

分类号

T521X⁵³
93020

密级

硕士学位论文

题目：饲用全脂大豆的挤压与烘烤研究

英文并列题目：The Studies on Extrusion and
Roasting of Full-Fat Soy- -bean for

研究生：孙定红 专业：粮食工程

研究方向：饲料资源开发和应用

导师：钟丽玉副教授

学位授予日期：1993 年 12 月

无锡轻工业学院

地址：无锡市青山湾

93 年 月 日

摘 要

本文研究了全脂大豆的挤压与烘烤的工艺条件及尿酶(UA)、有效赖氨酸(ALYS)、氮溶解指数(NSI)等反映全脂大豆营养特性的各参数随工艺条件而变化的规律,深入探讨了全脂大豆挤压过程中组织结构及理化特性的变化。

全脂大豆挤压过程中随着挤压温度的升高,UA、ALYS、NSI呈线性下降规律;水分提高,有利于尿酶失活,而ALYS的损失增大,蛋白质变性程度增大,适当的转速对于尿酶的失活是必要的。通过响应面分析确定全脂大豆挤压的最佳工艺条件为:转速70rpm,挤压温度150-155℃,原料水分15-18%。全脂大豆挤压后,油脂与蛋白质分离,而糊粉粒保持完好,具有良好贮藏稳定性和饲用特性。挤压过程中,发生了明显的二硫键交换反应,维持蛋白质空间构象的作用力主要是氢键,疏水键及二硫键。

烘烤过程中,一定温度下,ALYS及NSI随烘烤时间的延长而线性下降,而尿酶在120℃以内的温度下失活缓慢。水分的提高不利于尿酶失活,使ALYS损失增大。通过正交试验确定烘烤的最佳工艺条件为烘烤温度130℃,时间40分钟。

通过添加全脂大豆与豆粕加油脂饲料的肉鸡对比饲料试验,证明全脂大豆具有比豆粕加油籽更好的饲用效果,经济效益明显。

关键词: 全脂大豆 挤压 烘烤
尿酶 有效赖氨酸 氮溶解指数

Abstract

Process conditions of full-fat soybean (FFS)'s extrusion and roasting and the regularities of urease activity (UA), available lysine (Alys), nitrogen soluble index (NSI) as FFS' nutrient parameters changing with the process conditions were studied in this paper. The texture and physicochemical properties were discussed in detail in the process of FFS' s extrusion.

In the process of extrusion, UA and Alys and NSI decreased in linear with rising of extrusion temperature. UA lowered with increase of soybean's moisture content, while Alys lowerwd. Moderate screw rotating speed was necessary for effective process. The optimum conditions were determined by RSA, which were screw rotating speed: 70rpm, extrusion temp: 150-155°C. FFS' moisture: 15-18%. After extrusion, oils and proteins were seperated, while aleurone grain of soybean kept well, so the extrudate, would posses good storage stability and feeding property. Double sulfur bonds exchanged in the process and protein conformation was compesed of hydrophobic bonds, hydrogen bonds and double sulfur bonds.

In the process of roasting of FFS Alys and NSI decreased slowly when roasting temperature was less than 120°C. Elevated moisture content was not beneficial for urease inactivation. 130°C of roasting temp. and 40min of roasting time were optimal coditions for FFS' s roasting.

The paralled tests were made by feeding chicks with processed FFS and defatted soybean meal adding oils. It was found that the effect of FFS was superior to soybean meal woth oils. It was practical in economics by checking FFS process cost.

Key words: full-fat soybean (FFS) extrusion roasting
ureasse activity (UA), available lysine (Alys),
nitroyen soluble index (NSI)

