



精细化工产品生产技术丛书

食品添加剂生产技术

宋小平 主编



科学出版社

精细化工产品生产技术丛书

食品添加剂生产技术

宋小平 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍食品营养强化剂、乳化剂、抗氧化剂、着色剂、酸度调节剂、增味与甜味剂、防腐剂和增稠剂的生产技术信息,全面系统地介绍了产品性能、生产原理、技术配方、生产设备、生产工艺、产品标准、质量检验和产品用途等。这是一部内容丰富、资料翔实、技术实用、工艺具体的专业技术工具书。

本书对从事食品添加剂研究与开发和精细化工产品研制开发的科技人员、生产人员,以及高等院校应用化学、食品工程、精细化工等专业的师生都具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

食品添加剂生产技术/宋小平主编. —北京:科学出版社, 2016.5

(精细化工产品生产技术丛书)

ISBN 978-7-03-048236-5

I. ①食… II. ①宋… III. 食品添加剂-生产工艺 IV. ①TS202.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 095494 号

责任编辑:贾 超 / 责任校对:贾伟娟
责任印制:张 伟 / 封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2016 年 5 月第一次印刷 印张: 21 1/2

字数: 420 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

“精细化工产品生产技术丛书”是一系列有关精细化学产品的技术性图书。它包括有机化学品、无机化学品和复配型化学品。按照精细化学品应用的对象,将以《颜料生产技术》《染料生产技术》《药物生产技术》《精细无机化学品生产技术》《精细有机中间体生产技术》《食品添加剂生产技术》等分册出版。对促进我国精细化工产品的技术发展、推动精细化工产品技术进步、加快我国精细化工产品的技术创新、提升精细化工产品的国际竞争力具有重要意义。

本书为《食品添加剂生产技术》分册,主要介绍了食品营养强化剂、乳化剂、抗氧化剂、着色剂、酸度调节剂、增味与甜味剂、防腐剂和增稠剂的生产技术信息,全面系统地介绍了产品性能、生产原理、技术配方、生产设备、生产工艺、产品标准、产品用途等,是一部内容丰富、资料翔实、实用性很强的技术操作工具书。本书在编写过程中,参阅和引用了大量国内外专利及技术资料,书末列出了一些参考文献,各产品中还列出了相应的、原始的研究文献,以便读者进一步查阅。

应当强调的是,在进行食品添加剂的开发生产时,应当遵循先小试,再中试,然后进行工业性试产的原则,以便掌握足够的生产经验和控制参数。同时,要特别注意生产过程中的防火、防爆、防毒、防腐以及生态环境保护等相关问题,并采取相应有效的防范措施,以确保安全顺利地生产。

本书由宋小平教授主编,参加本书编写的有韩长日、付艳辉、陈文豪、张小朋等。全书由宋小平审定。

本书的出版,得到了国家自然科学基金项目(81160391、21362009、81360478)、国家国际科技合作专项(2014DFA40850)、科学出版社、海南科技职业学院和海南师范大学的资助和支持,在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平,疏漏和不妥之处在所难免,恳请广大读者和同仁提出批评与建议。

编 者

2016年3月

目 录

前言

第 1 章 食品营养强化剂	1
1.1 天然干酪	1
1.2 L-赖氨酸	6
1.3 甘氨酸	11
1.4 L-天冬氨酸	13
1.5 牛磺酸	14
1.6 烟酰胺	17
1.7 维生素 A	19
1.8 维生素 B ₁	23
1.9 维生素 B ₂	27
1.10 维生素 B ₆	30
1.11 维生素 E	33
1.12 维生素 D ₂	36
1.13 维生素 K ₁	38
1.14 维生素 C 磷酸酯镁	41
1.15 烟酸	42
1.16 叶酸	46
1.17 肌醇	49
1.18 γ -亚麻油酸	53
1.19 L-肉碱	56
1.20 氯化胆碱	58
1.21 泛酸钙	60
1.22 乳酸钙	64
1.23 葡萄糖酸钙	66
1.24 碳酸钙	68
1.25 葡萄糖酸锌	70
1.26 硫酸锌	72
1.27 乳酸亚铁	76

