

小麦胚芽中油、蛋白质及淀粉的分离制备

舒友琴¹, 扶庆权²

(1. 郑州牧业工程高等专科学校, 河南 郑州 450008; 2. 郑州轻工业学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 本文对小麦胚芽中油、蛋白质及淀粉的分离制备进行了全面的研究。结果表明, 超临界 CO₂ 流体萃取小麦胚芽油的最佳操作条件为: 萃取压力 30MPa, 萃取温度 50℃, 萃取时间 2h。碱法制备小麦胚芽蛋白的最佳工艺条件: pH10, 时间 60min, 温度 45℃, 固液比 1:16, 提取率为 78.97%, 酸沉条件: pH4.2, 得率为 66.16%。木瓜蛋白酶法制备小麦胚芽蛋白的最佳工艺条件: pH5, 时间 60min, 温度 60℃, 加酶量 3000U/g, 提取率可达 97.98%, 酸沉条件: pH4.2, 得率为 78.15%。油和蛋白质被提取后的残余物经碱洗后即得小麦胚芽淀粉。

关键词: 小麦胚芽; 蛋白质; 木瓜蛋白酶

Comprehensive Processing of Oil, Protein and Starch from Wheat Germ

SHU You-qin¹, FU Qing-quan²

(1. Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou 450008, China;
2. Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: This paper studied the comprehensive processing of oil, protein and starch from wheat germ. The results showed that the optimal conditions for wheat germ oil extraction by supercritical CO₂ fluid were: extracting pressure 30MPa, extracting temperature 50℃, and extracting time 2h. The optimal conditions for extraction of wheat germ protein by alkali-processing were: extracting pH value 10, extracting time 60min, extracting temperature 45℃, Solid liquid 1:16, and extracting rate 66.16%, and pH value of acid-depositing 4.2, with yield rate 54.16%. The optimal conditions for extraction of wheat germ protein by papain-processing were: extracting time 60min, extracting temperature 60℃, and quantity of papain added 3000U/g, with extraction rate summed up to 97.98%, with pH value of acid-depositing 4.2, and yield rate 78.15%. After protein being extracted, wheat germ starch was get through remnant being wished by alkai solution.

Key words: wheat germ; protein; papain

中图分类号: TS201.21

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)12-0147-05

收稿日期: 2004-10-28

基金项目: 河南省科技攻关项目(0424290041); 郑州市重大科技攻关项目(2002BA02)

作者简介: 舒友琴(1963-), 女, 副教授, 硕士, 主要从事农产品化学研究。

- [5] Goodner J K, Braddock R J, Parish M E. Inactivation of Pectinesterase in Orange and Grape Juices by High Pressure [J]. *J Agric Food Chem*, 1998, 46(5): 1997-2000.
- [6] Roberts C M, Hoover D G. Sensitivity of bacillus coagulants spores to combination of high pressure, heat acidity and nisin[J]. *J Applied Microbiology*, 1996, 81: 363-368.
- [7] Centers for disease control and prevation. outbreak of *E.coli* O157:H7 infections associated with drinking unpasteurized commercial apple juice[J]. British Columbia, California, Colorada, and Washington, *Morb Mortal Wkly Rep*, 1999, 45: 975-983.
- [8] 黄福南. 果蔬汁产品危害分析关键控制点[J]. *中外食品工业信息*, 2001, (5): 38-39.
- [9] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 中国农业大学出版社, 1996. 143-145.
- [10] 吴敏, 陈昆松, 张上隆, 等. 桃果实采后脂氧合酶活性和膜脂脂肪酸组分的变化[J]. *园艺学报*, 2001, 28(3): 218-222.
- [11] 罗云波, 生吉萍, 李钰, 等. 番茄脂肪氧合酶与乙烯释放量的关系[J]. *园艺学报*, 1999, 26(1): 28-32.
- [12] 马永昆, 周日兴, 胡小松. 不同超高压处理压力对哈密瓜汁香气的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2003, 29(11): 14-19.

