

全脂大豆热处理条件及其营养评价

钟丽玉

(无锡轻工大学食品学院, 无锡 214036)

摘要 通过 DSC 分析,研究了不同含水量的大豆,尿酶及美拉德反应情况,发现水分高的大豆易变性,尿酶失活快于美拉德反应的产生,说明了有效赖氨酸在高水分时保持率较高的机理。控制大豆热处理工艺,使得尿酶活力降至 $0.4 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$ 以下,而大豆中有效赖氨酸的保持率为80%。通过热处理工艺中温度、时间、水分等参数的分析,得出尿酶活力与有效赖氨酸、氮溶指数之间呈正相关(但非线性相关);有效赖氨酸与尿酶活力与胰蛋白酶活力呈正相关。

关键词 大豆;热处理;尿酶活性;有效赖氨酸;美拉德反应;氮溶指数

分类号 TS214.1

0 前 言

大豆含有质优量多的蛋白质(38%~42%)和丰富的脂肪(18%~22%),是一种理想的大众化食物。但由于生大豆中存在抗营养因子如尿酶、胰蛋白酶等,将抑制动物生长,减弱代谢能和脂肪的吸收,降低了蛋白质的消化性,为此大豆必须加工处理。

根据抑制因子特性可采用热处理方法予以控制。当然处理不当或过度又会产生另一种营养效果的下降,如赖氨酸及含硫氨基酸的损失。特别是赖氨酸(Lys)上的 $\epsilon\text{-NH}_2$ 常被认为发生了美拉德(Maillard)反应^[1],生成不能被体内酶消化吸收的物质,因此,需要在热处理中既能除去各种抗营养因子,又能保持Lys的最大有效性。

热处理方法不同,其效果差别甚大,为在这些变化中找出最有利条件,笔者研究了抗营养因子与Lys及氮溶指数(NSI)之间的相关性,旨在为热处理全脂大豆提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

东北大豆。

1.2 主要仪器及设备

差示扫描量热仪(DSC);203微机化赖氨酸分析仪(GXDL)

1.3 分析方法

尿酶活力测定按 GB8622-88进行;有效赖氨酸测定按 GB401-84进行;氮溶指数测定按

AACC 进行; 蛋白质分散指数测定按 AACC 进行。

2 结果与讨论

2.1 差示扫描量热分析(DSC)

2.1.1 含水量分别为12%和18%的膨化全脂大豆的 DSC 分析^[2] 从图1, 图2看出, 12%和18%的膨化大豆在 DSC 图上有明显的蛋白质热变性吸收峰。水分12%的膨化物变性热效能为194.2 J/g(图1), 水分18%的膨化物的热效能为246.17 J/g(图2), 表明水分高时蛋白质次级键断裂程度大, 变性充分。说明高水分对尿酶、胰蛋白酶抑制因子比低水分时更易于失活。

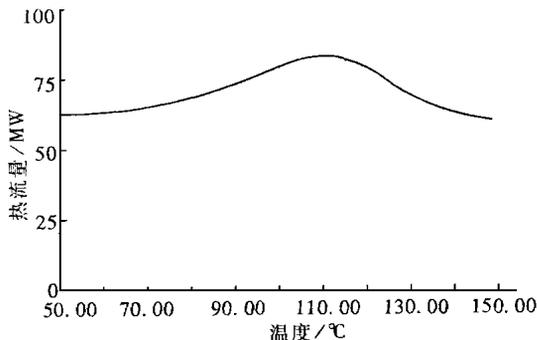


图1 含水量12%全脂大豆 DSC 分析

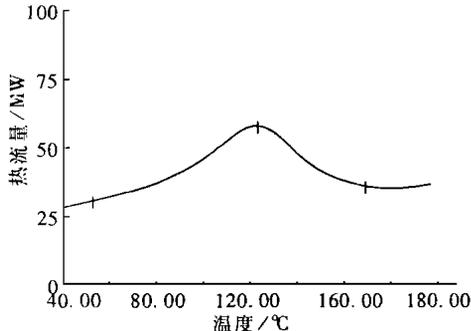


图2 含水量18%全脂大豆 DSC 分析

2.1.2 无水的纯尿酶与含水量为15%的纯尿酶 DSC 分析^[3] 由图3可知, 无水纯尿酶从114.28 开始变性, 到125.42 时最为剧烈, 此峰变化较为平缓, 峰点热流量值为40 MW; 含水量为15%时的尿酶从122.44 开始变性到126.95 很快达到峰点, 峰形很陡, 吸热值为115 MW, 表明含水量最高时尿酶变性相当剧烈, 证实了水分是尿酶变性的的重要因素, 调节水分能达到迅速灭酶的目的。