无锡轻工业学院研究生论文纸

目 录

| | | |
|-------|------------------------|----|
| 一. | 前言 | 1 |
| 二. | 全脂大豆的挤压 | 6 |
| 1. | 引言 | 6 |
| 2. | 实验材料与方法 | 6 |
| 2.1 | 实验原料 | 6 |
| 2.2 | 常规分析方法 | 6 |
| 2.3 | 挤压机简介 | 8 |
| 2.4 | 仪器与试剂 | 9 |
| 3. | 单因素实验结果与讨论 | 10 |
| 3.1 | 挤压温度对UA、Alys、NSI的影响 | 10 |
| 3.2 | 挤压原料水分对UA、Alys、NSI的影响 | 12 |
| 3.3 | 挤压机螺杆转速对UA、Alys、NSI的影响 | 14 |
| 3.4 | 其它因素对挤压效果的影响 | 16 |
| 4. | 挤压实验的响应面分析结果与讨论 | 17 |
| 5. | 挤压全脂大豆组织结构及理化特性的研究 | 21 |
| 5.1 | 挤压全脂大豆组织结构的研究 | 21 |
| 5.2 | 挤压全脂大豆理化特性的研究 | 26 |
| 5.2.1 | 蛋白质空间构象及变性理论 | 25 |
| 5.2.2 | 差示扫描量热分析 | 26 |
| 5.2.3 | 蛋白质溶出率实验与结果分析 | 26 |
| 5.2.4 | 蛋白质分子量分布的变化 | 30 |
| 5.2.5 | AA组成的变化 | 32 |
| 6. | 小结 | 33 |
| 三. | 全脂大豆的烘烤 | 34 |
| 1. | 引言 | 34 |
| 2. | 实验材料与方法 | 34 |
| 2.1 | 实验原料 | 34 |
| 2.2 | 常规分析方法 | 34 |
| 2.3 | 实验仪器与设备 | 34 |

无锡轻工业学院研究生论文纸

| | | |
|-----|--------------------------|----|
| 2.4 | 实验方法与步骤 | 35 |
| 3. | 实验结果与分析 | 35 |
| 3.1 | 烘烤温度和时间对UA、Alys、NSI的影响 | 35 |
| 3.2 | 原料水分和烘烤时间对UA、Alys、NSI的影响 | 37 |
| 3.3 | 原料粒度、脂肪等对烘烤效果的影响 | 39 |
| 3.4 | 烘烤全脂大豆的正交实验结果与分析 | 39 |
| 3.5 | 小结 | 42 |
| 四. | 不同加互互艺效果的比较 | 43 |
| 五. | 全脂大豆的仔鸡饲养试养结果与加互成本核算 | 44 |
| 六. | 存在问题与展望 | 49 |
| 七. | 结论 | 51 |
| 八. | 参考文献 | 53 |
| 九. | 致谢 | 56 |

无锡轻工业学院研究生论文集

前 言

大豆原产于我国，至今已有五千年的栽培历史。1990年全国总产量约为一千二百万吨，占世界总产量的十分之一，居世界第三位^[1]。大豆中含有35%--40%的蛋白质，16%--20%的粗脂肪^[2]。既是一种丰富的蛋白质资源，又是一种高代谢能值的饲料添加剂资源^[3]。全脂大豆与其它蛋白质物质相比如蛋、奶酪等，蛋白质含量要高得多。如表1，而粗纤维水平则在禾谷类、豆类中居中等。用离体法测定的消化能(猪)值为3.05±0.21兆卡/千克，用排空强饲法测定代谢能(鸡)值为3.05±0.21兆卡/千克，分别比玉米高18%和8%。由此可见，大豆不仅是一种蛋白饲料，同时在调配肉鸡料或仔猪料时也是一种高能饲料^[1]。其AA组成也属上品。与WHO建议表相比较，各种AA配比较为平衡，见表2。特别是赖氨酸含量约2.5%左右，在豆类中居首位，与lys含量较低的禾谷类搭配可引起互补作用。

表1. 全脂大豆和其它食物的蛋白质含量^[4]。

| 名称 | 全脂大豆粉 | 全鸡蛋 | 干酪 | 瘦牛肉 | 鱼 |
|-----|-------|-----|----|-----|----|
| 含量% | 40 | 12 | 25 | 22 | 20 |