小麦胚芽是面粉生产工艺的副产品,其重量占小麦籽粒重量的2%~3%^[1]。在小麦胚芽中含有丰富的生命活动所必需的全面均衡的营养素(碳水化合物、蛋白质、脂肪、维生素等)。小麦胚芽油是迄今已知VE含量最高的食品之一,VE是大豆油的1倍、玉米油的2~2.5倍,棉籽油的3~4倍、米糠油的3~8倍,是国际上公认的VE宝库^[3]。此外,不饱和脂肪酸占80%以上,且不含有胆固醇^[4]。小麦胚芽中蛋白质含量高达30%左右,仅次于大豆(是大豆蛋白质含量的83%)。小麦胚芽中必需氨基酸含量占总氨基酸的37.74%,其中赖氨酸占18.5%^[2],可与鸡蛋蛋白的营养价值相媲美。小麦胚芽中含淀粉达40%以上,大量研究证明,小麦淀粉的很多特性都优于玉米淀粉(如热糊粘度低,糊化温度低,热糊稳定性好,耐热,耐搅拌,改性后的淀粉乳化性能好,冷却后的淀粉凝胶强度高)^[5],莲花集团正着手以小麦淀粉代替玉米淀粉为原料生产味精^[4]。

我国每年可开发利用的小麦胚芽蕴量达2.8~4Mt,但大部分胚芽被当作麸皮来处理,未能得到深加工。为加速这一资源的研究开发,更加科学合理的利用麦胚中多种功能性成分,本实验从综合利用的角度出发,研究从小麦胚芽中分离制备小麦胚芽油、脱脂麦胚蛋白和淀粉,以期有效的利用小麦胚芽,缓解我国的粮油资源紧缺,改善我国人民膳食营养与健康水平,提高面粉生产企业的经济效益。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

小麦胚芽 河南莲花味精股份有限公司;氢氧化钠(NaOH)、盐酸(HCl)、氯化钠(NaCl)均为分析纯 郑州试剂商店;木瓜蛋白酶(10000U/g)食品级 郑州市奇华利科贸有限公司。

1.2 主要仪器

超临界流体(CO₂)萃取装置 杭州华黎泵业有限公司;pHS-3C型数字酸度计 姜堰市新康医疗器械有限公司;HH-4型数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;LD5-2A型离心机 北京医用离心机厂;ZK-82A型真空干燥箱 上海实验仪器总厂;721分光光度计 上海精密科学仪器有限公司;DHG-9070A型电热鼓风干燥箱 上海益恒实验仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程

小麦胚芽→干燥→粉碎→称重→装料密封→升温、升压至设定萃取条件→超临界CO₂流体萃取循环→减压分离→小麦胚芽毛油→离心除杂→小麦胚芽油

↓
脱脂小麦胚芽→

→一次碱(酶)提→离心分离→提取液I
→二次碱(酶)提→离心分离→提取液II
→三次碱(酶)提→离心分离→提取液III } →酸沉淀→离心分离→蛋白乳
↓
小麦胚芽蛋白←干燥←调pH
残渣→碱液洗涤→水洗涤→离心→淀粉→干燥→粉碎

1.3.2 常规化学成分的测定^[6]

水分测定 烘箱干燥法;灰分测定 马福炉法;蛋白质测定 凯氏定氮法;脂肪测定 索氏提取法;淀粉测定 1%盐酸旋光法;纤维测定 弱酸、碱法。

1.3.3 蛋白质的测定、提取率计算

将水解液经4000r/min离心分离15min,取上清液按微量凯氏定氮法测定水溶性蛋白含量^[7]:

$$\text{蛋白质提取率(\%)} = \frac{\text{水溶性蛋白质含量}}{\text{原料蛋白质含量}} \times 100$$

1.3.4 蛋白质得率的计算

采用微量凯氏定氮法测定提取蛋白质含量,用下式计算蛋白质的得率。

$$\text{蛋白质提取率(\%)} = \frac{\text{提取粗蛋白质质量} \times \text{提取粗蛋白质含量}}{\text{原料含量} \times \text{原料蛋白质含量}} \times 100$$

2 结果与讨论

2.1 超临界CO₂流体萃取小麦胚芽油

将小麦胚芽放于110~115℃的电热鼓风干燥箱中干燥30min(料层厚约1.5cm),取出后用多功能粉碎机粉碎;称取500g小麦胚芽装入萃取釜,然后进行超临界CO₂流体萃取,得到小麦胚芽毛油,最后经离心分离后得小麦胚芽油。超临界CO₂流体萃取小麦胚芽油主要受压力、温度和时间的影响,为了找出最佳萃取条件,本实验分别对这三种因素的影响进行了研究,并在单因素实验的基础上,选取了三个水平进行正交试验;试验的因素水平表见表1,正交试验结果及极差分析见表2。