2.1.3 赖氨酸(Lys)与 D-葡萄糖反应 DSC 分析 图4是赖氨酸与 D-葡萄糖之间发生美拉德反应(Maillard)情况。反应从82.5 开始, 速度缓慢, 124.617 达到峰点时反应最快。为了减少 Lys 的损失可以控制热处理温度来减缓美拉德反应的进行。

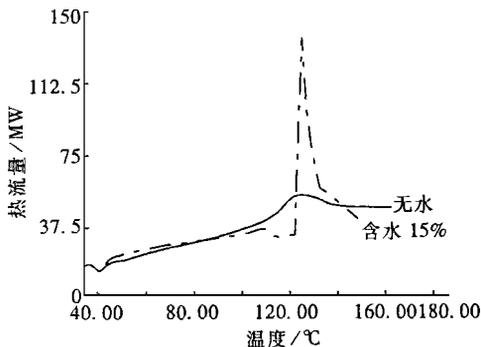


图3 含水与不含水尿酶的 DSC 分析

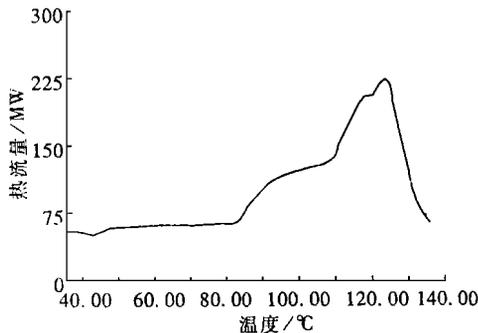


图4 Lys 与 D-葡萄糖美拉德反应的 DSC 分析

综上所述, 在同一条件下高水分蛋白质变性比低水分时更容易, 而赖氨酸与 D-葡萄糖之间的美拉德反应较为滞后, 故控制温度、调节水分从理论与实践上均能做到抗营养因子被破坏而赖氨酸的损失控制在较小范围的要求, 通过优化得出最佳工艺条件, 达到尿酶活力

U_A 0.4 mg/(g min), 而赖氨酸保存率 80%.

2.2 全脂大豆中的有效赖氨酸(Alys)的损失与美拉德反应

2.2.1 全脂大豆中影响 Alys 损失的因素 全脂大豆在热处理过程中 Alys 的破坏原因较为复杂, 作者认为在热处理中, 由于蛋白质局部变性而发生氨基酸之间的阻断反应但并未破坏, 可以在适当条件下经过化学水解能回复原来的形式, 所以 Alys 与二羧基氨基酸之间的缩合反应不是 Alys 损失的主要原因。在热处理过程中导致 Alys 损失主要因素是美拉德反应。它使碱性氨基酸破坏殆尽。

据 Evans^[4] 报道, 大豆在高温高压处理时, 其氨基酸的变化如表1所示。

可见, 大豆在高温高压下处理, 如果没有羧基化合物(葡萄糖), 则 Lys 及其他氨基酸的破坏是极少的, 只有当葡萄糖存在时 Lys 的破坏可达到47%, 所以羧基化合物的存在与 Lys 之间发生的美拉德反应是大豆热处理时 Alys 损失的主要原因。由于强烈加热, 科植物中聚合的碳水化合物还发生解聚作

2.2.2 全脂大豆热处理中美拉德反应

1) 温度和持续时间

按美拉德的观点^[4], 美拉德反应是潜在的活性过程, 它在常温下一直在进行着, 但反应所需时间很长。当加热时, 在100 时开始有明显的变化, 150 以上反应剧烈, 故温度提高可加速此反应的进行。但如果瞬时作用, 温度可高些, 如挤压膨化大豆水分15%, 加热温度为160 , U_A 下降到0.18 mg/(g min), 而 Alys 保持率为88.4%.