1.28 葡萄糖酸亚铁	77
第2章 食品乳化剂	80
2.1 山梨糖醇酐单油酸酯	80
2.2 山梨糖醇酐单硬脂酸酯	83
2.3 山梨糖醇酐硬脂酸酯聚氧乙烯醚	85
2.4 山梨糖醇酐油酸酯聚氧乙烯醚	88
2.5 甘油单硬脂酸酯	90
2.6 聚甘油单油酸酯	92
2.7 硬脂酸聚甘油酯	95
2.8 蛋白酶	95
2.9 硬脂酰乳酸钠	97
2.10 硬脂酰乳酸钙	99
2.11 脂肪酸丙二醇酯	101
2.12 蔗糖脂肪酸酯	103
第3章 抗氧化剂	105
3.1 丁基羟基茴香醚	105
3.2 特丁基对苯二酚	109
3.3 豆磷脂	111
3.4 2,6-二叔丁基对甲酚	113
3.5 4-己基间苯二酚	115
3.6 三羟基苯丁酮	117
3.7 茶多酚	118
3.8 没食子酸丙酯	122
3.9 D-异抗坏血酸钠	125
3.10 L-抗坏血酸	127
3.11 左旋抗坏血酸硬脂酸酯	130
第4章 着色剂	131
4.1 艳红	131
4.2 食用色素红3号	134
4.3 食用靛蓝	137
4.4 甜菜红	141
4.5 胭脂红	143
4.6 食用柠檬黄	145
4.7 姜黄色素	148
4.8 日落黄	151

4.9	栀子蓝色素	153
4.10	红果子色素	154
4.11	辣椒红	155
4.12	苋菜红	158
4.13	紫胶红	161
4.14	红曲色素	163
4.15	焦糖色	166
4.16	栀子黄	170
第5章	食品酸度调节剂	173
5.1	磷酸	173
5.2	乙酸	175
5.3	L-酒石酸	177
5.4	苹果酸	179
5.5	富马酸	181
5.6	己二酸	184
5.7	柠檬酸	186
5.8	柠檬酸钠	189
5.9	乳酸	191
第6章	增味剂与甜味剂	195
6.1	味精	195
6.2	鸟苷酸二钠	202
6.3	5'-肌苷酸二钠	206
6.4	L-谷氨酸	209
6.5	DL-氨基丙酸	212
6.6	琥珀酸二钠	213
6.7	葡萄糖酸内酯	216
6.8	丁二酸	218
6.9	食品调味剂	220
6.10	汤类食品调味料	223
6.11	食品增香剂	227
6.12	食品酸味抑制剂	227
6.13	粉末酸味剂	228
6.14	食品碱性剂	228
6.15	食品酸味剂	229
6.16	不溶性糖精	230

6.17	糖精钠	234
6.18	甘露醇	236
6.19	山梨醇	240
6.20	木糖醇	241
6.21	麦芽糖醇	244
6.22	异麦芽酮糖醇	247
6.23	三氯蔗糖	249
6.24	葡萄糖	253
第7章	食品防腐剂	255
7.1	苯甲酸	255
7.2	苯甲酸钠	259
7.3	对羟基苯甲酸丁酯	260
7.4	对羟基苯甲酸丙酯	261
7.5	对羟基苯甲酸异丁酯	263
7.6	尼泊金甲酯	264
7.7	对羟基苯甲酸乙酯	265
7.8	山梨酸	267
7.9	丙酸	268
7.10	脱氢乙酸	270
7.11	丙酸钙	272
7.12	乙氧喹	273
7.13	2-萘酚	275
7.14	2-羟基联苯	278
7.15	噻菌灵	279
7.16	十二烷基二甲基苄基溴化铵	281
7.17	仲丁胺	283
7.18	桂醛	285
7.19	乳酸链球菌素	287
7.20	2,4-二氯苯氧乙酸	290
第8章	食品增稠剂	294
8.1	聚丙烯酸钠	294
8.2	羧甲基淀粉钠	295
8.3	羧甲基纤维素钠	297
8.4	琼脂	301
8.5	明胶	302

8.6 果胶.....	308
8.7 卡拉胶.....	310
8.8 阿拉伯胶.....	312
8.9 结冷胶.....	315
8.10 黄原胶.....	316
8.11 β -环糊精.....	319
8.12 羟丙基淀粉.....	321
8.13 淀粉磷酸酯钠.....	323
8.14 海藻酸钠.....	325
8.15 海藻酸钾.....	328
8.16 海藻酸丙二醇酯.....	330
主要参考书目.....	333

