

挤压膨化处理对亚麻籽粕理化性质的影响

李次力¹, 缪 铭^{1,2}

(1. 哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076 2. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘要: 利用DSE-25型双螺杆挤出机对亚麻籽粕进行挤压膨化质量研究。结果表明, 挤压膨化过程中亚麻籽粕的理化性质发生了改变。在高温、高压、高剪切力环境下, 蛋白质变性, 总膳食纤维部分降解, 有毒成分生氰糖苷被消除, 氨基酸和可溶性膳食纤维含量增加, 游离脂肪和水分含量减少, 淀粉发生糊化裂解, 组织结构疏松均匀, 水溶性指数升高, 吸水性指数下降。

关键词: 亚麻籽粕; 挤压膨化; 理化性质

Effect of Extrusion Processing on Physicochemical Characteristics of Flaxseed Meal

LI Ci-li¹, MIAO Ming^{1,2}

(1. College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China

2. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: The extrusion quality of flaxseed meal was studied with Brabender DSE-25 Twin-Screw Extruder. The results showed that physicochemical characteristics of flaxseed meal were changed during extrusion processing. Under the conditions of high temperature and high pressure and high shear force, proteins were denatured and total dietary fibers were broken down in part, while cyanogenic glucoside as one poisonous matter was removed. Meanwhile, the contents of amino acid and soluble dietary fiber were increased whereas fat and moisture were decreased. The starch was gelatinized and degraded, the texture became loose and homogenous. Meanwhile the water solubility increased and the water absorption level decreased.

Key words: flaxseed meal; extrusion; physicochemical characteristic

中图分类号: TS201.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)02-0105-04

亚麻籽(flaxseed或linseed)又称胡麻籽, 是亚麻科、亚麻属的一年生或多年生草本植物亚麻(植物学名为 *Linum usitatissimum* L.)的种子。它是世界十大油料作物之一, 居世界油料总产量的第七位。亚麻籽中富含 α -亚麻酸、植物胶、木酚素等多种功能活性成分^[1], 作为一种关键性的植物化合物来源出现在功能食品中。目前我国亚麻籽主要被用来榨油, 而亚麻籽饼粕没有被开发利用。

食品挤压膨化加工技术是集混合、搅拌、破碎、加热、蒸煮、杀菌、膨化及成型等为一体的高新技术^[2], 正广泛地应用于食品工业。利用食品挤压膨化加工技术对亚麻籽饼粕进行处理, 通过膨化处理, 物料主要组分发生了复杂理化反应, 使质构、组织和外观上都发生了很大的变化。本文探讨亚麻籽粕经过挤压膨化前后的营养成分变化情况, 为亚麻籽粕在食品中的广泛应用提供一定的理论依据和切实可行的实施途径。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

亚麻籽粕 黑龙江兰西县植物油厂。

DSE-25型双螺杆挤出机 德国Brabender公司; S-4700型扫描电子显微镜 日本Hitachi公司; 835-50型氨基酸自动分析仪 日本Hitachi公司。

1.2 方法

1.2.1 挤压工艺流程及参数

1.2.1.1 挤压工艺流程

原料过筛→调节水分→螺旋喂料→挤压膨化→取样→冷却→产品

1.2.1.2 挤压工作参数

物料含水量30%、加工温度80℃(喂料区)→90℃(混合区)→110℃(剪切区)→95℃(泻压区)、喂料速度20r/min、螺杆转速90r/min。

1.2.2 成分分析^[3-4]

收稿日期: 2006-08-01

基金项目: 黑龙江省科技攻关计划项目(GC05B409)

作者简介: 李次力(1963-), 男, 副教授, 研究方向为食品科学与工程。

蛋白质 AACC-46-15法 膳食纤维 AACC-32-07法; 脂肪 AACC-30-25法; 淀粉 AACC-76-11法; 水分 AACC-44-15法; 氨基酸 GB7649—87法; 生氰糖苷 苦味酸盐法。

1.2.3 显微结构分析^[5]

采用扫描电子显微镜对挤压膨化前后的亚麻籽粕进行结构分析。用导电双面胶将约0.1g样品固定在金属样品平台上,在真空中喷涂钨金后,置于电子扫描显微镜中以20kV电子束观察,拍摄有代表性的结构照片。

