸、油酸和亚麻酸相对含量

料水比	脂肪酸(%)		
	棕榈酸	油酸	亚麻酸
20:11	12.7734b	20.3595b	7.5956a
20:13	13.0408a	20.4455b	7.2698a
20:15	12.3050a	21.2665a	6.8427b

注:标有相同字母表示差异不显著(0.05)

脂肪酸相对含量随加工条件的变化是由于不同脂肪酸的被破坏程度不同而引起的。一般来说,脂肪酸在高温下可发生多种化学分解反应,反应机理涉及氧化作用和顺反异构作用等<sup>[5]</sup>。无论是氧化反应还是顺反异构反应,脂肪酸必需有双键才能发生,因此可能是不饱和脂肪酸在加工中发生不同程度的化学反应导致各种脂肪酸的相对含量的变化。研究表明,脂肪酸的不饱和程度越高,越容易被氧化:花生四烯酸、亚麻酸、亚油酸和油酸的氧化反应速度比为40:20:10:1<sup>[6]</sup>。可见脂肪酸百分组成的变化主要由亚麻酸和亚油酸的氧化引起,脂肪酸因反应导致的损失程度取决于反应速率和时间。尽管高温能促进脂类氧化反应,但190℃条件下,走料迅速,即物料通过机筒时间短,因而受热时间短,反应程度低,亚麻酸等不饱和脂肪酸氧化破坏少,所以该温度下的产品亚麻

酸相对含量高,相应而言,油酸和棕榈酸百分比下降。随被挤压物料的水分活度增加及加工温度的升高,脂类氧化作用加快<sup>[5]</sup>,所以本实验中随水分含量增加,产品的亚麻酸相对含量显著下降,而棕榈酸和油酸含量相对上升。

用索氏抽提法测粗脂肪含量时,油脂的脂肪酸氧化或异构化产物可能也被乙醚溶出,从而导致不同加工条件对产品的油脂含量无显著影响。

膳食中油脂的重要营养价值是为人体提供必需脂肪酸。亚油酸和亚麻酸是人体必需脂肪酸,一旦缺乏会引发人体代谢失调、生命机理变异<sup>[7,8]</sup>,因此尽量减少必需脂肪酸的破坏是选择最佳工艺所考虑的。加工温度为190℃时,亚麻酸等不饱和脂肪酸损失少,而且加工速度快,因此190℃为最佳加工温度。产品亚油酸含量在料水比20:15时显著降低,而20:11料水比条件下的产品感官质量差,因此20:13料水比为最佳水分条件。此外在20:13料水比条件下,190℃时产品的美拉德反应、脱氨基等反应程度极低,从而产品的色泽不变褐,赖氨酸等氨基酸破坏很少,总氨基酸含量接近原料的含量,即最大限度地保留了蛋白质的营养价值。因此20:13料水比和190℃加工温度为最佳工艺条件。

### 3 结论

3.1 加工温度和水分条件显著影响蛋白质和脂肪营养素的破坏程度,这种效果难以从产品粗蛋白和粗脂肪含量变化上显示,而是在氨基酸和脂肪酸水平上表现出来。

3.2 190℃的加工温度和20:13的料水比可最大限度地降低原料加工过程中氨基酸和不饱和脂肪酸的破坏,使组织蛋白产品的氨基酸和脂肪酸水平与蛋白原料中的基本相等,因此为最佳工艺条件。

### 参考文献

- 1 Boulter, D. "Plant Proteins", ed. G. Norton. Butterworths, 1976: 13~14
- 2 Harper, J. W. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutri., 1979(11):155
- 3 陈莹.大豆与大豆蛋白制品.中国油脂,1994(5):7~13
- 4 李超.高变性大豆蛋白组织化原理及工艺.东北师范大学报(自然版),1982(4):41~51
- 5 王雪青.挤压热加工对食品营养成分的影响.食品研究与开发,1995(1):37
- 6 刘长江.食品加工与营养.长春:吉林科学技术出版社,1996.67
- 7 陈丙卿.营养与食品卫生学(第三版).北京:人民卫生出版社,1997.14
- 8 陶国琴,李晨.a-亚麻酸的保健功效及应用.食品科学,2002,21(12):140~143