第 1 章 食品营养强化剂

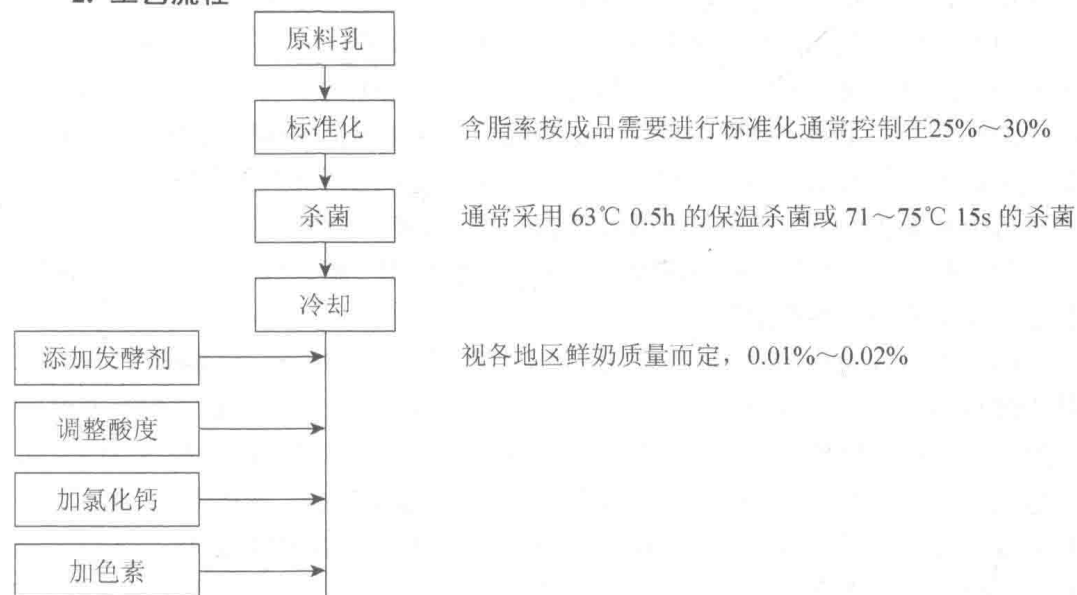
营养强化剂主要可分为维生素、氨基酸、矿物质三大类。常用的维生素类有维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 C、维生素 D、维生素 PP 及其衍生物。常用的氨基酸有 8 种人体必需的氨基酸及其衍生物。无机盐中以钙、铁、锌盐为主，还有镁、铜、锰、碘、硒盐等。

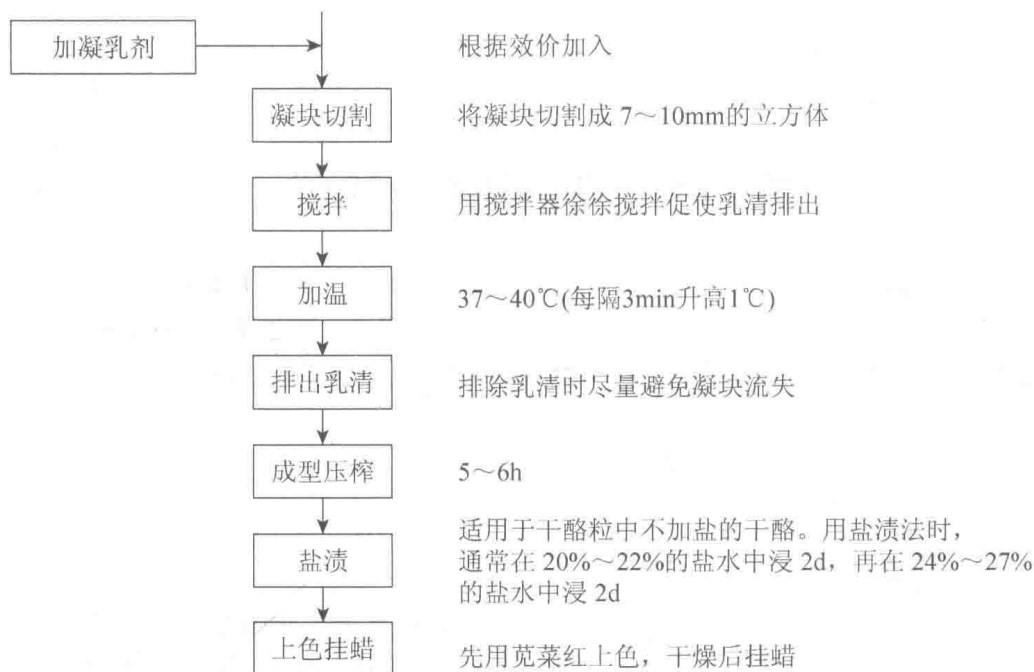
1.1 天然干酪

1. 产品性能

干酪是在乳中（也可用脱脂乳或稀奶油）加入适量的乳酸菌发酵剂和凝乳酶，使蛋白质（主要是酪蛋白）凝固后，排除乳清，将凝块压成块状而制成的产品。制成后未经发酵的称新鲜干酪；经长时间发酵成熟而制成的产品称成熟干酪。这两种干酪统称天然干酪。干酪的营养价值很高，其中除含有丰富的蛋白质、脂肪和盐类外，还含有维生素及微量成分等。干酪大体上可以归纳成三大类，即天然干酪、融化干酪和干酪食品。天然干酪的种类很多，世界上干酪种类达 800 种以上。分类方法随干酪产地、制造方法、理化性质、形状外观等而异。