1.2.4 水溶性指数和吸水性指数分析

取样1.6~2.0g(干基 W_0),放入已知重量的离心管(W_1)中,加入25ml蒸馏水,振荡,直至物质被完全分散。30℃水浴中保持30min,间隔10min搅拌30s。4200r/min离心15min。将上清液倒入500ml烧杯(W_2)中,105℃烘至恒重(W_3),称离心管重(W_4)。

$$\text{水溶性指数} = (W_3 - W_2) / W_0 \times 100\%$$

$$\text{吸水指数} = (W_4 - W_1) / W_0 \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 挤压膨化对亚麻籽粕中主要成分的影响

通过1.2.1的挤压工艺流程和在相应的参数下对亚麻

表1 亚麻籽粕挤压膨化后理化性质的变化

Table 1 Physicochemical characteristics change of flaxseed meal after extruded

成分	对照	挤压后
蛋白质(N×6.25, %)	38.1	36.9
总膳食纤维(%)	44.7	34.2
可溶性膳食纤维(%)	7.1	12.6
脂肪(%)	0.9	0.8
碳水化合物(%)	8.3	8.1
水分(%)	1.6	0.9
生氰糖苷(以HCN计, mg/kg)	257.85	18.58
水溶性指数(%)	32.75	46.82
吸水性指数(%)	461.92	358.46

表2 亚麻籽粕挤压后氨基酸的组成变化

Table 2 Amino acid content changes of flaxseed meal after extruded

名称	对照		挤压后		名称	对照		挤压后	
	(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)
丙氨酸(Ala)	1.37	1.52	缬氨酸(Val)	1.69	1.82				
脯氨酸(Pro)	1.02	1.20	亮氨酸(Leu)	2.01	2.23				
甘氨酸(Gly)	1.69	1.75	必需 异亮氨酸(Ile)	1.68	1.85				
丝氨酸(Ser)	1.91	1.96	需 苯丙氨酸(Phe)	1.44	1.59				
酪氨酸(Tyr)	1.05	1.13	氨 色氨酸(Trp)	0.43	0.54				
天门冬氨酸(Asp)	2.45	2.62	基 蛋氨酸(Met)	0.51	0.42				
谷氨酸(Glu)	4.76	4.84	酸 苏氨酸(Thr)	1.18	1.28				
精氨酸(Arg)	2.89	2.60		赖氨酸(Lys)	1.17	0.87			
组氨酸(His)	0.68	0.76							
半胱氨酸(Cys)	0.61	0.50		氨基酸总量	28.54	29.48			

籽粕进行膨化处理,处理后主要成分变化结果见表1和表2。由表1和表2可以看出,亚麻籽粕在膨化处理后,其蛋白质、氨基酸、总膳食纤维、脂肪、水分、生氰糖苷等主要成分都发生变化,膨化处理后水溶性指数、吸水性指数也有很大的变化。

2.1.1 挤压膨化对亚麻籽粕中蛋白质和氨基酸的影响

亚麻籽粕中蛋白质占总重量的38.1%,这些蛋白质富含18种氨基酸,具有高支链氨基酸(BCAA: 缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸)、低芳香族氨基酸(AAA)和高的Fischer比率(BCAA/AAA),是优质的植物蛋白质。Dev等^[6]人研究发现亚麻籽蛋白质与大豆蛋白相比,具有高的BCAA和Fischer比率,这可为患有癌症、烧伤、外伤和肝炎等营养不良的病人提供能产生特殊生理功能的食品。从表1、2实验结果可知,挤压后亚麻籽粕的蛋白质含量比膨化前略有减少,氨基酸也有部分损失但氨基酸总量有所增加。因为高温、高压、高剪切作用使蛋白质的三级和四级结构的结合力变弱,蛋白质分子结构发生伸展、重组,分子表面的电荷重新分布趋向均匀化,分子间氢键、二硫键部分断裂,导致蛋白质不可逆变性,一部分蛋白质裂解为多肽和氨基酸,使蛋白质的消化率提高。一些氨基酸(如赖氨酸、蛋氨酸、精氨酸等)的减少,主要来源于美拉德反应,也与挤压加工条件有关。