由极差分析可知最佳操作条件为:萃取压力30MPa,萃取温度50℃,萃取时间2h。

2.2 化学成分分析

对超临界CO₂流体萃取前后的小麦胚芽进行化学成分分析,其基本成分如表3。

2.3 小麦胚芽蛋白的分离制备

2.3.1 碱法提取小麦胚芽蛋白

用粉碎机粉碎脱脂后的小麦胚芽,以固液比1:14,水解时间60min,温度29℃为定值,研究各因素(pH、固液比、水解时间和水解温度)对碱法提取小麦胚芽蛋白的影响,并在单因素试验的基础上做正交试验,确定出一次碱提的最佳条件。

2.3.1.1 pH值对提取率的影响

表1 正交试验因素水平表
Table 1 The factors and levels in orthogonal test

水平	压力(MPa)	温度(°C)	萃取时间(h)
1	9.0	40	45
2	9.5	45	60
3	10.0	50	75

表2 正交试验结果
Table 2 The results of orthogonal test

实验序号	压力(MPa)	温度(°C)	萃取时间(h)	萃取油量(g)
1	1(20)	1(40)	1(1.0)	16.15
2	1(20)	2(45)	2(1.5)	32.31
3	1(20)	3(50)	3(2.0)	37.69
4	2(25)	1(40)	3(2.0)	32.31
5	2(25)	2(45)	1(1.0)	42.31
6	2(25)	3(50)	2(1.5)	33.85
7	3(30)	1(40)	2(1.5)	37.70
8	3(30)	2(45)	3(2.0)	28.46
9	3(30)	3(50)	1(1.5)	46.95
I	28.70	28.70	26.15	
II	36.15	34.38	37.15	
III	37.70	39.46	39.23	
R	9.00	10.76	13.08	

表3 脱脂小麦胚芽的基本成分
Table 3 The basic composition of defatted wheat germ

小麦胚芽基本成分	蛋白质	淀粉	脂肪	水分	灰分	纤维
萃取前含量(%)	28.10	31.40	9.50	10.80	6.90	7.20
萃取后含量(%)	31.60	42.69	1.12	10.55	4.62	2.02

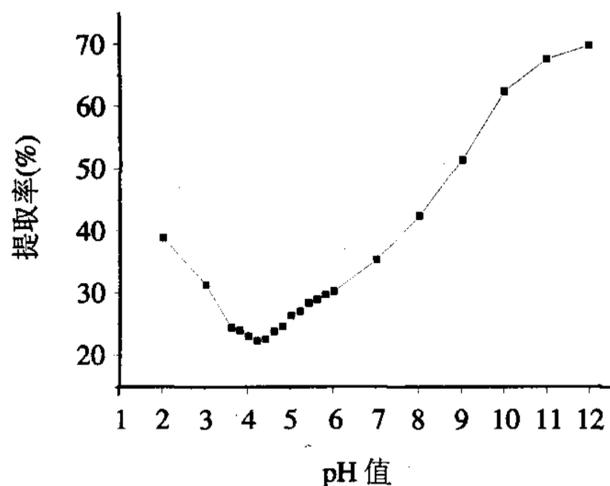


图1 pH值对提取率的影响
Fig.1 Effect of pH on the extracting ratio

由图1可知,在pH2~12之间,当pH值为4.2时,提取率最低,在此pH值下可进行酸沉淀蛋白。pH值逐渐低于或高于等电点时,提取率逐渐升高,碱性条件下pH9~12之间提取率较高。从生产实际考虑,选用pH9~10之间较好,这样可以节约加碱量与加酸量,同时还能够减少产品中NaCl的生成量。

2.3.1.2 温度对提取率的影响

由图2可知,在35~55°C之间,随着温度的升高,提取率不断上升,且上升速度逐渐缓慢,在50°C以后几乎不再上升。原因是温度升高至一定程度会导致蛋白

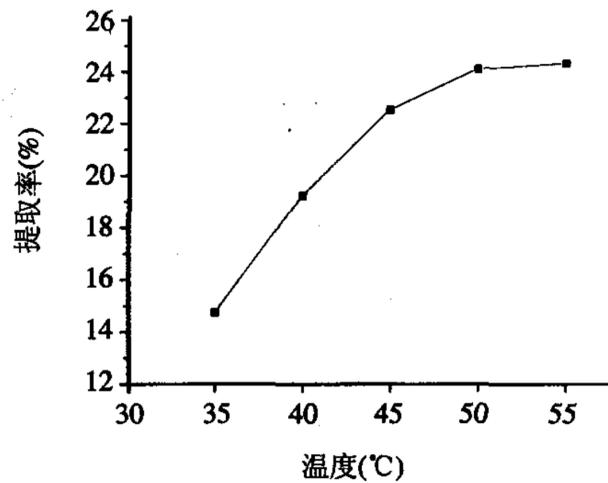


图2 温度对提取率的影响(pH=7.0)
Fig.2 Effect of temperature on the extracting ratio(pH=7.0)