在我国，大豆除直接用于食品制造外，饲料工业上，主要是利用大豆取油后的“副产品”--大豆饼(粕)。而近年来，饲养业发展迅速，肉用动物如肉鸡、肉猪、肉鸭等的产量不断上升，这些动物的饲料要求较高的能量水平。例如肉鸡0-4周龄饲料的代谢能要求为12.14MJ/Kg，若要肉鸡达到最大生长速度，饲料代谢能值最好在12.56MJ/Kg以上^[6]。这就使得仅用普通饲料难以满足要求，往往需要添加油脂。但油脂价格较高，饲料厂增加一套油脂添加设备需数万元，而且当油脂添加量较大时，饲料的稳定性、抗氧化性将会下降。油脂的贮存、运输对非油脂加工厂来说也较困难。如能用经适当加工处理过的全脂大豆代替豆粕和油脂添加，则可避免上述不良影响，同时节约生产成本，具有一举多得的功效。

无锡轻工业学院研究生论文集

表2. 大豆蛋白质的AA组成(g/100g蛋白质)^[6]。

| 必需AA | WHO建议 AA构成 | 鸡蛋 | 大豆 | 棉籽 | 小麦 |
|-------|---------------|-----|-----|-----|-----|
| 异亮氨酸 | 4.0 | 6.3 | 4.2 | 3.9 | 3.7 |
| 亮氨酸 | 7.0 | 8.8 | 7.9 | 7.2 | 6.6 |
| 赖氨酸 | 5.5 | 7.0 | 6.3 | 3.3 | 2.3 |
| 蛋+胱氨酸 | 3.5 | 5.8 | 3.6 | 2.3 | 3.2 |
| 苯丙氨酸 | 3.0 | 5.7 | 6.1 | 5.4 | 4.7 |
| 苏氨酸 | 4.0 | 5.1 | 4.0 | 2.7 | 2.8 |
| 色氨酸 | 1.0 | 1.5 | 1.4 | 1.6 | 1.2 |
| 缬氨酸 | 5.0 | 6.8 | 4.8 | 5.0 | 4.1 |

另外,一方面近年来,由于饲料工业的迅速发展,对豆粕的需求迅速增长,市场上供不应求,豆粕价格猛涨,已经接近甚至超过原料大豆的价格而豆油销路不畅^[7],豆粕日趋紧缺。另一方面,据近年来,北农大、中国药检所等在全国作的初步抽样调查,发现全国平均有一半的大豆粕(饼)的尿酶超标,严重影响豆粕的饲用价值和蛋白质效率。如何解决有效供给和充分发挥大豆蛋白质资源的价值这一矛盾显得十分突出。因此,借鉴国外充分利用全脂大豆加速饲养、饲料加工业的发展具有十分重要的意义。

由于众所周知的原因,全脂大豆中含有各种抗营养因子^[6],如抗胰蛋白酶因子、血球凝集素等。各种抗营养因子的存在会抑制动物的生长,减弱

无锡轻工业学院研究生论文集

代谢能和脂肪的吸收,降低蛋白质的消化率,导致胰腺肥大,刺激胰腺酶分泌不足或分泌过度^[1, 8],进一步造成内源AA的损失。所幸的是,这些抗营养因子都是热敏性的^[8],在一定热处理条件下都会失去活性,除抗胰蛋白酶因子外,血球凝集素以及脂肪氧合酶、尿酶都可被破坏。大豆经热处理,生物效价大大提高。表3.4是不同处理方法对大豆饲用效果的影响。

表3 蒸煮对全脂大豆营养价值的影响^[9]

| 蒸煮时间(分) | 0 | 1 | 3 | 6 | 9 | 20 | 30 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| TI去除率% | 0 | 23 | 53.6 | 71.2 | 78.8 | 89.6 | 97 |
| PER | 1.13 | 1.35 | 1.75 | 2.07 | 2.19 | 2.08 | 2.01 |

表4 挤压温度对大豆营养价值的影响^[10]

| 挤压时间(°C) | 121 | 127 | 132 | 138 | 143 | 149 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| PER | 1.35 | 1.42 | 1.48 | 1.55 | 1.94 | 1.78 |

由表3、4可知,全脂大豆随着热处理的时间和温度的提高,营养价值得到改善,说明全脂大豆的热处理是必要的和可行的,但是过度的热处理会导致营养效果的下降。目前全脂大豆的热处理方法已成为一种相对成熟的工艺,各种加工法如挤压、蒸煮、蒸炒、焙炒、蒸汽蒸煮、烘烤以及微波、红外烘烤等技术都已用来处理全脂大豆,并得到应用和研究^[11, 12, 13, 14],而有效去除抗营养因子且不破坏或少破坏营养价值的热处理参数,就某种加工方法而言还没有很好的确定。^[35]

