

바이오테크놀러지에 의한 天然纖維의 精練 — 韌皮纖維(麻類)와 絹纖維의 醱酵精練 —

禹 志 亨

檀國大學校 纖維工學科

1. 序 論

오래전부터 一部の 天然纖維 精練에 微生物을 利用하여 왔다. 바꿔 말해서 生物工學的으로 이것들을 處理하여 왔다.

그 代表的인 例로 “麻類”와 “生絹系”를 들 수 있다. 麻類(亞麻, 苧麻(라미), 大麻, 黃麻 등)의 韌皮纖維類는 纖維의 周圍를 둘러싸고 있는 펙틴物質이 纖維相互間을 견고하게 附着시키고 있을 뿐만 아니라 上皮(表皮), 形成層까지도 膠着하고 있다. 그러므로 이 펙틴物質의 除去 없이는 도저히 개개의 섬유로 分離가 안되며 木質部와 表皮와도 서로 離脫되지 않는다. 그러므로 紡績이 不可能하다 하여 이들 物質을 除去하는 수단으로 微生物을 應用하는 소위 “醱酵精練” 方式이 오래전부터 採擇되어 오고 있다. 그리고 絹系紡績의 原料로 使用하는 副蠶系(waste silk)는 피브로인(fibroin)의 주위 표면이 세리신으로 덮혀져 있으며 또한 柔軟성이 缺如되고 있으므로 紡績上 必要로 하는 抱合성이 없으며, 이들은 심하게 서로 얽혀져 헝크러져 있다. 그러므로 이들 生糸찌꺼기 纖維에서 세리신을 除去하지 않고는 피브로인 纖維系로 될 수가 없기 때문에 紡績이 도저히 不可能하다. 그런데 生(絹)糸 또는 生絹織物을 精練하려면 흔히 弱알칼리, 비누, 陰이온 또는 非이온의 界面活性劑 등의 溶液中에서 沸騰處理하는 것이 일반적인 방법이지만 生糸의 찌꺼기 纖維인 副蠶系는 그 품질이 매우 다양하고 精練處理에 所要되는 藥品과 其他의 費用이 많이 들게되며 또 다른 여러가지 理由 등으로 醱酵精練方式이 採擇되어 오고 있다. 微生物의 바이오테크놀러지에서 酵素의

概念을 아주 간략하게 간추려 볼 때 微生物細胞는 營養物質을 外界로부터 섭취하여 여러가지 機能을 영위하게 되는데 이는 細胞內에서 이루어지고 있는 物質의 化學的 變化를 代謝(metaboism)라고 부르며 一般的으로 代謝過程에서 營養物質은 細胞內에서 많은 종류의 酵素作用으로 分解作用을 받게된다. 그런데 上記한 바와 같이 天然纖維類의 精練에 利用되고 있는 酵素類는 거의 加水分解酵素(hydrolyase)에 속한다. 이들은 펙틴物質이나 폴리펩티드(Polypeptide)의 高分子 有機結合을 加水分解하여 切斷한다. 即, 麻類에서는 韌皮纖維의 相互間 및 形成層 내지 木質部까지도 시멘트(cementing)의 役割을 하고 있는 펙틴物質은 加水分解로 인하여 可溶性이 되며 鞏固하게 교착되어 있는 纖維는 相互間은 물론이고 表皮 形成層 등에서 遊離되며 펙틴物質은 除去된다. 다음의 製織工程(scutching)에서 개개의 分離된 纖維系와 表皮(각지) 木質 등은 脫離된다. 다음 分離된 纖維系는 紡績工程에 供給된다.

그런데 副蠶系를 이루고 있는 生糸는 피브로인과 같이 세리신은 “硬蛋白質”이며 蠶體의 中部 糸腺(silk producing gland of silk worm)으로부터 分泌되며 피브로인은 後部 糸腺으로부터 分泌된다. 그러므로 兩者가 異質의 蛋白質이다. 一部에서는 세리신이 피브로인의 酸化된 것이라고도 말하고 있지만 이것은 正確한 것이 아니다.¹⁾ 生糸에서 세리신을 바이오테크놀러지에 의해 除去하려면 前述한 韌皮纖維의 펙틴物質을 제거하는 메카니즘과 같이 生糸絹은 세리신의 펩티드 高分子 鎖를 加水分解하여 切斷하는 酵素 “프로티아제(protease)”에 의해 可溶化(低分子化)되어 피브로인의 필라멘트로 分離되는

것이다. 생糸의 피브로인을 被覆하고 있는 세리신이 除去되었을 때 바브(bave)(누에吐糸口에서 放出한 두개의 합쳐진 필라멘트)는 물론이고 線糸를 한 生糸는 필라멘트가 각각 자유롭게 遊離하게 된다. 따라서 이것들을 紡績하기에 適合한 “길이”로 끊을 수 있도록 開絹(開織)과 切織(cutting)의 操作을 可能할 수 있게 한다. 酵素反應의 生物工學的 精練方法은 다음과 같다.

1. 自然發生菌에 依한 醱酵精練法
2. 純粹分離한 有用菌株에 依한 醱酵精練法
3. 市販精製된 加水分解 酵素를 利用하는 精練法

2. 韌皮纖維(麻類)의 醱酵精練

2.1 麻纖維의 不純物 펙틴物質

麻類 韌皮纖維가 함유하는 主된 不純物인 펙틴物質은 多糖(polysaccharides)에 속하는 폴리갈락트론酸(polygalactronic acid)의 無水物單位로 이루어져 있으며 直鎖狀 高分子이다. 分子內의 카복실기는 메틸기와 部分的 에스테르化 되어 있거나 또는 鹽基에 依해 部分的으로 또는 完全히 中和되어 있다.

펙틴物質에 關해서 다음에서 좀더 詳細하게 설명하기로 한다.

2.1.1 푸로우터펙틴(Protopectin)

이 物質은 펙토스(Pectose)라고도 말하며 植物體에 存在하는 여러종류의 펙틴物質의 母體로 물에 不溶性의 것이다. 酵素의 作用에 依한 部分的 加水分解에 따라 펙틴酸(Pectin acid) 또는 펙티닌酸(Pectinic acid)이 生成된다.

2.1.2 펙틴(Pectin)

펙틴은 다음에서 설명하려는 水溶性의 펙티닌酸을 말하며 메틸기의 ester化도와 中和의 程度에 따라서 여러종류가 있고 적당한 條件下에서 糖과 酸에 依해 젤리를 만들 수 있다.