2. 工艺流程





3. 操作工艺

1) 原料及预处理

生产干酪的原料，必须由奶畜分泌的新鲜良质乳。感官检查合格后，测定酸度（牛奶 18OT，羊奶 10~14OT，OT 表示牛奶、羊奶酸度）或酒精试验。必要时进行青霉素及其他抗生素试验。然后进行严格过滤和净化，并按照产品需要进行标准化。此外，不得使用近期内注射过抗生素的奶畜所分泌的乳。

(1) 净乳。某些形成芽孢的细菌，在巴氏杀菌时不能消灭，以致在干酪生产中形成很大的危害。例如，丁酸梭状芽孢杆菌在干酪中能产生大量气体，以致破坏干酪的组织。虽然以高温处理可以减少这一特殊味道，但同时也严重损害牛奶的其他特性。用离心除菌机处理，对芽孢特别有效。因为芽孢的密度比一般细菌大，故容易除去。离心除菌机有可能除去牛奶中 90% 的细菌。

(2) 标准化。标准化的目的是使每批干酪的组成一致；成品符合销售的统一标准；质量均匀，缩小偏差。

(3) 杀菌。杀菌的目的是消灭原料乳中的致病菌和有害菌，并破坏有害酶类，使干酪质量稳定。杀菌的作用为：消灭有害菌和致病菌，卫生上保证安全并可防止异常发酵；质量均匀一致；增加干酪保存性；由于加热杀菌，酪蛋白凝固，因此也包含在干酪中，可以增加干酪的产量。杀菌温度的高低，直接影响产品质量。如果温度过高，时间过长，则受热变性的蛋白质增多，用凝乳酶凝固时，凝块松软，且收缩作用变弱，往往形成水分过多的干酪。故杀菌方法多采用 63℃ 0.5h 的保温杀菌或 71~75℃ 15s 的高温短时间杀菌（HTST）。

2) 添加发酵剂和预酸化

原料乳经杀菌以后,除芽孢菌外,无论是有害或有益的微生物(如乳酸菌)全部被消灭。但原料乳中如果缺乏乳酸菌,则不可能获得正常成熟的干酪。因此,凡经过杀菌处理的原料乳,必须加入发酵剂,以促使干酪正常发酵。同时由于乳酸的生成,一部分的钙盐变成可溶性,可以促进皱胃酶对乳的凝固作用。

干酪用发酵剂的种类:用于生产干酪的乳酸发酵剂随干酪种类而异。最主要的菌种有乳酸链球菌、乳油链球菌、干酪杆菌、丁二酮链球菌、嗜酸乳杆菌、保加利亚乳杆菌以及噬柠檬酸明串珠菌等。通常选取其中两种以上的乳酸菌配成混合发酵剂,加入杀菌乳中。

乳经杀菌后,直接打入干酪槽中,冷却到 $30\sim 33^{\circ}\text{C}$,然后加入经过搅拌并用灭菌筛过滤的发酵剂,充分搅拌。为了使干酪在成熟期间能获得预期的效果,达到正常的成熟,加发酵剂后应使原料乳进行短时间的发酵,也就是预酸化。经 $10\sim 15\text{min}$ 的预酸化后,取样测定酸度。

3) 加入添加剂

为了使加工过程中凝固硬度适宜、色泽一致和防止产生气菌的污染,原料乳中需加入下列添加剂:

(1) 氯化钙。原料奶的质量较差时,凝乳产品性能不可能令人满意,这时凝块松散,切割后碎粒很多,以致干物质的损失也很大。为了改善凝固产品性能,提高干酪质量,可在每 100kg 原料乳中添加 $5\sim 20\text{g}$ 的氯化钙。但不要过量,过量会使凝块太硬,难于切割。