质变性。

2.3.1.3 固液比对提取率的影响

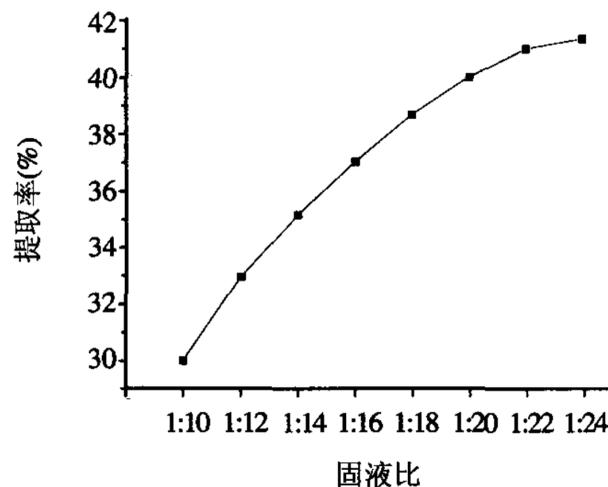


图3 固液比对提取率的影响(pH=8.0)
Fig.3 Effect of solid-liquid ratio on the extracting ratio(pH=8.0)

由图3可知,随着固液比的增加,提取率也不断上升,由于液体量的增加只是为了将蛋白质最大限度的溶解,当固液比增加到一定程度时,提取率将增加缓慢或者不变,工业上生产时,为了减小用水量以及排废水量,宜选用比较合适的固液比。

2.3.1.4 水解时间对提取率的影响

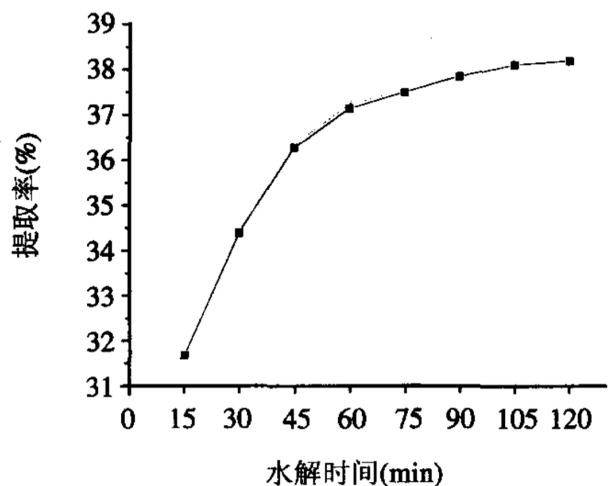


图4 水解时间对提取率的影响(pH=8.0)
Fig.4 Effect of hydrolysis time on the extracting ratio(pH=8.0)

由图4可知,随着时间的延长,提取率在不断增加,提取时间达到60min时,提取率增加缓慢,说明

此时大部分蛋白质已经溶解。

2.3.1.5 采用正交试验确定碱法水解最佳条件

表4 正交试验因素水平表

Table 4 The factors and levels in orthogonal test

水平	pH值	温度(°C)	固液比	水解时间(min)
1	9.0	40	1:16	45
2	9.5	45	1:17	60
3	10.0	50	1:18	75

表5 正交试验结果

Table 5 The results of orthogonal test

实验序号	pH值	温度(°C)	固液比	水解时间(min)	提取率(%)
1	1(9.0)	1(40)	1(1:16)	1(45)	45.05
2	1(9.0)	2(45)	2(1:17)	2(60)	49.06
3	1(9.0)	3(50)	3(1:18)	3(75)	47.21
4	2(9.5)	1(40)	2(1:17)	3(75)	49.66
5	2(9.5)	2(45)	3(1:18)	1(45)	48.63
6	2(9.5)	3(50)	1(1:16)	2(60)	52.35
7	3(10.0)	1(40)	3(1:18)	2(60)	60.16
8	3(10.0)	2(45)	1(1:16)	3(75)	59.65
9	3(10.0)	3(50)	2(1:17)	1(45)	56.52
I	47.11	51.62	52.35	50.07	
II	50.21	52.45	51.75	53.86	
III	58.78	52.03	52.00	52.17	
R	11.67	0.83	0.60	3.79	