2.1.3 펙티닌酸(Pectinic acid)

펙티닌酸은 前記의 “펙틴”이 콜로이드 狀態의 폴리갈락트론酸으로 얼마만큼은 메틸에스테르기를 함유하고 있다. 적당한 條件에서 糖과 酸으로 젤리를 만들 수 있다. 또한 메틸에스테르化도가 낮은 것은 어떤 種類의 金屬鹽과 겔을 만들 수 있다. 펙티닌酸의 鹽을 펙티네이트(Pectinate)라고 부른다.

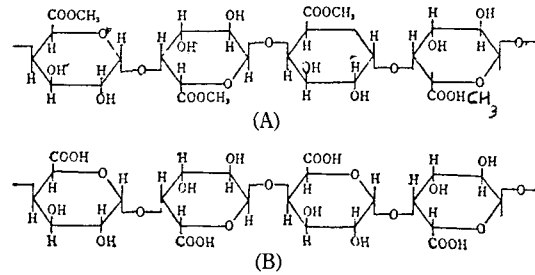


그림 1. Pectin 構造 (A) 및 펙티닌酸 構造 (B).

2.1.4 펙틴酸(Pectic acid)

메틸에스테르기를 거의 含有하고 있지 않은 콜로이드狀의 폴리갈락트론酸이다. 펙틴酸의 鹽은 펙테이트(Pectate)라고 부른다.

以上에서 펙틴質과 푸로우터 펙틴은 물에 不溶性이고 나머지의 펙틴物質들은 물에 可溶性이다. 따라서 푸로우터 펙틴은 麻의 韌皮纖維가 植物體에 있을 때 다시말해서 麻植物莖에서 剝皮한 粗硬한 纖維 가운데 含有되어 있는 大部分의 펙틴物質이다 (그림 1).

2.2 펙틴物質 分解酵素(펙티나제)의 分類

펙틴은 폴리갈락트론酸(펙틴酸이라고도 불리우고 있다.)이 部分 메틸에스테르化한 物質이다. 그리고 물에 不溶性이다. 여기에 作用하는 酵素는 그림 2 메틸에스테르를 脫에스테르化 作用하는 pectin esterase(PE)와 polygalactronic acid의 글루코시드(glycoside)의 α-1,4-結合을 加水分解하여 물에 可溶性으로 되게 하는 酵素인 폴리갈락트로나제(polygalactronase, PG) 또는 펙틴디포리마라제(pectindepolymerase P.D.M.)로 불리는 2種의 加水分解酵素로 大別되며 그 외에도 麻植物 組織中の 韌皮單纖維間, 表皮, 形成層(纖維束層과 木質部間)에 分布되어 있는 푸로우터 펙틴을 可溶化하는 protopectinase(PP)의 存在도 알려지고 있다(그림 3).

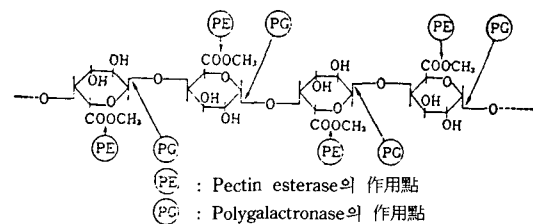
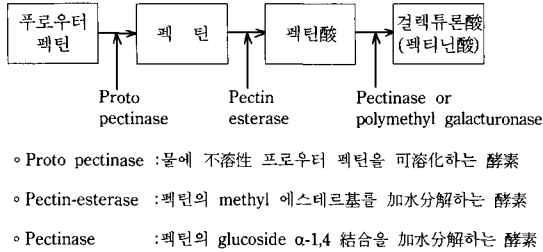


그림 2. Pectin과 Pectinase의 作用.



- Proto pectinase : 물에 不溶性 프로우터 펙틴을 可溶化하는 酵素
- Pectin-esterase : 펙틴의 methyl 에스테르기를 加水分解하는 酵素
- Pectinase : 펙틴의 glucoside α-1,4 結合을 加水分解하는 酵素

그림 3. 各種 펙틴物質에 대한 酵素의 作用과 轉化¹³⁾.

펙틴物質에 作用하는 酵素는 加水分解 酵素이므로 高分子基質 内部의 直鎖狀 펙틴의 中心部로부터 作用하여 長鎖를 切斷하여 低分子化하는 endowise型과 分子鎖의 어느 한쪽의 非還元性末端으로부터 차례차례 切斷하는 exowise型으로 大別된다. endowise型은 펙틴의 粘度를 急速하게 低下시키며, exowise型은 粘度의 低下가 뚜렷하지는 않다.

폴리갈락투론산의 主鎖가 되는 α-1,4-글루코시드 結合을 加水分解하는 펙틴-폴리갈락투로나제(PG)는 다음 表 1과 같이 分類된다.²⁾

表 1. 펙틴 폴리갈락투로나제(PG)의 種類

使用基質	加水分解酵素
펙틴	폴리메틸갈락투로나제(PMG) Polymethylgalacturonase
	①엔도폴리메틸갈락투로나제 endo-PMG*
	②엑소폴리메틸갈락투로나제 exo-PMG*
펙틴산	폴리갈락투로나제(PG) Polygalacturonase
	③엔도폴리갈락투로나제 endo-PG**(EC 3.2.1.5)
	endo-Polygalacturonase
	④엑소폴리갈락투로나제 exo-PG**(EC 3.2.1.6.7)
	ex) exo-Polygalacturonase

(小差利章 酵素應用의知識 p. 287), *未發見됨. **國際 生化學聯合會에서 制定한 酵素番號.

2.2.1 펙틴物質을 加水分解하는 酵素를 生成分泌하는 微生物의 起源

亞麻, 苧麻(라미), 大麻, 黃麻 등의 韌皮纖維의 酵素精練에 應用되는 것은 주로 細菌과 糸狀菌-곰팡

表 2.

i) 細菌 :	Bacillus var. Bacillus mecreans Bacillus mesentericus fuscus Bacillus coli, (Escherichia coli) Bacillus megatherium Micro cocuslinumus Pseudo-monas sp.* Glanupo bacter pectivorum Bacillus fluorescens liqefaciens
ii) 糸狀菌 :	Mucor hiemalis Rhizopus nigricans(mucor stolonifer) Aspergillus niger(검정곰팡이) Aspergillus oryzae(누룩곰팡이) Penicillium glaucum(푸른곰팡이) Botrytis cinerea Monascus Anka ¹⁴⁾ Cladosporium hebarum Stachybotrys sp. Altermaria tenuis

이이며 이들 生態系를 살펴보면 이들 麻類植物이 收穫前 作物自體内에는 이미 麻植物의 韌皮 및 周圍環境에 含有펙틴物質을 加水分解시키는 酵素를 生成分泌할 수 있는 微生物이나 또는 이들 微生物의 孢子(spore)가 存在하고 있으며, 만약 麻類作物이 收穫되어 이들 微生物 또는 그 孢子가 增殖이나 發芽할 수 있는 外界의 條件이 適合할 때 醱酵을 進行할 수 있게 된다. 이러한 관계로 收穫된 麻類의 莖이 醱酵탱크의 溫度, pH, 液中の 營養素 등이 적합한 條件에서 醱酵가 시작되는 것이다. 이러한 現象은 “自然界의 淨化를 하는 섭리”의 하나이다. 그 이유로는 醱酵現象은 物質의 “腐敗”이기 때문이다. 펙틴物質을 基質로 하여 加水分解 作用을 하는 酵素를 「펙티나제」라고 總稱하며 이 펙티나제를 生成分泌하는 微生物로 알려진 것은 다음 表 2와 같다.³⁾

2.3 醱酵精練의 方式

麻의 細菌醱酵方式에는 「自然菌에 依한 方法」과 純粹分離한 「有用한 選定菌에 依한 方法」으로 大別된다.