2) 水分

美拉德反应强度取决于介质的水合作用, 一般相对湿度为50% ~ 70%, 水分10% ~ 15% 之间, 如果在非常稀的介质中以及无水条件下, 美拉德反应可视为很慢或者“不存在”, 所以水分对美拉德反应起着催化作用, 但如果在较强的介质中, 物料水合作用很强, 由于水分子吸附在蛋白质巨大分子的极性基因上形成水化层, 使赖氨酸上的自由氨基与水极性分子之间形成氢键, 对氨基能短时起保护作用, 避免直接与羧基化合物发生美拉德反应而降低 Lys 的有效性。此论已通过实践得到证实。

作者选用4层蒸炒锅, 蒸汽压力0.03 ~ 0.04 MPa, 蒸炒时间45 ~ 50 min, 调节大豆水分得到结果见表2。由表2可知在同一

压力、温度、时间条件下, U_A 均能达标(< 0.4) 而 Lys 在入炒水分为12.64%时, 其有效性降为77.15%; 随着水分增高, U_A 依旧达标, 而赖氨酸的有效性保持率较高, 当水分在

表1 高温高压时大豆氨基酸的变化 %

氨基酸	氨基酸降低			
	大豆蛋白质		大豆蛋白+ 葡萄糖	
	阻断的	破坏的	阻断的	破坏的
精氨酸	8	3	55	42
组氨酸	10	3	42	10
赖氨酸	30	3	84	47
天冬氨酸	37	7	34	6
谷氨酸	24	2	50	3
胱氨酸	14	9	86	22
蛋氨酸	6	3	41	2

表2 大豆水分与尿酶及有效赖氨酸的关系

入炒水分/%	U_A / (mg/(g min))	Alys 保持率/%	出料温度/
12.64	0.047	77.15	100
16.05	0.280	89.00	102
18.00	0.224	93.00	102
20.00	0.090	98.80	110

20%时,几乎没有损失。

作者认为在大豆热处理过程中,适当的加水调质可保持赖氨酸的有效性。

2.3 大豆中有效赖氨酸与尿酶、胰蛋白酶氮溶指数之间相互关系

2.3.1 在热敏问题上的探讨 大豆热处理是为了最大限度取得全部营养素,已证实在控制水分、温度和时间可以得到最佳营养质量,超越最佳条件或过度加工均能引起营养损失。文献[6]和实验证实赖氨酸在湿热的条件下呈一级反应,反应速度常数为0.166 J/h,活化能为125.4 kJ/mol,而胰蛋白酶等抑制素破坏速度比它快100倍,活化能为77.33 kJ/mol,故用很少热量(较低温度)就能迅速破坏各种营养因子从而保持赖氨酸的有效性,见表3。

表3 热处理加工对大豆粉的影响

(加工方式: 121 蒸煮)

持续时间 / min	胰蛋白酶抑制素保留率 (%)	Alys 含量 (g/16 gN)	PER
0	100	6.0	0.65
4	20	5.8	2.21
8	16	5.7	2.20
16	12	5.8	2.11
32	5	5.6	1.97

热处理得当,胰蛋白酶活力下降很快,而 Alys 均在90%以上。调质大豆的烘烤试验在温度、水分和时间三要素下得出 U_A 与蛋白质分散指数(PDI)之间的关系见图5。

U_A 与 PDI 之间呈正相关,但非线性相关, U_A 从1.18 mg/(g·min) 降为0.072 6 mg/(g·min) 时, PDI 从92.92% 下降为85.86%, 但 U_A 从1.18 mg/(g·min) 至0.185 mg/(g·min) 失活率为84.39%, 而 PDI 从92.92% 至90.80% 下降率为2%, 说明尿酶失活快,蛋白质变性慢,但过了转折点 A, U_A 下降趋势变慢, U_A 从0.183 mg/(g·min) 至0.076 mg/(g·min) 失活率为11.27%, PDI 从90.72% 至85.86% 下降率为5.36%, 相对较快,故最佳工艺条件就可以选择在 A 转折点上。又例如粉碎大豆用130 烘烤,水分为15.54%, U_A 与 Alys 下降规律如图6。