(2) 硝酸盐。原料乳中有丁酸菌或产气菌时,会产生异常发酵,可以用硝酸盐(硝酸钠或钾)抑制这些细菌。但其用量需根据牛奶的成分和加工工艺精确计算,因过多的硝酸盐能抑制发酵剂中细菌的生长,影响干酪的成熟;也容易使干酪变色,产生红色条纹和一种不纯的味道。

(3) 色素。干酪的颜色取决于原料乳中的脂肪色泽,但脂肪色泽受季节和饲料的影响,故可添加胡萝卜素之类的色素,使干酪的色泽不受季节的影响,全年一致。色素的用量随季节、市场需要而定。采用安那妥(胭脂红)的碳酸钠抽出液时,通常为每 1000kg 原料乳加 $30\sim 60\text{g}$ 浸出液。

4) 调整酸度

干酪生产过程中,温度、时间可以控制,但酸度由乳酸而产生,故难以控制。为使产品质量一致,可用 1mol/L 的盐酸调整酸度。调整程度随原料乳情况而定。

5) 添加凝乳酶

干酪生产中,乳中加酶凝固是一个重要的工序。凝固分两个阶段进行:首先酪蛋白被凝乳酶转化成为副酪蛋白,副酪蛋白在钙盐存在的情况下凝固。也就是说,牛乳中的酪蛋白胶粒受凝乳酶的作用变成副酪蛋白,副酪蛋白结合钙离子形

成网状结构，把乳清包围在中间。

生产干酪所用的凝乳酶，一般以皱胃酶为主，如无皱胃酶也可用胃蛋白酶代替。酶的添加量需根据酶的活力（也称效价）而定。一般以 35℃ 保温下，经 30～35min 能进行切块为准。

（1）凝乳酶活力的测定。皱胃酶的活力（或称效价）即指 1mL 皱胃酶溶液（或 1g 干粉）在一定温度下（35℃）、一定时间内（通常为 40min）能凝固原料乳的体积（mL）。活力的测定方法很多，现举一种比较简便的方法如下：

取 100mL 原料乳于烧杯中，加热到 35℃，然后加入 10mL 的皱胃酶食盐水溶液，迅速搅拌均匀，并加入少许碳粒或纸屑为标记，准确记录开始加入酶溶液直到乳凝固时所需的时间（s），此时间也称皱胃酶的绝对强度。然后按下式计算活力：

$$\text{活力} = (\text{供试乳数量} / \text{皱胃酶量}) \times [2400 / \text{凝乳时间 (s)}]$$

式中：2400s 为测定凝乳酶活力时所规定的时间（40min），活力确定以后即可根据活力计算凝乳酶的用量。

（2）皱胃酶的制备。原料的调制——皱胃酶是从犊牛或羔羊的第四胃中分泌的。当幼畜接受母乳以外的饲料时，就开始分泌胃蛋白酶。这两种酶的分离非常困难。另外，当接受饲料时，也会形成多脂肪的皱胃，使净化过程发生困难。因此，尽可能选择生后数周以内的犊牛第四胃，尤其是生后 2 周以内效力最强，喂料以后就不能应用。用于提取皱胃酶的幼畜，必须在屠宰前 10h 施行绝食，屠宰后立即取出第四胃，因皱胃的上半部分泌酶的数量较多，所以切取时，上部应在第三胃的末端切取，下部扎住胃的一端，将胃吹成球状，悬挂于背阴通风的地方使其干燥。或者将胃切开进行阴干。

皱胃酶的浸出。将干燥的第四胃用含有食盐（4%～5%）与防腐剂（10%～12% 的乙醇）溶液浸出，最初每一个皱胃用 400mL，置于阴暗处 5d，经常加以搅拌，然后倾出上清液，将残渣用离心机分离出剩余部分的液体。分离后的残渣中再加入 200mL（1 个胃的用量）的上列抽提液，浸泡 2d 后，再用上面同样的方法提取浸出液。然后将全部浸出液混合，加入 1mol/L 的盐酸 5%，这时黏稠的混合液变得透明，黏性物质产生沉淀。将沉淀物分离后，再加食盐约 5%，使浸出液含盐量达 10%。然后调整 pH 至 5～6，并放置在阴暗的地方。浸出温度用室温即可。每个小牛胃制成的浸出液可以凝固牛乳 3000L，如浸出液不直接用于生产时，为了便于运输和保存，可以用升华干燥法制成粉末。

（3）酶的加入。先用 1% 的食盐水（或灭菌水）将酶配成 2% 的溶液，并在 28～32℃ 下保温 30min，然后加到原料乳中，均匀搅拌后（1～2min）加盖，使原料乳静置凝固。注意不要使原料乳中产生气泡，应沿边徐徐加入，同时搅拌时间不要太长。