前者는 原料 麻類의 韌皮纖維 周圍環境에 自然的으로 發生存在하며 펙틴物質의 加水分解에 關여하고 있는 微生物을 應用하여 이루어지는 方法으로 현재 까지 거의 이 方式이 오래前부터 採擇되어 오고 있다. 後者는 韌皮纖維中の 펙틴物質을 加水分解하는 酵素를 生成分泌할 수 있는 微生物을 純粹分離하고 이들中 가장 그 活性이 높은 菌株들을 選定한 다음 이 有用菌株를 특별보관하며, 필요시 그 菌에 適合한 培地液에서 培養增殖한 다음 精練하려는 麻類의 醱酵液에다 菌培養液을 注加 接種하고 연속하여 醱酵作用을 進行시키는 方式이다.

* 麻類의 韌皮纖維로 醱酵精練하는 경우 그 種類에 따라 亞麻(flax)는 retting, 苧麻(ramie)는 degumming, 大麻(hemp)와 黃麻(jute)는 retting 등으로 불리워진다.

2.3.1 醱酵에 關與하는 微生物 生育(增殖)에 미치는 環境因子

細菌, 糸狀菌, 酵母菌 등의 增殖에 主要한 因子로는 溫度, 營養素, 물, 壓力, 水素이온濃度(pH) 같은 것이 있다.

이들 가운데 가장 增殖에 直接的인 影響을 끼치는 因子로는 溫도와 營養素 그리고 pH이다. 이들의 因子는 물론 細菌, 糸狀菌, 酵母 등 微生物의 종류에 따라 다르며 同一種類에 속할지라도 그 菌種에 따라 相異하다.

(1) 溫度

微生物이 生命을 維持하고 增殖하는데 있어 “溫度”는 가장 重要한 要素이며 一般의 細菌類는 15~55°C가 生育溫도의 범위이며 生育의 最適溫度(Optimum temperature)는 대체로 25~40°C이다. 糸狀菌(곰팡이)의 生育溫도는 0~40°C 이지만 生育의 最適溫度는 20~35°C 이다. 곰팡이를 醱酵에 應用하는 경우 乾式(露積 또는 精練桶中에 濕한 狀態로 쌓여 놓음)으로 이루어지며 溫度는 周圍環境에 支配받게 되므로 대체로 15~25°C 範圍에서 增殖된다. 그리고 麻類의 醱酵精練에 應用되는 細菌은 中溫菌에 속하며 그 最適生育溫도의 範圍는 25~40°C 이다. 그러나 酵母類는 應用되지 않는다.

(2) 營養素

有機物의 分解에 依해 發生하는 遊離 에너지를 利用하여 生育하는 微生物의 種類를 從屬營養菌(he-

terotrophs) 또는 有機營養菌이라고도 불리우며 腐敗細菌(醱酵關與菌도 包含됨), 病原菌 등의 大多數의 細菌과 곰팡이, 酵母 등의 微生物이 從屬營養菌이며, 必要한 營養素로는 炭素源, 窒素源, 無機鹽類, 비타민類 등으로 菌體를 構成하고 있는 物質 등이다.

i) 炭素源(Carbon sources)⁴⁾

에너지源으로 利用하여 生育하는 것이며 글루코우스(포도당), 프라크토우스(果糖) 등의 單糖類와 蔗糖, 麥芽糖의 二糖類가 炭素源으로 흔히 使用된다. 澱粉이나 펙틴物質 등의 高分子 炭水化合物은 그 狀態로는 細胞內에 收容할 수가 없으므로 이를 加水分解하는 “酵素”(amylase, pectinase 등)를 菌體細胞 바깥으로 生成하는 能力을 가진 微生物만이 高分子 炭素物의 利用이 可能하다. 一般의 곰팡이類, 放線菌, 腐敗細菌(大部分의 펙틴高分子를 加水分解 溶解하는 菌도 여기에 屬하고 있다.) 따라서 펙틴物質을 加水分解하는 菌을 培養하는 경우 糖의 濃度를 細菌은 0.5~2.0%, 곰팡이 및 酵母는 2.0~5.0%의 炭素源을 培地에 附與한다. 따라서 大規模의 醱酵工程에서는 10.0% 以上の 糖濃度에서 細菌을 增殖培養하도록 한다.⁴⁾

ii) 窒素源(Nitrogen sources)

窒素源은 蛋白質 合成의 素材로 利用되는 各種의 아미노酸 生合成을 하기 위해서 不可缺하다. 培地中の 窒素源의 量에 따라서 微生物의 增殖을 支配한다. 無機窒素源으로서 암모늄鹽은 많은 곰팡이, 酵母 및 細菌에 依해서 잘 利用된다. 그러나 窒素鹽은 “곰팡이”나 一部 “細菌”에 利用되지만 酵母에서는 別로 利用되지 않는다. 各種의 微生物에 一般적으로 이용되는 窒素源은 “아미노酸”類이다. 蛋白質을 構成하는 아미노酸의 種類는 約 18~20 種類이며 이들 아미노酸을 含有하는 天然培地(엿기름물, 누룩汁 등) 中에서 微生物의 生育은, 암모니움鹽을 窒素源으로 하여 만들어진 合成培地보다는 相當히 빠르게 生育된다. 一部の 微生物은 營養素의 要求性이 強하며 특히 一種類 이상의 特定 아미노酸이 缺如되는 경우 生育되지 않을 정도이다. 培地成分으로 흔히 使用하고 있는 “페프톤”이나 “蛋白質”과 같은 高分子化合物은 그대로 菌의 細胞內에 收容될 수 없기 때문에 細胞 바깥에 分泌된 蛋白質의 分解酵素에 依하여 低分子化된 “펩티드(peptide)”나