2.1.2 挤压膨化对亚麻籽粕中膳食纤维的影响

亚麻籽粕中纤维素含量较高,总膳食纤维达44.7%左右,其中约7.1%为可溶膳食纤维。根据有关文献报道^[7-8],可溶膳食纤维的主要成分是亚麻胶,由酸性多糖和中性多糖组成,其中中性多糖为高度支化的阿拉伯木聚糖;酸性多糖含有鼠李糖、半乳糖、岩藻糖和半乳糖醛酸。另外亚麻籽纤维里富含一种活性物质——木酚素(开环异落叶松树脂酚SDG和乌台树脂酚MAT),在体内兼性需氧微生物的作用下可转化为哺乳动物木酚素。通过表1中亚麻籽粕在挤压前后的数据变化看出,在挤压后总膳食纤维的含量显著减少,可溶性膳食纤维含量增加。这主要是由于高温、高压、高剪切的综合作用使纤维分子间化学键裂解,导致分子的极性发生变化所致。挤压膨化时,物料内部过热状态的水分在瞬间气化蒸发,产生很大的膨化压力,这破坏了颗粒的外部状态和内部的分子结构,将部分不溶纤维断裂形成可溶性纤维,使总膳食纤维含量下降,使物料最终形成多孔状结构。

2.1.3 挤压膨化对亚麻籽粕中生氰糖苷的影响

由表1可以看出,经过挤压处理后,亚麻籽粕中的生氰糖苷含量由257.85mg/kg下降到18.58mg/kg,因此生氰糖苷可以较好的被脱除。因为亚麻籽粕中含有生

氰糖甙主要是 β -龙胆二糖丙酮氰醇、 β -龙胆二糖甲乙酮氰醇、亚麻苦苷、百脉根甙及生氰糖甙酶^[9]，在榨油时，亚麻籽中的这些有毒成分原封不动地残留在饼粕中。而生氰糖苷在机体内能通过 β -糖苷酶的酶解作用而释放氢氰酸(HCN)，再与含酶金属卟啉进行络合而产生强烈的抑制呼吸的作用，使机体发生中毒。由于这些毒素的存在使亚麻粕的应用受到很大限制，只能作为反刍动物的饲料原料。挤压处理具有高温、高压、短时强烈挤压、剪切处理和热处理的功能，不仅能保持物料的营养成分很少甚至不被破坏，且生氰糖苷的化学结构受到破坏失去毒性，并使其的含量降到安全标准，从而起到脱毒的作用。

2.1.4 挤压膨化对亚麻籽粕中脂肪的影响

亚麻籽粕经过挤压处理后的脂肪含量比膨化前有所减少。这是因为在挤压膨化过程中，脂肪发生部分水解生成单甘油和游离脂肪酸，这两种产物与直链淀粉、蛋白质形成了复合物，从而降低挤出物中游离脂肪的含量。而且脂肪对产物质构重组、成型、口感及形成风味物质具有很大的作用，它还能起到与水相似的熔融粘性效应使物料的输送变得容易。

2.1.5 挤压膨化对亚麻籽粕中其他成分的影响

亚麻籽粕经过挤压膨化后，水分含量减小，这是水分受热蒸发，而经挤压处理后原料易于较长时间的贮存。淀粉的含量降低，因为在高温、高压、高剪切力环境下，淀粉分子间的氢键断裂，淀粉发生糊化、降解，生成小分子量物质，糊精和还原糖显著增加。风味成分发生变化：部分香味物质随水蒸气挥发而被闪蒸，另一方面新风味物质由美拉德反应形成。大多数维生素受热不稳定，挤压处理一般对维生素影响较小。挤压过程中矿物质无大变化。

2.1.6 挤压膨化对亚麻籽粕水溶性指数和吸水性指数的影响

由表1可以看出，亚麻籽粕经过挤压膨化处理，并与未处理的相比较，可得出水溶性指数升高，吸水性指数下降的结论。这可能亚麻籽粕中的不溶纤维断裂发生结构变化形成孔状结构，其中不溶纤维断裂转变成可溶性纤维导致水溶性指数升高，同时产生松散无序的疏松结构就使吸水性指数下降，这也可从图1的扫描电镜照片来观察到这一变化。