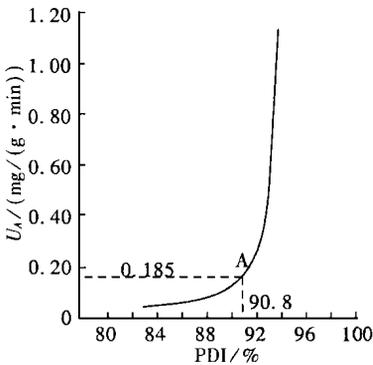


图5 烘烤中尿酶活力与 PDI 关系

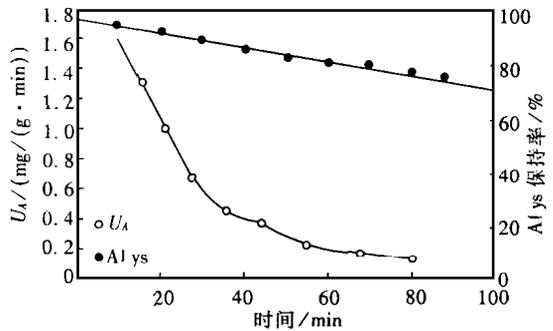


图6 烘烤过程中 U_A 与 Alys 下降规律

上述试验证实了尿酶失活率快于 Lys 的损失。试验结果与 DSC 分析及 Macnaughton 的报道完全相符合,呈正相关但非线性相关。

2.3.2 赖氨酸(Lys)与氮溶指数(NSI)之间的关系 NSI 是蛋白质变性程度指标之一,故蛋白质的变性和有效赖氨酸的损失是有一定的相关性的。据实验,大豆在烘烤温度130 ,水分15.54% 条件下, NSI 与 Alys 保持率之间的关系如图7所示。

蒸炒试验中,用压力为0.15 MPa,温度为105 的蒸汽直接加热9 min, Alys 与 NSI 之间的关系如图8所示。

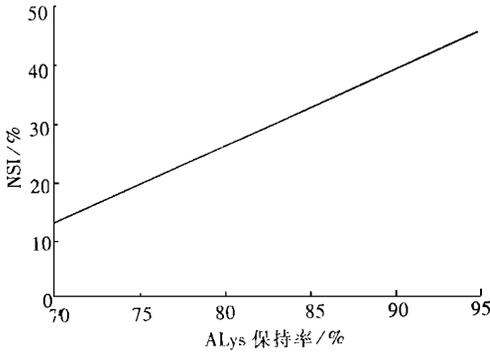


图7 NSI与Alys保持率关系

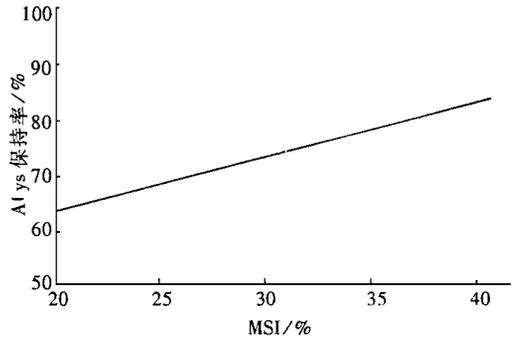


图8 NSI与Alys保持率关系

烘烤试验的结果如图9,图10所示。试验曲线充分说明 Allys 与 NSI 之间的关系为正相关性,且是线性相关。因此作者认为在没有条件测定 Allys 情况下,可用氮溶解指数来判断 Lys 的有效性,一般 Lys 有效率 80%,NSI> 30%.