아미노酸으로 分解시킨 後 菌體로 收容되어 營養素가 된다.

iii) 無機鹽類

微生物의 生育에 필요한 無機元素(미네랄)로는 磷酸, 硫黃, 막네시움, 칼륨, 나트륨, 칼슘 등이 비교적 多量으로 必要하며 其他 鐵, 망간, 코발트, 亞鉛, 銅, 몰리부덴 및 鹽素 등을 微量 必要로 한다. 하지만 水道물을 用水로 하는 경우 微量의 金屬이 溶存되어 있으므로 특별히 이것들을 附加할 必要가 없다. 그러나 醱酵工業에서는 培地中의 無機鹽의 量이 重要한 影響을 주는 경우가 있다. 例로 검정곰팡이(aspergillus niger)로 醱酵處理中 어떤 生産品은 培地中 銅, 亞鉛 및 鐵이온 등의 量이 適當하지 않을 경우 그 收率이 떨어진다.

iv) 비타민類(vitamins)

一部分의 微生物은 비타민 B群 등의 有機化合物을 필요로 한다. 그러나 一般의 細菌, 곰팡이, 酵母, 菌 등은 이러한 비타민類의 合成能을 가지고 있으므로 供與할 必要는 없다.

(3) 水素이온 濃度

微生物의 增殖과 生理機能(酵素의 合成과 分解와 活性化)은 外界(培地, 醱酵의 培養液)의 pH에 따라서 매우 크게 左右된다. 一般으로 微生物이 增殖하기 위해서는 各各의 最適 pH가 있다. 그렇다고 最適 pH 이외에서 전혀 增殖하지 않는 것은 아니다. 그러나 最適 pH 지역에서 멀리 떨어져 감에 따라서 增殖은 低下된다. 곰팡이와 누룩菌의 最適 pH는 微酸性으로 pH는 4.0~6.0으로 生育이 잘 되지만 pH 2.0 또는 그 以下の 強酸性에서도 生育되는 것이 있다. 細菌은 6.0~7.5로 中性 부근에 있다. 하지만 例外도 있어 大腸菌은 pH 4.5~9.0의 사이에서도 相當히 增殖한다. 一般細菌은 pH 4.5~5.0 以下에서는 거의 生育되지 않는다. 그런데 各各의 酸類가 微生物 生育에 對한 阻止作用은 主로 그 水素이온 濃度에 따르게 되지만 같은 pH일지라도 鹽酸, 黃酸 등의 無機酸보다는 醋酸, 乳酸 등과 같은 有機酸類가 菌의 阻止力이 더 強하다. 특히 醱酵處理가 進행됨에 따라 纖維中의 펙틴物質이 加水分解酵素作用으로 다당류인 펙틴物質은 糖化(低分子化)되며 존재하는 어떤 酸化酵素에 따라 生酸度가 높아지며 醱酵液의 pH가 漸次 低下되므로 恒時 체크하여 一定한 最適 pH를 유지하도록 NaOH로 調整하도록 한다. 그런데

우리가 醱酵處理에 앞서 培養의 對象이 되는 菌株의 增殖 最適 pH를 조사함은 물론 펙틴基質에 對한 生成酵素의 最適 pH도 아울러 조사할 必要가 있다. 그리하여 醱酵탱크의 pH를 調整하도록 한다.

2.3.2 自然發生菌에 依한 醱酵方式(實施)

렛팅(retting) 또는 디검밍(degumming) 등으로 불리우는 麻의 韌皮纖維에 對한 전통적인 醱酵反應이 進行中인 液中에는 펙틴物質 加水分解에 關여하는 細菌이 勿論 旺盛하게 增殖하고 있지만 醱酵作用과 거의 關係가 없는 雜多한 菌種들을 雜菌이라고 부르며 液中에 共存하고 있다. 이러한 狀態를 微生物의 一般生理의 要因으로 觀察할 때 後者의 雜菌들이 前者의 關與菌과 生育에 必要한 環境條件이 符合될 때는 增殖이 왕성하게 進행될 것이며 바꿔 말해서 이와같은 菌의 混合系에서는 相互 有利한 影響을 받아가면서 共生(symbiosis)할 것이다. 이와는 반대로 關與菌의 代謝生産物에 依해 後者의 雜菌은 그 發育이 抑制되거나 또는 反對로 前者의 關與菌이 抑制되기도 하는 拮抗(길항)(antagonism) 現象이 나타난다. 이처럼 醱酵反應이 液中에서 進行될 때 關與菌은 雜菌을 拮抗하므로서 正常的인 “醱酵”가 進行된다. 그리고 共生하는 雜菌中에는 纖維素의 加水分解酵素 셀룰라아제(cellulase)를 生成하는 菌이 混在 增殖하며 이로 因하여 麻纖維類中 構成纖維素 纖維가 損傷脆弱화하는 現象도 惹起시키게 된다. 過度醱酵(over retting or over degumming)라고 말하는 것은 위에서 말한 生成한 셀룰라아제에 起因하는 現象이다. 또 醱酵處理에 要하는 時間은 다음에 설명하는 有用選定菌을 純粹分離하고 이를 應用하여 醱酵를 進行시킬 경우에 比하여 一般적으로 길다. 동시에 醱酵處理中 纖維의 汚染이 發生된다. 이처럼 自然發生菌에 依한 醱酵方式은 雜菌이 混入 存在하므로 因하여 精練纖維製品의 品質이 脆弱화하고 一定하게 生産 管理를 維持하기가 쉽지 않다.

醱酵가 進行됨에 따라 多糖質인 펙틴物質의 加水分解 및 기타의 化學的 變化에 依하여 生成되는 有機酸類의 含有量이 높아지고 이에 따라 점차 pH가 낮아진다. 바꿔 말해서 酸性化되어 감으로 NaOH로 항상 pH가 일정하게 維持하도록 관리한다. 通常으로 關與菌이 好氣性菌이므로 醱酵탱크 底部에 近接한 深層部 原料 麻의 粗硬皮 또는 麻莖이 浸漬되어 있어 酸素의 供給이 잘 안되므로 低壓의 콤포렛서로 空

氣를 送氣하여 菌의 增殖을 돕도록 한다. 醱酵탱크는 두터운 板材나 또는 시멘콘크리트에 陶製타일을 붙여 만든 矩形탱크에 蒸氣加熱裝置, 溫度調節裝置, 水道配管, 原料麻粗硬皮 또는 麻莖을 浸漬하는 底板(細孔이 많이 뚫린)에 原料引揚리프트 등이 着裝한 것으로 그 寸수를 다음에 參考的으로 제시한다(亞麻의 溫湯浸水(醱酵) 탱크). 그러나 容積이 過大하면 效果的인 均齊한 醱酵結果를 얻기 어렵다. 그밖에 直射光線(紫外線)을 피하도록하며, 탱크內 醱酵液의 순환이 잘 되도록 한다.