2.2 挤压膨化对亚麻籽粕结构的影响

通过1.2.1的挤压工艺流程和在相应的参数下对亚麻籽粕(80目)进行膨化处理，处理前、后所得产物的微观结构变化如图1所示。

由图1(A)可以明显看出，未挤压亚麻籽粕呈紧密有序的结合态，且比较细碎、大小不均匀。图1(B)显示

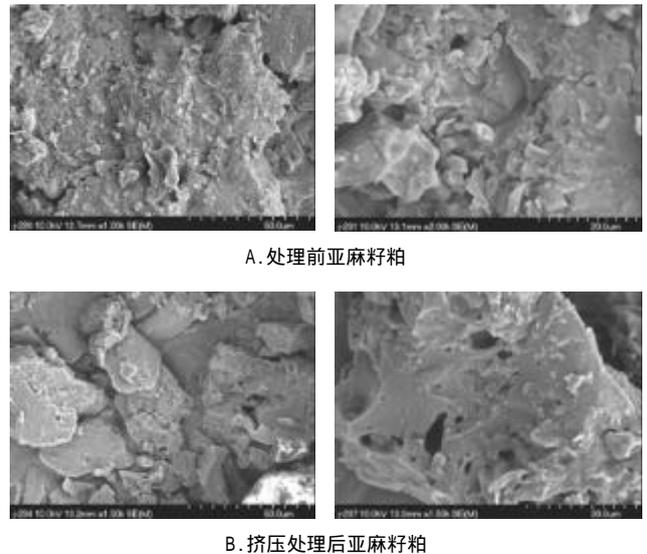


图1 处理后亚麻籽粕的结构变化

Fig.1 Texture changes of flaxseed meal after extruded

亚麻籽粕经过挤压处理以后，挤出物的表面形成了很多分布均匀、整齐的微孔、气室，而且在其周围形成了明显的丝状、纤维状，呈完整、连续的表面质构特征，具有孔状的纤维结构，以上变化是由于物料在套筒内被挤压、剪切作用和挤出物出模孔的瞬间压力骤降，物料中的水分迅速蒸发导致形成的。挤压膨化后亚麻籽粕呈松散无序的疏松结构，这种变化有利于酶的进一步作用，空间位阻减小，提高原料的利用程度。组织化后的亚麻籽粕分子内部，形成了较完整的定向排列结构，蛋白质和纤维构成了连续基质和“骨架”结构，碳水化合物则定向包埋于其中^[5]。

3 结论

亚麻籽含有多种的功能性成分，是二十一世纪最受欢迎的食品原料之一，在国外被称为天然的保健食品和食疗食品。采用DSE-25双螺杆挤出机对亚麻籽粕处理后，蛋白质发生重组、变性，氨基酸含量增加；总膳食纤维部分降解，可溶性膳食纤维含量增加；生氰糖苷含量大幅度降低；游离脂肪含量减少；碳水化合物和水分含量减少，美拉德反应产生风味物质，大多数维生素和矿物质等营养成分无大变化，水溶性指数升高，吸水性指数下降。此外，组织化形成了疏松均匀的结构和表面微孔，这有利于进一步消化、吸收和利用。研究表明，挤压膨化处理对于改善亚麻籽粕的食用品质及质构十分有益，依此可以生产亚麻籽功能食品的基础原料。

参考文献：

[1] OOMAH B D. Flaxseed as functional food source[J]. J Sci Agric, 2001, 81: 889-894.

绿豆酸奶发酵工艺的研究

刘爱萍¹, 陈尚武¹, 苗颖¹, 任发政^{1,2,*}

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 教育部-北京市功能乳品实验室, 北京 100083)

摘要: 本文研究了绿豆酸奶的发酵工艺。结果表明, 嗜热链球菌与植物乳杆菌可应用于绿豆酸奶的发酵, 采用正交试验, 确定绿豆酸奶的最佳发酵工艺为: 嗜热链球菌与植物乳杆菌比例为 2:1, 接种量为 3%, 发酵温度为 41℃, 发酵时间为 5h。

关键词: 绿豆; 酸奶; 嗜热链球菌; 植物乳杆菌

Study on Fermented Process of Mung Bean Yoghourt

LIU Ai-ping¹, CHEN Shang-wu¹, MIAO Ying¹, Ren Fa-zheng^{1,2,*}

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. Key Laboratory of Functional Dairy, Ministry of Education and Municipal Government of Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: The objective of the study was to optimize the fermented process for mung bean yoghurt. The results showed that *Str. salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lac. plantarum* was appropriate in fermentation use. The optimal parameters of the fermented process were: the ratio of *Str. salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lac. plantarum* 2:1, inoculation size dose 3% and fermentation time 5h at 41℃.