6) 凝块切割

乳凝固后，凝块达适当硬度时，用干酪刀（刃与刃的间隔为 0.79～1.27cm）

切成 7~10mm 的小立方体。切割时先用水平干酪刀切割，再用垂直干酪刀切割。

用食指斜向插入凝块中约 3cm，当手指向上抬起时，如裂纹整齐，指上无小片凝块残留且乳清透明时，即可开始切割。

自加入凝乳酶至开始凝固的时间乘以 2.5 即为可以开始切割的时间。

7) 搅拌及二次加温

凝块切割（此时测定乳清酸度），开始时徐徐搅拌，防止凝块碰碎。大约 15min 后，搅拌速率可逐渐加快，同时在干酪槽的夹层中通入热水，使温度逐渐升高。温度升高速率为：开始时每隔 3min 升高 1℃，以后每隔 2min 升高 1℃，最后使槽内温度达 42℃。加温时间，按乳清的酸度而定。酸度越低加温时间越长，酸度高则可缩短加温时间。

以牛奶干酪为例：

酸度/%	加温时间/min
0.13	40
0.14	30
0.145	25

通常加温越高，排出的水分越多，干酪越硬。特硬干酪，二次加热的温度有达 50℃ 的，这是一种特硬干酪的加工方法，也称热烫（通常加热至 44℃ 以上就称热烫）。采用这样高的温度时，必须使用嗜热细菌发酵剂。一般发酵剂中的乳酸菌可能被杀死或抑制。

加温速率不宜过快，如过快，会使干酪粒表面结成硬膜，影响乳清的排出，最后使成品水分过高。

8) 排除乳清及成型压榨

二次加热后，当乳清酸度达到 0.12%（牛奶干酪）且干酪粒已收缩到适当硬度时，即可将乳清排出。试验干酪粒硬度的方法为：用手套把干酪粒置于手掌中，尽力压出水分后放松手掌，如干酪粒富有弹性，搓开仍能重新分散时，表示干酪粒已达适当的硬度。

乳清排除后，将干酪粒堆积在干酪槽的一端，用带孔木板或不锈钢板压 5min，使其成块，并继续压出乳清。然后将其切成砖状小块，装入模型中，成型 5min，成型后用布包裹，再放入模型中用压榨机压榨 4h。当压榨开始 1h 后，上下翻转一次，并修整形状。

9) 加盐

干酪的加盐方法通常有下列 4 种：

(1) 将食盐撒布在干酪粒中，并在干酪槽中混合均匀。

(2) 将食盐涂布在压榨成型后的干酪表面。

(3) 将压榨成型后的干酪，取下包布，置于盐水池中腌渍，盐水的浓度：第

一天到第二天保持在 17%~18%，以后保持在 20%~23%。为了防止干酪内部产生气体，盐水的温度应保持在 8℃左右，腌渍时间一般为 4d。

(4) 采用上列几种方法的混合法加盐。

10) 成熟

为了改善干酪的组织状态，增加干酪特有的滋气味，加盐后的干酪必须进行 2 个月以上的成熟。

干酪的成熟是复杂的生物化学和微生物学过程。目前认为，干酪的成熟是以乳酸发酵、丙酸发酵为基础，并与温度、湿度和微生物的种类有密切关系。

干酪中的乳糖含量很少（仅 1%~2%），因为大部分的乳糖遗留在乳清中。剩余的乳糖在干酪成熟最初的 8~10d 内由于乳酸菌的作用分解为乳酸。乳酸与酪蛋白酸钙中的钙结合形成乳酸钙，乳酸钙和乳酸菌所产生的酶对干酪的成熟具有重大意义。酶能将蛋白质分解为多肽以及氨基酸。在蛋白质的分解过程中还形成乙醇、葡萄糖、CO₂ 以及丁二酮等产物（干酪中含丁二酮 0.016%~0.335%），使干酪产生气孔和特殊的滋气味，但脂肪与矿物质很少变化。

第一阶段：成熟室温度 10~12℃，相对湿度 90%~95%，排放在架上的干酪每天翻转 1 次；一周后用 70~80℃的热水浸烫 1 次，以增加干酪表面的硬度。以后每隔 7d 水洗 1 次，如此保持 20~25d。