(醱酵탱크의 寸수, 例)

幅×길이 3.6 m×9.0 m

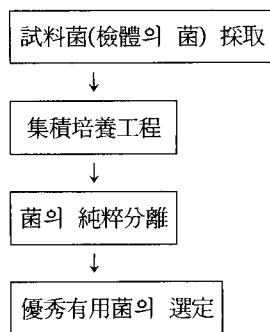
2.73×1.81 m

(過去使用하고 있었던 日本北海道 帝國製麻 工場의 例)

醱酵處理에 所要되는 時間은 麻織物의 種類, 收穫時期, 作況, 品質, 收穫 後의 管理方法, 醱酵탱크의 裝置施設 등에 따라 다르지만 대체로 50~600時間 정도이다.

2.3.3 有用選定菌의 純粹分離方法

펙틴의 醱酵精練에 關與하는 活性도가 강한 有效菌「만」을 選定하고 그 目的을 達하기 위해서 菌學的 純粹分離는 다음의 節次에 따른다.



(1) 試料採菌

라미, 亞麻, 大麻 등의 粗硬한 韌皮束의 表面에다 微生物의 移殖에 使用하는 “백금耳(platino-nos)”를 無作爲하게 문질러 採菌한다(펙틴物質을 含有하고 있는 纖維의 周圍環境에 微生物이 存在하고 있었다고 할 때 어떤 것들은 白金耳에 옮겨 갈 수가 있을 것이다).

(2) 集積培養

前項에서 試料菌으로 採菌된 것은 여러種類의 菌類가 廣範圍하게 混合, 存在하고 있을 可望性이 있다. 그러므로 應用하려고 期待되는 目的의 “菌株들”은 純粹分離하기에 相當히 複雜한 技術的 操作을 必要로 한다. 그러므로 우선 菌類의 範圍를 縮小, 簡素化시킬 必要가 있다. 이러한 目的으로 檢索(microbial screening)하고 있는 菌이 增殖하기에 가장 適合한 培養基에서 最適의 培養條件으로 위 (1)에서 試料로 採菌한 것을 接種하고 培養한다. 그 結果目的하는 微生物(펙틴物質의 加水分解菌)을 選擇的으로 優勢하게 繁殖시킨다. 이러한 過程의 培養法을 集積培養(enrichment culture)이라고 부르며 이러한 과정(同一培地, 同一培養條件)을 연속하여 몇차례 되풀이 한다. 그 결과 그 培地에 가장 適合한 微生物만이 集積하게 된다. 펙틴物質의 加水分解菌은 一般的으로 營養源으로는 “炭水化物”과 “蛋白質”을 要求하고 있으므로 다음 表의 肉汁培地(boillon)가 使用되며 培養條件은 溫度, 30~35°C, pH 6.8~7.2의 범위에서 處理됨이 바람직하다. 그리고 다른 雜菌이 아직 一部 混在하고 있을 것이므로 다음에서 설명하는 純粹分離의 操作을 하므로서 비로소 目的으로 하는 菌株의 純粹培養을 할 수 있다. 一般的으로 培養에는 다음 表 3의 肉汁培地(부이온, 培地 bouillon nutrient broth)를 사용한다(表 3).

表 3. 肉汁培地

肉汁培地	
肉汁(Beef Extract) ⁽¹⁾	5 g
펙톤(Peptone) ⁽²⁾	10 g
食鹽(Sodium Chloride)	5 g
pH	6.8~7.2
蒸溜水	1,000 ml
(AATCC 規格)*	

*American Association of Textile Chemists and Colorists. (1), (2)는 세균의 영양 요구상 필요하다.

培養條件

溫度 27~32°C

時間

檢體에서 採取試菌을 接種 後 約 32時間 정도 培養器의 振湯回收 60~80 rpm

微生物 取扱의 常法에 따라 無菌的으로 培養한다.

(3) 平板培養法에 依한 微生物의 純粹分離法

上記 (2)의 集殖培養에서는 아직도 雜菌이 混在하고 있으므로 雜菌을 除去하고 찾고 있는 醱酵目的의 微生物만은 純粹하게 分離하려면 보통 平板培養法(plate culture)이 採擇되고 있다. 이 方法의 要點은 “페트리 접시(petri dish)” 面에 평평하게 굳힌 肉汁寒天培地(broth agar medeum) 위에다 菌의 “콜로니(集落 colony)”를 形成시키고 다음 1개의 독립된 콜로니로부터 白金線 또는 白金耳로 小量의 菌體를 따내어 寒天斜面培地에다 分離, 移殖하는 方法이다. 1個의 콜로니는 완전히 獨立된 菌株의 細胞가 增殖된 것이다.

다음에서 平板培養法의 準備와 操作 등을 順序에 따라 說明한다.

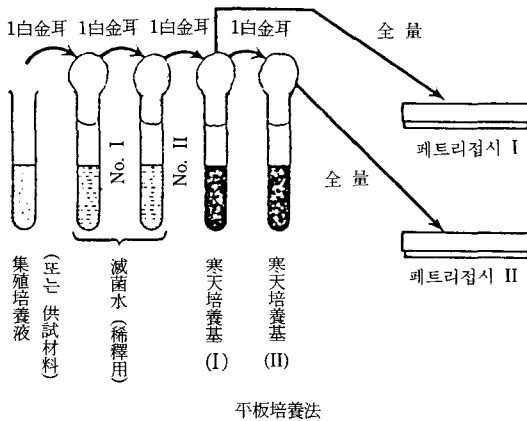


그림 4. 平板培養法.

① 試料液 稀釋

그림 4에서 먼저 알코올램프 또는 가스버너의 불꽃으로 白金耳를 殺菌한 다음 集의培養液(또는 試料液)에 담겼다가(浸) 나온 것이 때 白金耳는 約 1 ml의 試料液을 떠낸다.)을 滅菌水 約 10 ml가 당겨져 있는 試驗管(No. 1) 中에 넣고 잘 흔들어가며 섞는다.

다음에 다시 불꽃殺菌한 1白金耳로 稀釋試驗管 No. 1의 液을 滅菌水 約 10 ml가 들어 있는 試驗管 No. 2에 옮기고 잘 휘저어 섞는다(10×10倍의 稀釋의 例임)

② 稀釋試料의 寒天培養基에서 稀釋

滅菌水에서 稀釋한 試料를 1白金耳를 取하여 미리

溶解시켜서 45° 정도로 保溫하고 있는 寒天培養基(I)에다 넣고 흔들어 섞어 試料(菌)를 分散시킨다. 다시 (I)로부터 1白金耳의 試料를 取하여 다른 寒天培養基 (II)에 넣고 재빠르게 흔들어 섞는다.