挤压膨化和烘烤全脂大豆是国外应用最为普遍的两种加工方法^[31],本世纪六十年代初挤压蒸煮技术被首次用于生产饲用全脂大豆。1964年, G. C. Mustakas等^[11]在联合国儿童基金会的资助下,完善挤压技术,利用蒸汽预热大豆。并加热挤压机,生产出了(1)具有高生物学价值的大豆粉;(2)使大豆中的胰蛋白酶得到适当的破坏而又使其lys 营养价值可以保持最大的有

无锡轻工业学院研究生论文纸

效性; (3) 经济上实用、优质、卫生的全脂大豆粉工艺流程, 从而为发展中国家人民提供高蛋白质和能量的食品资源。近十年来, 挤压技术已广泛用于饲料加工业^[37], 而国内应用挤压技术加工全脂大豆尚在发展之中, 加工工艺很不成熟, 需要进行深入的研究。

利用烘烤的方法处理全脂大豆在我国具有悠久的历史。我国民间常用炒大豆作为乳猪的断乳料^[30]和生产母畜的蛋白质补充料。用于奶牛等反刍动物饲料则表现出更好的饲用效果^[31]。烘烤过程中, 全脂大豆会产生浓郁的芳香气味, 适口性大为改善, 对于提高动物的采食量, 增强消化功能大为有益。

蒸炒全脂大豆则是制油工艺上一个必不可少的步骤, 运用蒸炒的方法生产全脂大豆工艺比较成熟, 应用比较普遍^[35, 36]。从投资而言, 由于蒸炒锅炉等设备, 成本较大, 利用油脂厂的现有设备则是完全可行的。

加工全脂大豆的方法很多, 但无论哪种方法都可能导致一定程度的营养损失, 特别是赖氨酸及含硫氨基酸的损失。一般认为, 赖氨酸由于其活泼的 ϵ -NH₂常被认为发生了经典的美拉德 (Maillard) 反应^[38]而生成不能被体内酶消化的物质, 导致营养价值降低。如何使赖氨酸的损失控制在最小范围内而又能充分去处抗营养因子是每种热处理方法必需首先选择的最佳工艺条件除了抗营养因子的去除率, 赖氨酸有效率的保存可反映全脂大豆营养特性的参数外, 蛋白质的可溶性, 通常用氮溶指数来表示, 也是一个重要的参数氮溶指数过低说明蛋白质过度变性^[40], 同样影响营养效价。

对于食品加工者来说, 迫切需要测定蛋白质质量的快速方法^[39], 布拉斯加大学举行的一次讨论会上(1977年2月), 已经明确地提出了这个问题^[41]。对于饲料加工者来说, 同样需要快速有效的测定不同加工方法生产的全脂大豆蛋白质质量的方法, 因此研究全脂大豆在热处理过程中, 抗胰蛋白酶因子、有效赖氨酸及氮溶指数随工艺条件变化而变化的规律, 探讨它们之间的相互关系。可以简化测定多项指标, 迅速评判全脂大豆的营养质量。

作为一种具有十分重要应用价值的挤压技术, 全脂大豆挤压过程中发生了哪些理化特性的变化, 除了抗营养因子失活等的变化外, 其理化特性的变化及其与饲用效果可能的关系尚未有人进行详细的研究。

因此, 本论文实验目的, 就是在国内外有关研究和现状的基础上选择较有应用前途的挤压技术处理全脂大豆, 研究影响去除抗营养因子的工艺条件

无锡轻工业学院研究生论文纸

探讨尿酶、有效赖氨酸及氮溶解指数随工艺条件变化而变化的规律，及其之间的相互关系，深入研究全脂大豆挤压过程中，理化特性的变化；同时探讨烘烤等方法处理过程中，尿酶、有效赖氨酸等的变化情况，为全脂大豆的生产、推广、应用提供科学依据。