极差分析得碱法提取的最佳条件为：pH10，水解时间60min，温度45℃，固液比1:16。其中pH值对提取率的影响较为显著。在最佳条件下进行一次碱提，经离心分离(4000r/min, 15min)后即得到一次碱提液，一次提取率为59.34%。

由于二次与三次碱提的主要目的是将已溶出的、剩余在残渣中的蛋白质再“洗涤”出来，而不是从麦胚粉中再提出新的蛋白质，故二次碱提的工艺条件为：pH9.5，水解30min，温度45℃，固液比1:6，经离心分离(4000r/min, 15min)后即得到二次碱提液，二次提取率为13.38%。三次碱提的工艺条件为：pH9.5，水解0min，温度为29℃，固液比1:4，经离心分离(4000r/min, 15min)后即得到三次碱提液，三次提取率为6.25%。合并三次所得提取液，总提取率为78.97%。

2.3.2 木瓜蛋白酶法水解提取小麦胚芽蛋白

因碱法提取小麦胚芽蛋白的提取率较低，本文又采用木瓜蛋白酶来提取小麦胚芽蛋白。依据郑州市奇华利科贸有限公司提供的木瓜蛋白酶的适用范围，以pH值、酶解时间、酶解温度、加酶量为影响因素做四因素三水平的正交试验，正交试验因素水平表见表6，正交试验结果见表7。

由极差分析可知各因素对提取率影响的显著性次序为：温度 > pH > 加酶量 > 水解时间。各因素的最佳组

表6 正交试验因素水平表

Table 6 The factors and levels in orthogonal test

水平	pH值	温度(°C)	[E]/[S]	酶解时间(min)
	A	B	C	D
1	5	50	2000	45
2	6	60	3000	60
3	7	70	4000	75

表7 正交试验结果

Table 7 The results of orthogonal test

实验序号	pH值	温度(°C)	[E]/[S]	酶解时间(min)	提取率(%)
	A	B	C	D	
1	1(5)	1(50)	1(2000)	1(45)	75.12
2	1(5)	2(60)	2(3000)	2(60)	91.38
3	1(5)	3(70)	3(4000)	3(75)	81.94
4	2(6)	1(50)	2(3000)	3(75)	75.12
5	2(6)	2(60)	3(4000)	1(45)	83.65
6	2(6)	3(70)	1(2000)	2(60)	76.81
7	3(7)	1(50)	3(4000)	2(60)	69.99
8	3(7)	2(60)	1(2000)	3(75)	78.52
9	3(7)	3(70)	2(3000)	1(45)	76.81
I	82.81	73.41	76.82	78.53	
II	78.53	84.52	81.10	79.39	
III	75.11	78.52	78.53	78.53	
R	7.70	11.11	4.28	0.86	

合为：A₁B₂C₂D₂，即pH5，温度60℃，加酶量3000U/g，水解时间60min，在此条件下进行酶解，经过离心分离(4000r/min, 15min)，得酶提取液，一次提取率为91.38%。

由于在一次酶提时蛋白质几乎都已经溶出来，仅有少部分蛋白质在离心过程中留于残渣中，因而二次提取时不加酶(经过大量的对比试验，也证实了二次提取时加酶对提取率的影响很小)，调pH值到5，于60℃的水浴中水解30min。然后离心分离(4000r/min, 15min)，得二次酶提取液，二次提取率为6.6%。将两次的提取液合并，总提取率为97.98%。

2.4 酸沉淀蛋白、洗涤、回调、干燥和粉碎

用4mol/L的盐酸分别调碱提取液和酶提取液的pH值到4.2，离心分离(4000r/min, 15min)得酸沉淀蛋白凝乳，其中含有大量的氢离子和盐，且干燥后不利于粉碎和研磨，因而选用6倍的水在50℃下洗涤10min，离心，重复以上步骤三次直至pH值为5.5~6.0之间，用NaOH溶液调pH7.0。接着将蛋白凝乳先置于45℃的真空干燥箱中以蒸发大量水分，然后转移至45℃的鼓风干燥箱中鼓风干燥。干燥后研磨成细粉状得小麦胚芽蛋白，称重并用凯氏定氮法测定蛋白含量，计算得碱法制备小麦胚芽蛋白的得率为61.16%，酶法制备小麦胚芽蛋白的得率为78.15%。