第二阶段：温度 12~14℃，相对湿度 80%~90%，每隔 12~15d 用温水洗 1 次，持续 2 个月。

11) 上色挂蜡及储藏

为了防止长霉和增加美观，将成熟后的干酪，清洗干燥后，用食用色素染成红色。等色素完全干燥后再在 160℃的石蜡中进行挂蜡，或用收缩塑料薄膜进行密封。

成品干酪放在 5℃及相对湿度 80%~90%的条件下进行储藏。但干酪最好在 -5℃和 90%~92%的相对湿度下进行储藏，这样可以保存 1 年以上。

4. 产品用途

干酪中含有大量人体必需氨基酸，与其他动物性蛋白质比较，质优且量多，含有丰富的营养成分，相当于原料乳中蛋白质和脂肪浓缩 10 倍。用作营养强化剂。

5. 参考文献

- [1] 胡婉珊. 干酪领域中国发明专利申请现状分析[J]. 乳业科学与技术, 2015, (03): 39-44.
- [2] 刘秀梅, 唐民民. 新鲜软质干酪加工工艺探讨[J]. 中国乳业, 2014, (12): 60-62.
- [3] 范金波, 夏琳婧, 周素珍, 等. 压榨工艺对干酪品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, (07): 23-28.

1.2 L-赖氨酸

L-赖氨酸 (L-lysine) 又称 L-己氨酸、L-2, 6-二氨基己酸 (L-2, 6-diamino

hexanoic acid)、L- α , ϵ -二氨基己酸, 分子式为 $C_6H_{14}N_2O_2$, 分子量为 146.19, 结构式为



1. 产品性能

无色针状结晶。224℃分解, 在 210℃变黑。极易溶于水, 微溶于醇, 不溶于乙醚。在空气中吸收二氧化碳。比旋光度+14.6° [C (测量条件浓度)=6.5, 水中], +25.9° ($C=2$, 6mol/L HCl 中)。L-赖氨酸是人类和动物生长所必需的氨基酸。无毒。易潮解, 其盐酸盐较稳定。

2. 生产方法

1) 蛋白质水解抽提法

一般以血粉为原料, 用 25%硫酸水解, 水解液用石灰中和, 过滤去渣。滤液真空浓缩, 然后过滤除去不溶解的中性氨基酸, 在热滤液中加入苦味酸, 冷却至 5℃, 保温 12~16h, 析出 L-赖氨酸苦味酸盐结晶, 冷水洗涤后, 结晶用水重新溶解, 加盐酸生成赖氨酸盐酸盐, 滤去苦味酸, 滤液浓缩结晶, 得赖氨酸盐酸盐。

2) 直接发酵法

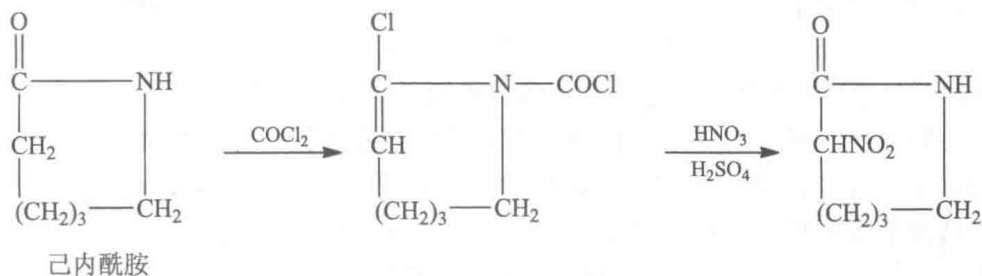
这是目前赖氨酸工业生产的主要方法。该法利用微生物的代谢调节突变株、营养要求性突变株(突变株的 L-赖氨酸生物合成代谢调节部分或完全被解除), 以淀粉水解糖、糖蜜、乙酸、乙醇等原料直接发酵生成 L-赖氨酸。

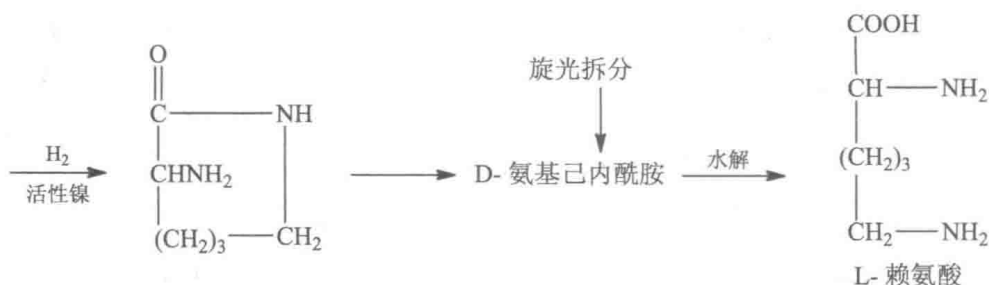
3) 酶法

利用微生物产生的 D-氨基己内酰胺外消旋酶使 D 型氨基己内酰胺转化为 L 型氨基己内酰胺; 再经 L-氨基己内酰胺水解酶作用生成 L-赖氨酸。D-氨基己内酰胺外消旋酶产生菌有奥贝无色杆菌、裂环无色杆菌、粪产碱杆菌等。具有 L-氨基己内酰胺水解酶的菌种有劳伦氏隐球酵母、土壤假丝酵母、丝孢酵母等。