本论文的研究内容包括：

1. 影响全脂大豆挤压效果的工艺参数及尿酶、有效赖氨酸、氮溶解指数随变化的规律及相关性研究；最优工艺参数的确定。
2. 挤压全脂大豆理化特性的研究及其与工艺条件的关系。
3. 全脂大豆烘烤过程中，尿酶、有效赖氨酸、氮溶指数随工艺条件变化的规律性及相关性研究；不同加工方法时对全脂大豆产品性能的比较。

二 全脂大豆的挤压

1. 引言

挤压膨化是使物料在可控制的条件下强制流动形成高温高压,并以一定速度通过具有特定形状的小孔排出于常温常压下,此时物料内的水分失去约束力而突然释放出来,使物料体积膨大,形成疏松多孔的产品的过程^[8]。挤压过程可以把很多单元操作和加互功能结合在一起完成,如混合、输送、干燥、剪切、喷爆、蒸煮成型等,挤压机是食品、饲料等加互生产中十分重要的机械。^[18]

利用挤压技术加互处理全脂大豆在国外已十分普遍,国内尚在应用推广之中,许多技术问题还需解决。本章的目的是利用实验挤压机探讨全脂大豆挤压过程中影响抗营养因子失活的主要互艺参数,并研究抗营养因子、有效赖氨酸和氮溶指数随互艺参数变化的规律及其相互关系,确定充分破坏抗营养因子并使有效赖氨酸损失最小的最佳互艺条件。挤压全脂大豆理化特性变化情况的研究有助于充分认识全脂大豆挤压变化的本质,并说明对营养效果的影响。

2. 实验材料与方方法

2.1 实验原料 市售东北大豆

2.2 常规分析方法

1) 水分的测定 130℃烘箱法 AOAC^[16]

2) 粗蛋白测定 微量凯氏定氮法^[16]

3) 粗脂肪的测定 索氏抽提法^[16]

4) 尿酶活性(UA)的测定 国标8622-88^[42]

由于尿酶与抗胰蛋白酶(TI)在热处理过程中具有很好的相关性,尿酶对热的稳定性比抗胰蛋白酶活性的高^[43],而尿酶活性的测定比抗胰蛋白酶的测定快速、精确得多。因此常用UA代替TI的测定。国家饲用标准规定大豆及豆粕中UA \leq 0.4Nmg数/分.g。本论文中,UA的测定是一个主要指标并以此反映全脂大豆受热处理的程度和效果。

5) 有效赖氨酸(Alys)测定^[43]

全脂大豆热处理过程中,一方面随着抗营养因子的失活,营养价值提高

无锡轻工业学院研究生论文集

另一方面由于热处理可能会导致各种营养成分的损失，特别是赖氨酸发生经典的美拉德 (Maillard) 反应，赖氨酸的活泼基团 $\epsilon\text{-NH}_2$ 与羰基类化合物生成不能被酶解甚至酸解的物质 (二酮基化合物)，使赖氨酸失效，从而降低全脂大豆的营养价值。有效赖氨酸的高低在一定程度上反映了全脂大豆的品质，是热处理效果优劣的基本指标，一般要求损失不超过15%。关于全脂大豆挤压过程中，有效赖氨酸与工艺条件的关系几乎还没有研究。[8]

6) 氮溶解指数 (NSI) 的测定 [16]