③ 試料의 平板培養基 作成

寒天培養基(I), (II)가 凝固되기 前에 試驗管의 寒天培養基(I) 및 (II)를 各各 別個의 페트리접시(I), (II)에다 無菌的으로 注入한다. 이때 試驗管으로부터 寒天培地를 따라 넣을 때 접시 전면에 均齊히 퍼지게 하고 靜置放冷한다. 10~30分 後에는 이것이 平板狀으로 굳어진다.

④ 콜로니(集落)의 發生

寒天培地가 確實하게 固化되면 2個의 페트리접시를 거꾸로 뒤집어서 뚜껑이 아래로 가도록 하여 25~37°C의 適溫에 調整한 恆溫器(培養基, Incubator)에 넣고 培養한다. 24~48時間 後에 肉眼的으로 관찰할 수 있을 정도로 콜로니가 發生하게 되면 (I), (II) 두장 의 페트리 접시 가운데 콜로니 數가 적당 (10~100個의 범위가 좋다.)한 것을 선택하여 콜로니의 形態, 菌體크기, 빗갈들의 특징 등에 따라 目的菌으로 생각되는 콜로니를 콜라낸다. 다음 平板에 발생한 콜로니들 가운데서 白金耳를 사용하여 小量의 菌을 따내서 寒天斜面培地(slant agar media)에 移殖하고 培養하여 一段의 純粹培養을 한다. 바뀌 말하여 여기서 얻어진 菌株들은 單一菌이다. 바뀌 말하여 純粹同一種屬의 菌株를 뜻한다. 그런데 純粹分離의 正確度를 期하기 위해 위에서 說明한 操作節次를 더욱 2回 以上 되풀이 하여 연속한다.

(4) 純粹分離菌中 펙틴物質 加水分解能力이 最優秀한 有用菌의 選定

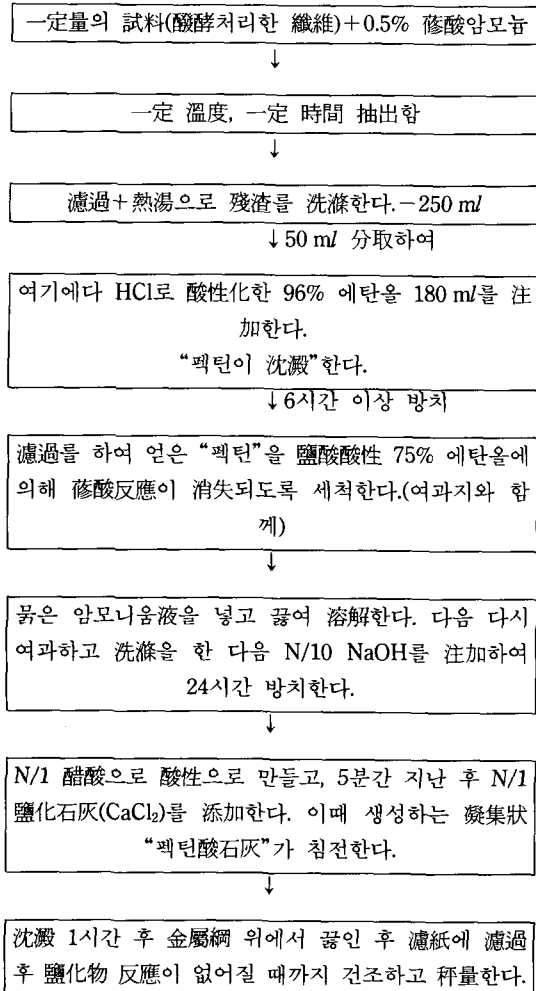
紙面關係로 說明은 省略하고 몇 가지 方法의 要旨만을 적기로 한다.

方法 A: 試藥 시트로우스펙틴(citrous pectin)에 對한 分離菌의 加水分解量으로 判定한다.

方法 B: 機器分析法으로* 未處理한 粗硬皮纖維가 含有하는 펙틴物質量과 分離菌으로 處理纖維의 含有 펙틴物質量을 比較하여 그 除去量으로 判定한다.

방법 C: 펙틴 殘留量 定量 分析 醱酵處理한 試料의 殘留펙틴을 Nanji and Norman⁵⁾의 펙틴 定量法에 準하여 表 4와 같은 定量分析節次에 따라 實

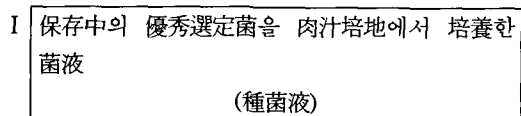
表 4. 펙틴 함유량定量分析節次 (試料中の 펙틴을 펙틴石灰로定量한다.)



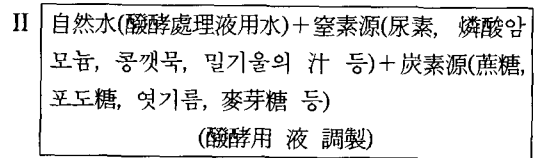
施한다.

* 韌皮纖維의 “펙틴物質”, 絹纖維의 “펩티드”化合物 등의定量分析에 참고로 다음機器를 추천한다.

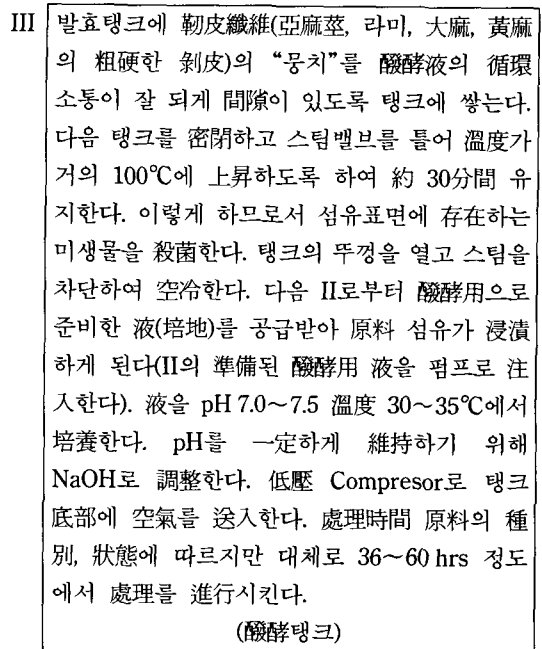
1. Liquide Chromatography 型
 2. Fourie Tranc Form Infare Spectrometre⁶⁾
- (5) 選定된 優秀有用菌에 의한 醱酵(實施) 優秀選定菌에 의한 韌皮纖維의 醱酵精練 시스템 節次