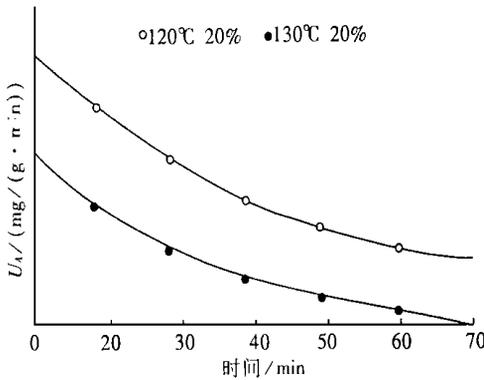


图9 烘烤时间与 UA 的关系

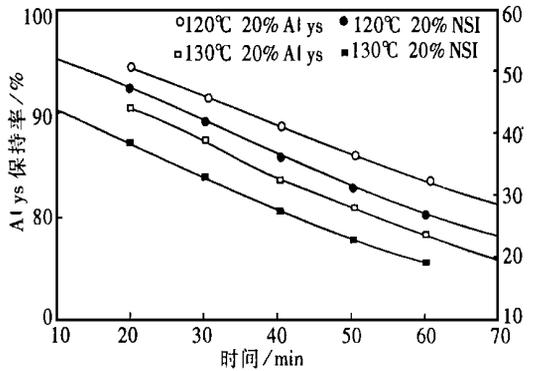


图10 烘烤时间与 Allys 保持率及 NSI 的关系

2.3.3 UA、Alys、NSI 之间关系 见图11。全脂大豆采用烘烤试验温度130 水分15.54%。UA、Alys 和 NSI 之间存在相关性,一般规律为 UA 随着热处理时间的延长呈非线性下降,其趋势前阶段下降速率快,大约在0.4 mg/g min 之后变得缓慢,它与 Lys、NSI 之间成线性相关。故作者认为 UA、Alys、NSI 之间都受作用时间、温度和水分的影响而有所变化,通过数理统计均能找到既能除去各种抗营养因子又能保持 Lys 的最大有效性的工艺条件。

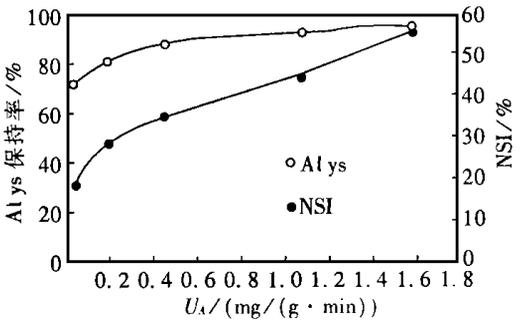


图11 UA 与 Allys 保持率、UA 与 NSI 关系

2.3.4 尿酶与胰蛋白酶之间的关系 据 K. M. Wright 研究报导^[6],抗胰蛋白酶因子与尿酶活力之间存在一定的关系,当大豆在100 条件下加热,其中尿酶和胰蛋白酶抑制因子都随时间的延长而有同样程度的失活,由于尿酶活力易于测定,故以 UA 作为主要指标。

3 结 论

1) 经 DSC 分析结果表明, 在条件相同的情况下, 尿酶变性速率快于赖氨酸与 D-葡萄糖之间的美拉德反应, 通过水分、时间、温度的正交试验, 可得出即能达到灭酶又能保持高的营养品质的工艺参数。

2) 在同一条件下, 调节水要能对 Lys 上的 ϵ -NH₂ 有保护作用, 故能延缓美拉德反应。

3) U_A 与 A_{lys} 保持率、NSI 成非线性相关, A_{lys} 保持率与 NSI 成线性相关, 故用 NSI 可代替 A_{lys} 保持率的分析。

4) 尿酶与胰蛋白酶抑制素成正相关, 可用尿酶活力测定代替胰蛋白酶的测定。

参 考 文 献

- 1 周世英, 钟丽玉. 粮食学与粮食化学. 北京: 中国商业出版社, 1987
- 2 孙定红. 饲用全脂豆粕生产技术的研究: [硕士论文]. 无锡轻工业学院, 1993
- 3 曾松析. 饲用全脂豆粕生产工艺及贮存性的研究: [硕士论文]. 无锡轻工业学院, 1993
- 4 里切西尔 M. 加工食品的营养价值手册. 北京: 轻工业出版社, 1989
- 5 Hackler L R, Van Buren J P, Steinkraus K H, et al. Effect of Heat treatment on Nutritive Value of Soymilk Protein Fed to weanling Rats J Food Sci, 1965, 30: 723 ~ 728
- 6 Wright K N. Soybean Meal Processing and Quality Control. JA OCS, 1981, (5): 294

Heat Treatment Conditions and Nutrition Evaluation of Full-Fat Soybean for Feed

Zhong Liyu

(School of Food Science & Technology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi, 214036)

Abstract Despite plenty of nutrient composition the use of soybean is affected by the anti-nutrient factors. This research aims to reduce urease activity to below 0.4 mg/(g min) and maintain lysine availability above 80% by controlling the heat treatment process.

By DSC analysis, the relationship between U_A and Maillard reaction was revealed. It was concluded that the soybean with high moisture content soybean was subject to being denatured, while urease inactivation preceded Maillard reaction, therefore, the lysine availability could keep high.

It was also found that U_A changed in a positive relativity with A_{lys} and NSI (but not fully linear relativity), A_{lys} had a linear relation with NSI. U_A had a positive relation with TI. Depending on these conclusions, the theoretical foundations were provided on determination of the optimal heat treatment conditions.

Key words soybean; heat treatment; urease activity; availability lysine; Maillard reaction; nitrogen soluble index

(责任编辑: 陈 娇)