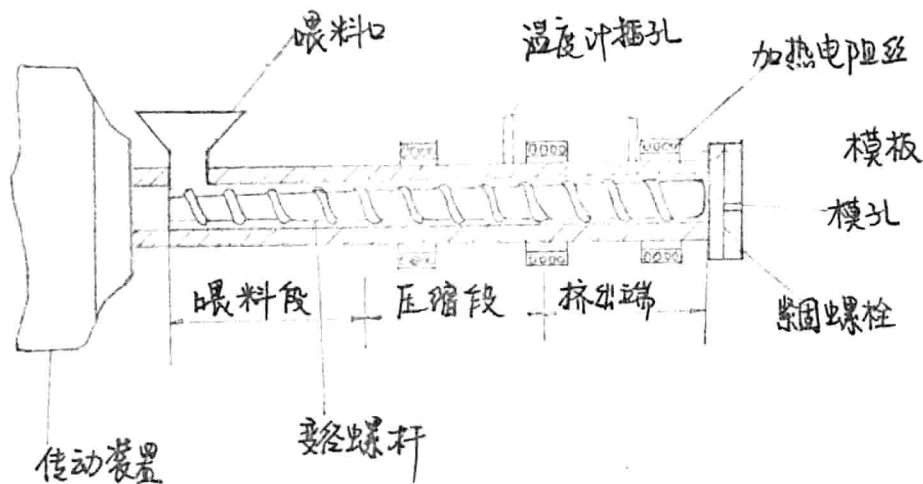
氮溶解指数是蛋白质可溶解性的量度，一般而言，蛋白质变性程度大 NSI 就低。过度的热变性会降低蛋白质的饲用效果。NSI 的高低作为蛋白质变性程度的指标，是蛋白质品质优劣的一个参考指标。

原料大豆的主要成分

| 水分 | 脂肪 | 蛋白质 |
|------|-------|-------|
| 12% | 18.5% | 38.5% |
| UA | Alys | NSI |
| 4.92 | 2.49% | 88% |

2.3 挤压机简介

本实验所用挤压机为SJ-45型注塑机改造后的单螺杆挤压机，主要组成部分有电机传动及调速装置、喂料口、挤压螺杆、挤压机套筒、夹套电阻丝加热装置及模头模板等。挤压机机体部分简图如下：



挤压机主要互作参数：

电机最大耗用功率：7KW

电阻丝加热耗用最大功率：3.5KW

挤压端温度：100-180℃

预热端温度：100-120℃

螺杆直径： $\varnothing 45\text{mm}$

螺纹螺距：48mm

螺杆长径比(L/D)：18:1

螺纹升角：30°

螺杆转速：45-110rpm

调速器变速比：8:1

模板模孔直径： $\varnothing 4\text{mm}$

挤压机最大互作产量：30-40Kg/hr

无锡轻工业学院研究生论文纸

2.4 仪器与试剂

仪器:

| 仪器名称 | 产地 |
|--------------------------------|-----------|
| phs-2C型精密酸度计----- | 上海雷磁仪器厂 |
| 80-2离心沉淀器----- | 上海手术器械厂 |
| HH-S电热恒温水浴锅----- | 江苏医疗器械厂 |
| 85-2磁力搅拌器----- | 上海司乐仪器厂 |
| S. C. 101-2型鼓风电热恒温干燥箱----- | 浙江加兴电热仪器厂 |
| Cyclotec Sample Mill----- | 瑞士 |
| Cyclotec Electric Balance----- | 瑞士 |
| HY-4调速多用振荡器----- | 金坛县信达仪器厂 |
| GXDL-203微机化赖氨酸分析仪----- | 北京分析仪器厂 |
| 日本超速冷冻离心机----- | 日本 |
| SX-40扫描电镜----- | 日本 |
| 日立H-7000透射电镜----- | 日本 |
| DSC-差示扫描量仪器----- | 美国 |
| 日立835AA自动分析仪----- | 日本 |

试剂:

| 名称 | 化学式 | 级别 | 厂家 |
|---------|--|-----|-------------|
| 盐酸 | HCl | AR | 宜兴第二化学试剂厂 |
| 硫酸 | H ₂ SO ₄ | AR | 宜兴第二化学试剂厂 |
| 氢氧化钠 | NaOH | AR | 无锡医药采购供应站 |
| 邻苯二甲酸氢钾 | KHC ₈ H ₄ O ₄ | 基准级 | 北京化五厂 |
| 磷酸氢二钠 | Na ₂ HPO ₄ | AR | 太仓化五二厂 |
| 磷酸二氢钾 | KH ₂ PO ₄ | AR | 上海试剂厂 |
| 硫酸铜 | CuSO ₄ | AR | 无锡医药采购供应站 |
| 硫酸钾 | K ₂ SO ₄ | AR | 上海振兴试剂厂 |
| 丙酸 | CH ₃ CH ₂ COOH | CR | 上海试剂一厂 |
| 丙酸酐 | (CH ₃ CH ₂ O) ₂ | CR | 上海化学试剂采购供应站 |
| 冰乙酸 | CH ₃ COOH | AR | 宜兴第二化五厂 |