4) 合成法

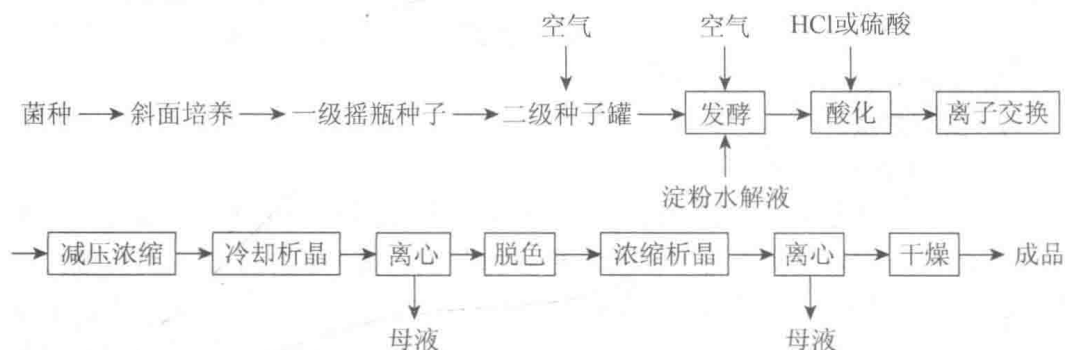
以己内酰胺为原料, 得到外消旋赖氨酸, 经拆分得 L-赖氨酸。



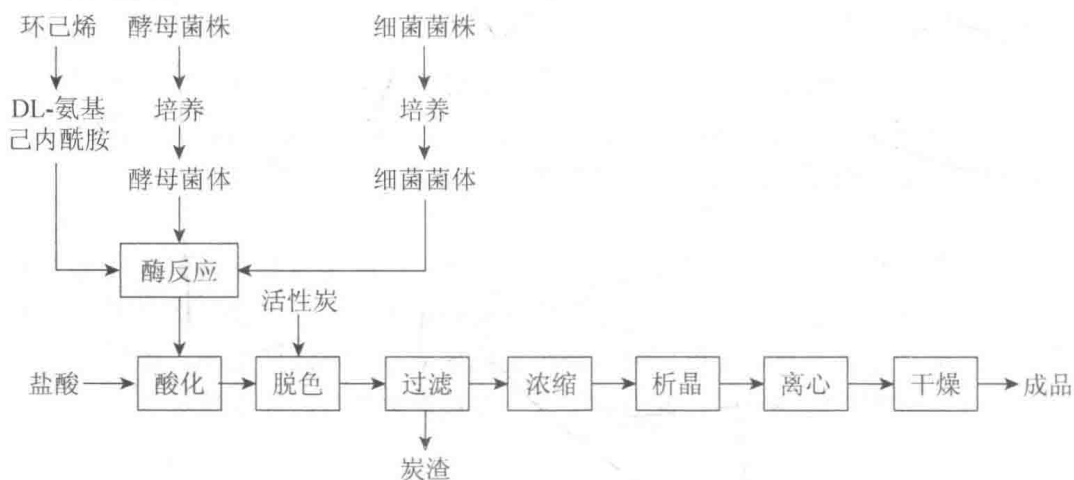


3. 工艺流程

1) 直接发酵法



2) 酶法



4. 操作工艺

种子培养是逐级扩大的，一般分二级：一级摇瓶种子，二级种子罐、发酵罐。种子培养包括配料、灭菌、接种、培养、检查等步骤。

在赖氨酸发酵生产时，通过控制培养物中的生物素、L-苏氨酸和 L-甲硫氨酸的含量、温度、pH、溶解氧（通风量、搅拌速率）等条件保证 L-赖氨酸生产菌大量积累赖氨酸。赖氨酸发酵时间以 16~20h 为界，分为前、后两个时期，前期为菌体生长期；后期为赖氨酸生成期。两个时期温度、pH、溶氧浓度的控