2.5 回收小麦胚芽淀粉

提取蛋白后剩余的残渣中绝大多数为淀粉，本实验从综合利用的角度出发，对淀粉进行洗涤纯化以回收利

用。由于淀粉中含有少量未溶出的蛋白质,因而采用6倍的pH值为9的碱液进行洗涤,离心后倒掉上清液,重复三次,可去除蛋白质。然后采用6倍的水洗涤,离心,重复三次除去淀粉中的NaOH。将淀粉置于50℃的鼓风干燥箱中鼓风干燥24h。干燥后用粉碎机粉碎成细粉状得小麦胚芽淀粉。

3 结 论

3.1 通过正交试验确定了超临界CO₂流体萃取小麦胚芽油的最佳操作条件为:萃取压力30MPa,萃取温度50℃,萃取时间2h。

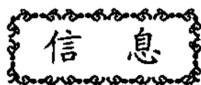
3.2 通过正交试验得碱法提取小麦胚芽蛋白的最佳工艺条件:pH10,水解时间60min,温度45℃,固液比1:16,酸沉淀蛋白pH值4.2,提取率为78.97%,得率为66.16%。木瓜蛋白酶法提取小麦胚芽蛋白的最佳工艺条件:pH5,水解60min,温度60℃,加酶量3000U/g,酸沉淀蛋白pH4.2,提取率可达97.98%,得率为78.15%。两种方法相比较,碱法提取蛋白的实验方法简单易行,具有实用性,适宜工业化生产,但是碱法水解提取率较低,得到的蛋白质色泽较差,在制备过程中容易发生变性。酶法水解生产蛋白条件温和,提取率较高,部分蛋白质分解成多种氨基酸和许多小肽段,口感较好,因而可用来研制植物蛋白饮料,作为消化系统功能不健全的特定人群(老年人、婴儿等)的膳食蛋白来

源。且木瓜蛋白酶价格便宜,也适宜工业化生产,但是其缺点是酶法水解后的蛋白质不容易沉淀析出,因而得率相对较低。故在生产中应根据实际需要选择不同的方法,满足不同的加工需求。

3.3 提取后的残渣用于淀粉生产,使得小麦胚芽得到进一步的深加工,提高了麦胚的利用价值及面粉生产企业的经济效益。

参考文献:

- [1] 朱科学,郭晓娜,等.富含多种功能性成分的小麦胚芽[J].西部粮油科技,2003,(1):40-44.
- [2] Nissan T R,Collins V K.Improving cereals with defatted wheat germ[J]. Food echnology, 1958, (11): 585-589.
- [3] 周秀琴.小麦胚芽的营养及在食品中的开发应用[J].西部粮油科技,2001,26(1):38-39.
- [4] 田效,任伟,阎鑫.小麦淀粉副产品的综合利用[J].淀粉与淀粉糖,2004,(1):31,37.
- [5] 梁灵,魏益民,师俊玲.小麦淀粉研究概况[J].西部粮油科技,2003,(3):21-25.
- [6] 黄伟坤.食品检验与分析[M].北京:中国轻工业出版社,1989.
- [7] 王肇慈.粮食食品品质分析[M].北京:中国轻工业出版社,2000.
- [8] 刘景顺,黄纪念,谭本刚.大豆分离蛋白的改性研究(一)[J].郑州粮食学院学报,1997,18(4):1-9.



美国科学家发明新型牛奶产品保护薄膜

百货商店里乳制品过道上几种常见的产品,可能不久可以用可食用和可防水的牛奶蛋白质材料包装,这是由美国农业研究组织的科学家开发的一种新方法。

这个制作过程是由美国农业研究组织研究中心研制的,利用干酪素的独特特征,一种牛奶蛋白质是奶酪中一个主要的营养配方。干酪素也被用于非食物产品中,包括粘合剂、用于纸、纺织品和涂料的修复材料。

美国农业研究组织的负责人发现,如果干酪素与水和甘油混合的话,然后再没有受到干扰的情况下,慢慢的干燥,然后形成防水、柔软和薄膜性质的材料。

干酪素薄膜能够作为优质的薄片,或覆盖物,形成对外部事物接触的障碍,从而保护产品受损或被污染。可食用的薄膜禁闭在湿度中,因此能被用做乳制品的包装材料,例如奶酪或作为松软干酪或酸乳酪的包装碾压成分。调味料、维他命或矿物质能够增强口味和营养。