无锡轻工业学院研究生论文集

| | | | |
|------------|-------------------------|----|-----------|
| 草酸 | $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ | AR | 宜兴第二化五厂 |
| 无水乙酸钠 | CH_3COONa | AR | 宜兴第二化五厂 |
| 尿素 | $CO(NH_2)_2$ | AR | 宜兴第二化学试剂厂 |
| 乙醚 | $(CH_3CH_2)_2O$ | AR | 宜兴试剂五厂 |
| 硼酸 | H_3BO_3 | AR | 上海云岭化五厂 |
| 磷酸 | H_3PO_4 | AR | 宜兴试剂二厂 |
| 二巯基苏糖醇 | $C_4H_{10}O_2S_2$ | | 中科院上海生化所 |
| 十二烷基硫酸钠 | $C_{12}H_{26}NaO_4S$ | | 宜兴第二化学试剂厂 |
| 酸性橙(AO-12) | $C_{16}H_{11}O_6N_2SNa$ | | 天津化学试剂所 |

3. 单因素实验结果与讨论

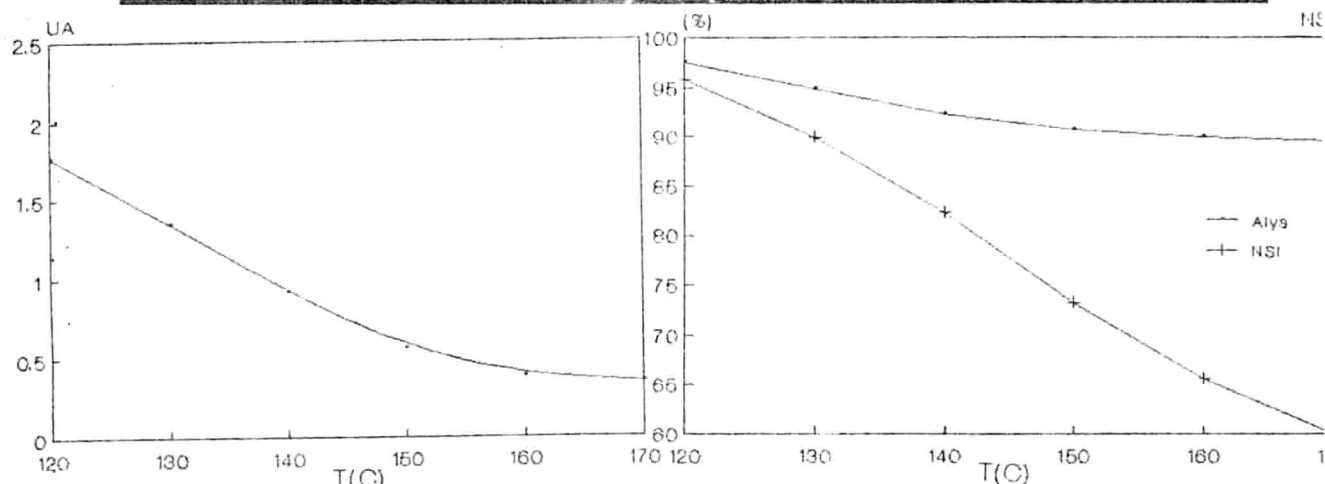
3.1 挤压温度对UA、Alys、NSI的影响

挤压机的加热温度共分三段，前面两段即挤压机压缩端为预热段，主要是对被挤压压缩的物料起预热作用。根据有关文献，认为预热段温度为 $100^{\circ}C$ 左右合适，本实验中发现控制预热端温度在 $100-120^{\circ}C$ 之间对挤压效果影响不大。对挤压效果起决定作用的是挤出端温度，本文所指的挤压温度即为挤出端温度。