↓



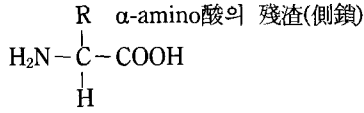
↓ 펌프로



3. 副蠶糸(生絹)의 醱酵精練(Degumming of Fermentation)

3.1 세리신

蛋白質化學에서는 “세리신”은 序論에서 言及한 바와 같이 피부로인, 케라틴(Keratin), 콜라겐(Collagen), 일에스탄(elastin) 등과 같이 硬蛋白質로 分類된다. 水溶液의 舉動이 제라틴(gelatin-精製된 아교-)과 매우 비슷하였기 때문에 옛적에는 “絹膠”라고도 불리워졌다. 세리신은 多數(各種의)의 α-아미노酸이(表 5)이 一列로 連結하여 生成된 分子, 바 꾸말해 β-포리페프리트(β-Polypeptide)이다. 다음式에서 同一의 α-炭素原子에 아미노基 NH₂, 側鎖 R(α-amino酸의 殘基)과 카르복실基(COOH)가 結合되어 있는 아미노酸이다. 例로 表 6에서 R이 H의 경우 glycine 그리콜(glycoll)이며, CH₃의 경우 alanine이고 어떤 것은 COOH基, NH₂基, C₆H₅基를 가지고 있는 것도 있다.



Sericin은 易溶性 세리신(soluble sericine)과 難溶性 세리신(insoluble sericin)으로 나뉘며, 아미노산 組成이나 化學構造의 支配를 많이 받게 될 것으로 생각되는 性質에 관하여 거의 아무런 差가 認定되지 않는다. 따라서 分別沈澱시킨 易溶성과 難溶性 세리신 사이에는 各各의 化學構造를 特徵지울 정도의 아미노산 組成에 差異가 없고 兩種의 세리신을 分別하는 한 方法(沈澱方法에 따라)으로 分子量이 큰 것은 難溶性이며 적은 것은 易溶性으로 생각하고 있다.¹⁶⁾ 또한 세리신이 熱水에 依해 溶解되는 性質을 利用하여 세리신을 分別하려는 한 方法으로 生絹糸(未精練絹)를 熱水中에서 溶解시켰을 때 三段階로 溶解가 進行됨을 알게되어, 溶解性을 달리하는 三分劃이 存在하는 것이 研究者들에 依하여 밝혀졌으며 溶解하기 쉬운 順序에 따라 “세리신 I”, “세리신 II”, “세리신 III”으로 불리워지고 있다. 여하간 세리신은 蛋白質 加水分解 酵素 “프로티아제”(특히 알칼리성프로티아제)에 의하여 效果的으로 化學組成을 加水分解하여 分子結合을 끊어 低分子로 懸濁(溶解狀態)되어 除去된다. 從來로 通常적으로 生糸에서 세리신을 除去하는 精練方法은 微알칼리성 비누(所謂 中性비누-例로 마르세이유 비누) 炭酸

나트륨, 硅酸나트륨 및 適當한 界面活性劑 등을 使用하여 稀薄 溶液에서 90°C 以上の 高溫에서 1時間 以上 處理하여 세리신을 除去하는 精練方式이다.

3.2 絹纖維의 세리신 加水分解酵素

펩티드化合物의 結合을 切斷하는 加水分解酵素 프로티아제에는 다음의 種類가 있다.

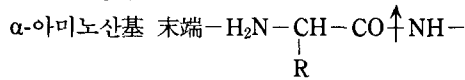
1) Endo-Peptidase(EC. 3421~3424)*

高分子 Peptide 結合의 内部構造에 位置하는 部分을 末端位置에 있는 分子結合과 같이 몇 個式의 分子로 홀어지게 切斷할 수가 있는 作用을 보여주는 것으로 Peptide 뿐만 아니라 다른 天然蛋白質類까지도 能히 分解하는 type의 酵素이다. 이들은 微生物로부터 얻게되는 많은 種類의 分解酵素와 動物組織, 植物의 열매로부터 얻게된다. 이 endo peptidase는 從來로 “프로티아제(proteinase)”라고 불리워왔다. 이 “프로티아제”는 다음 項에서 설명하려는 微生物(細菌, 糸狀菌, 放射線菌) 起源生成의 것과 植物起源의 papain*, bromelin, ficin 등과 動物起源의 Pepst(胃液), Trysin(脾臟), Cathepsin(肝, 腎, 脾臟) 등을 들 수 있다. 그런데 以上の 酵素를 總括하여 從來 “Proteinase”로 불리워져 오고 있다.

* 後記하는 “papain 酵素”도 糸狀菌(aspergillus) 屬中에서 生成하는 菌株도 存在함이 알려져 있다.

2) Exo-Peptidase(EC 3411~3417)**

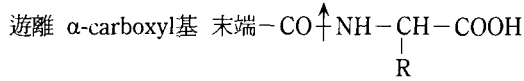
末端의 α-amino基 또는 末端의 α-carboxyl基에 特別히 反應性을 나타내는 加水分解酵素이며 前者의 endo-peptidase가 蛋白質을 어느 정도까지는 여기 저기 홀어져 加水分解가 이루어지는데 反하여 exo-peptidase는 末端으로부터 차례차례로 펩티드를 切斷하여 가는 作用을 나타낸다. 아미노산 2개로 이루어진 dipeptide에 作用하는 것을 “dipeptidase”라고 말하며, 그 이상의 peptide에 대해 作用하는 것은 “amino peptidase” 또는 carboxy peptidase”로 불리우고 있다. 이것은 從來 peptidase로부터 불리워지고 있다. 그런데 一般的으로 프로티아제(protease)라고 부르면 “Proteinase”의 것을 意味하게 되는 경우가 많다.



amino peptidase의 作用位置

表 5. Sericin의 아미노산 殘基

Amino酸	R. 側鎖의 構造
Glycine	H ⁻
Alanine	CH ₃ ⁻
Serine	HO·CH ₂ ⁻
Tyrosine	HO·C ₆ H ₄ ·CH ₂ ⁻
Leucine	(CH ₃) ₂ ·CH·CH ₂ ⁻
Aspartic acid	HOOC·CH ₂ ⁻
Phenylalanine	C ₆ H ₅ ·CH ₂ ⁻
Proline	CH ₂ -CH ₂ CH ₂ -CH·COOH NH
Histidine	N-CH CH C-CH ₂ - NH



carboxy peptidase의 作用位置

** 國際生化學聯合會가 命名한 酵素富號

3.1.1 「세리신」의 加水分解酵素 “프로티아제”를 生成하는 微生物 起源

프로티아제를 生成하는 微生物은 다음과 같이 알려져 있다.