Key words: mung bean; yoghurt; *Str. salivarius* subsp. *thermophilus*; *Lac. plantarum*

中图分类号: TS252.54

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)02-0108-04

植物蛋白的利用是世界的一大热点, 植物性原料发酵食品的研究也一直是方兴未艾。绿豆是一种药食兼用的谷物, 具有清热、消暑、解毒、保肝和降低血脂、胆固醇, 软化血管等功效^[1]。绿豆是一种很好的植物蛋白质来源, 蛋白质含量高, 蛋白质的功效比(PER)是各种食用豆类中最高的, 且氨基酸种类丰富^[2-3]。我国是绿豆的原产国, 国内一些学者报道了绿豆在发酵食品中应用^[3-7]。本文将绿豆与牛乳相结合, 筛选适用于绿豆乳发酵的乳酸菌, 研究绿豆酸奶的发酵工艺, 制备的

绿豆酸奶富含植物蛋白与动物蛋白, 营养价值高, 有利于扩大市场上酸奶的品种, 同时为我国的绿豆产品深加工, 提高绿豆的附加值提供新途径。

1 材料与方法

1.1 材料

绿豆、白砂糖、全脂奶粉 市售产品; 唾液链球菌嗜热亚种(*Str. salivarius thermophilus*, STR)、植物乳杆菌(*Lac. plantarum*, LP) 中科院微生物研究所嗜酸

收稿日期: 2006-09-14

*通讯作者

基金项目: 国家教育部科技创新自选项目(GJSY10090401)

作者简介: 刘爱萍(1974-), 女, 博士研究生, 研究方向为乳品科学。

- [2] 高福成. 现代食品工程高新技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
[3] American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC, 10th[S]. The Association, St Paul, MN, 2000.
[4] HAQUE M R, BRADBURY J H. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods[J]. Food Chemistry, 2002, 77: 107-114.
[5] BATTERMANAZCONA S J, LAWTON J W, HAMAKER B R. Microstructural changes in zein proteins during extrusion[J]. Scanning, 1999, 21(3): 212-216.

- [6] DEV D K, OQUENSEL E. Functional and microstructural characteristics of linseed flour and a protein isolate[J]. Lebensmittelwiss u Technol, 1986, 19: 331-337.
[7] 陈海华, 许时婴, 王璋. 亚麻籽胶中酸性多糖和中性多糖的分离纯化[J]. 食品与发酵工业, 2004, 39(1): 96-100.
[8] JOHNSSONA P, et al. Polymeric fractions containing phenol glucosides in flaxseed[J]. Food Chem, 2002, 76: 207-212.
[9] WANASUNDARA J P D, et al. Removal of cyanogenic glycoside of flaxseed meal[J]. Food Chemistry, 1993(1): 263-266.

挤压膨化处理对亚麻籽粕理化性质的影响

作者: 李次力, 缪铭, [LI Ci-li](#), [MIAO Ming](#)

作者单位: 李次力, [LI Ci-li](#) (哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江, 哈尔滨, 150076), 缪铭, [MIAO Ming](#) (哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江, 哈尔滨, 150076; 江南大学食品学院, 江苏, 无锡, 214036)

刊名: 食品科学 [ISTIC](#) [PKU](#)

英文刊名: [FOOD SCIENCE](#)

年, 卷(期): 2007, 28(2)

被引用次数: 1次

参考文献(9条)

1. [WANASUNDARA J P D](#) [Removal of cyanogenic glycoside of flaxseed meal](#) 1993(01)
2. [JOHNSSONA P](#) [Polymeric fractions containing phenol glucosides in flaxseed](#) 2002
3. 陈海华; 许时婴; 王璋 [亚麻籽胶中酸性多糖和中性多糖的分离纯化](#) [期刊论文]-[食品与发酵工业](#) 2004(01)
4. [DEV D K](#); [QQUNSEL E](#) [Functional and microstructural characteristics of linseed flour and a protein isolate](#) 1986
5. [BATTERMANAZCONA S J](#); [LAWTON J W](#); [HAMAKER B R](#) [Microstructural changes in zein proteins during extrusion](#) 1999(03)
6. [HAQUE M R](#); [BRADBURY J H](#) [Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods](#) 2002
7. [American Association of Cereal Chemists](#) [Approved methods of the AACC](#) 2000
8. 高福成 [现代食品工程高新技术](#) 2000
9. [OOMAH B D](#) [Flaxseed as functional food source](#) [外文期刊] 2001(9)

引证文献(2条)

1. 韩永斌, 刘桂玲, 史晓媛, 刘娟, 李冰冰, 顾振新 [挤压膨化对发芽糙米理化性质的影响](#) [期刊论文]-[中国粮油学报](#) 2010(12)
2. 韩永斌, 刘桂玲, 史晓媛, 刘娟, 李冰冰, 顾振新 [挤压膨化对发芽糙米理化性质的影响](#) [期刊论文]-[中国粮油学报](#) 2010(12)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_spkx200702024.aspx