用水分为12%的大豆直接进行挤压，转速固定为75rpm时，考察挤压温度对UA、Alys、NSI对应的影响。温度从 $120^{\circ}C$ 升到 $160^{\circ}C$ 时UA、Alys、NSI的数值，见表1。

| 参数 \ 温度 $^{\circ}C$ | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| UA | 1.77 | 1.35 | 0.92 | 0.56 | 0.38 | 0.35 |
| Alys% | 97.55 | 94.82 | 92.25 | 90.67 | 89.96 | 89.5 |
| NSI | 61.3 | 56.2 | 49.5 | 41.58 | 34.9 | 30.0 |

无锡轻工业学院研究生论文纸



对表1数据作图,发现,随着温度的升高,UA以近似线性的关系下降(图1)。当温度到160°C时,下降不明显,曲线呈平缓阶段。表明UA失活不充分,存在某种抵抗因子,这一点与Rackis[9]的报导是一致的,大豆抗营养因子中存在一定的隐性(hidden)因子,对热具有较强的耐受力。随着其它条件的改变是否能得到进一步的破坏,将在下面再行讨论。

从Alys的变化曲线看(图2)。它与UA的变化规律是一致的,随着温度的升高而逐渐降低。呈现一级反应动力学的变化规律。[8]

如果按照Maillard[48]的观点,美拉德反应在150°C时进行得很激烈,在100°C时比较快,而在37°C和更低的温度经过几天后也能观察到[39]。参考糖醇存在下温度对酪蛋白氨基的影响,可以发现温度对氨基损失是非常重要的和必不可少的。[44]因此,本实验中,Alys随着温度的升高,损失增大是有一定根据的。

| 温度(°C) | 4 | 25 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---------------|-------|-------|------|-----|-----|-------|
| 10分钟后氨基阻段百分率* | 0.002 | 0.025 | 0.30 | 1.0 | 5.5 | 100.0 |

*氨基阻断即氨基与其它物质形成不能被酶水解的物质,可被酸水解。

至于Alys的损失是否一定由于发生了美拉德反应或完全归功于美拉德反应尚不能肯定,但发生美拉德反应的条件倒也相去不远,至少温度条件已经具备。

美拉德反应通常看作是还原糖和氨基酸类的结合，除了糖类外，许多带有-CHO或-CO功能团的分子都可能发生美拉德反应。^[69]高温条件下，大豆中虽然不含还原糖(单糖)。但一些寡糖有可能被分解而产生=CO基团。脂肪和可氧化产物通过其醛类和酮类的中间产物也能产生反应，反应的强度总是同这些脂质的自动氧化或热氧化的程度成比例。^[45, 48]

NSI随着温度的升高线性下降，反映了温度对蛋白质的变性逐渐加大。在挤压过程中，蛋白质分子受热变性，球状分子在热及压力作用下膨胀伸张，次级键受到不同程度破坏。疏水基团暴露，溶解度降低。

温度的提高有利UA的降低，同时会导致Alys的损失和蛋白质的变性，温度以尽可能低为佳。

3.2 挤压原料水分对UA、Alys、NSI的影响

水分在挤过程中的作用机制很复杂^[18]，从化学观点看，水可起到塑化作用，塑化机理可理解为水所产生的自由空间效应^[18]，在一定范围内增加水分含量，可使水的塑化作用加强，使蛋白质分子主链片段运动性增强。从动力学角度看，水分含量直接影响物料在机桶内的粘性及流动性，从而改变物料的受剪切、压力程度。

物料水分较低时。粘性大，在机桶内受强制流动的阻力增大，剪切作用加强。机桶内压升高，物料被挤出模孔的瞬间造成的压差较大，膨胀度增大。但水分太低，蛋白质分子缺乏足够的塑化作用，分子运动移动受限，肽链得不到充分伸展，抗营养因子中的活性基团得不到充分暴露，导致失活困难。

反之，水分太高。则不利于机桶内压力积累，物料缺乏足够的粘性，流动阻力小，挤出物料因压差小而得不到膨化，同样会影响抗营养子的去除，降低挤压效果。

实验中，当调节挤压大豆的水分达20%以上时，就出现螺杆打滑，不能连续出料，不能正常实现挤压操作。

调节原料水分为18%时，螺杆转速为75rpm，考察UA、Alys、NSI随温度变化的规律。测定数据见表2