細菌	
Bacillus Subtilis Var., Bacillus cerious, Bacillus robustus, Bacillus mesentrius, Bacillus Circulans, Bacillus Stearothermophilus, Bacillus thuringiensis, Bacillus brevis 등의 好氣性 有胞子の 桿菌(枯草菌)에 속한 것들이며 알카리 프로타아제(Alkaline Protease)를 生成한다. 特히 Bacillus Subtilis는 強力한 프로타아제를 生産한다 (生成酵素의 作用 pH範圍는 5.5~6.5, 7.0, 8.2, 10.0이며 一般的으로 中性내지 알카리의 範圍이다). 副蠶糸醱酵 精練에서 應用되는 主要細菌이다.	
放射線菌:	
Streptomyces griseus(作用 pH 7.0)	糸狀菌: 9)
Aspergillus oryzae 中性(pH 6.0~7.0)	酸性(pH 3.0~4.0)
	알카리性(pH 8.0~10.0)의
	三種의 프로티아제를 生産한다.
Aspergillus niger	pH 2.5~3.0
Aspergillus saitori	pH 2.5~3.0
Penicillium notatum	pH 2.5~3.0
Penicillium javanicus	pH 5.5~6.5
Rhizous niveus	pH 3.0
Mucor racemosus	pH 3.0
Aspergillus usarii	pH 2.5~3.0
Aspergillus awamori	pH 2.5~3.0

등과 같이 糸狀菌은 酸性 프로티아제를 主宗으로 生産한다. 特히 이들 가운데 Aspergillus niger 系統의 프로티아제는 耐酸性의 酸性 프로티아제를 많이 生産한다. 그런데 糸狀菌 生成의 프로티아제는

대체로 pH 2.5~6.0에서 거의 失效하지 않고 作用하며, 適切 pH는 2.5~3.5이다. 溫度에 對한 安定性은 50℃까지는 安定하고 55℃ 10분의 處理에서 失活한다.

3.1.2 세리신의 加水分解酵素 프로티아제를 生成하는 植物起源

植物起源 프로티아제는 微生物 起源 或은 動物起源 프로티아제 만큼 그 數가 많이 알려져 있지 않으며 酵素로서는 그 特徵은 비교적 前者들과 비슷하다.

“과파인(papain)” carica papaya의 未熟果汁液이며, 凝固시켜 粉末로 만들거나 汁液을 얇게 層으로 만들어 日光乾燥시킨 것이다. 이것은 SH-프로티아제이며 α-아미노酸의 시스틴基의 存在 아래서 活性化되며 最適 pH 5.0~7.5, 最適 溫度 60℃, 生糸와 生組織物 精練에 使用되고 있다.

“Bromeline”

anana sativa의 果汁 및 나무줄기의 汁中에서 얻은 蛋白質分解酵素이지만 絹纖維精練에는 거의 利用되지 않고 있다. 最適 pH 7.0 前後, SH-프로티아제에 屬한다.

“Ficin”

Ficus屬의 分泌하는 라텍스 中에서 含有되고 있으며 이것을 건조 粉末化한 것이다. SH-프로티아제 糸로 粗酵素狀態로 存在하며 papain과 그 性質이 類似하다.

3.2 副蠶糸의 醱酵精練(Fermenting)

3.2.1 副蠶糸의 種類

原料副蠶糸의 精練에 앞서 必要한 것은 그 種類와 아울러 그들의 品質狀態에 對한 知識把握이다. 生糸나 生組織物은 種類와 品質狀態가 比較的 單純하지만 副蠶糸는 다음에서 列舉하는 바와 같이 매우 雜多하므로 合理的으로 처리하기 위해서 副蠶糸의 種類를 全般的으로 미리 把握함이 도움이 될 것으로 생각된다.

앞서 序論에서 言及한 바와 같이 副蠶糸는 누에 고치에서 “알맹이”되는 生糸의 필라멘트 部分만을 製糸하여 뽑아내고 殘餘의 찌꺼기 絹織物(Waste silk) 일체가 포함되기 때문에 그 種類와 그 品質이 매우 多樣하다. 다음에서 生産되는 副蠶糸를 系統

別로 분류 설명한다.

派生過程

- 副蠶糸 生産系統 { (1) 養蠶屑蠶糸
(2) 製糸屑蠶糸
(3) 紡績 및 製織屑蠶糸

이들 屑蠶糸를 간단히 설명하면

(1) 養蠶屑蠶糸

이것은 주로 養蠶業에서 파생되는 누에고치 찌꺼기를 총칭하는 것으로 아래서 말하려는 製糸工程에서 發生하는 찌꺼기에 비해 세리신의 함유량이 많으므로 精練收率이 약간 떨어진다. 養蠶의 찌꺼기 蠶糸는 주로 다음과 같이 大別된다.

- 나방나온 고치
養蠶찌꺼기 고치중 最上等級原料에 속한다.
- 雙고치 또는 玉고치
두마리 이상의 누에가 하나의 고치속에 들어가지는 것.

- 屑蠶(養蠶에서 그냥 이렇게 부른다.)
다음 製糸工程에서 繰糸(cocoon reeling)가 困難하거나 또는 下等級의 누에고치를 총칭하며 종류가 많고 多樣하다. 이를 分類하면 “汚染고치”, “죽은 누에고치”, “구더기나온 고치”, “얇은 고치(薄皮繭)”, “섭자리(簇)고치”, “구멍고치”, “繭線(섭자리簇에서 고치를 짓는 경우 이를 떠 받쳐주는 糸縷<실오라기>를 수집한 솜털같은 것)”, 쥐 糞은 고치” 등이다.

(2) 製糸工程屑蠶糸

製(操)糸 工程中 發生하는 絹纖維의 찌꺼기를 통틀어 말하는 것으로 그 종류가 대단히 많으며 絹紡績原料의 過半을 차지하고 있으며 다음과 같이 分類된다.

- 生皮苧(Kibiso Japamess Curries Frison)
生糸를 감아올리는 繰糸過程에 고치에서 올바른 실끝(糸緒)을 찾아내기 위해 고치표면에 있는 실끝을 손으로 당겨 뽑아낸 것으로 대단히 優良한 原料에 屬한다. 操業하는 製糸機種에 따라 機械生皮苧와 手動式으로 操業한 座操式 製糸機의 生皮苧로 大別한다.
- 외두사(熨斗糸)
生皮苧中 길고 가장 優良한 것으로 길게 연속된 것을 잡아당겨 펴고 다발로 만들어진 정리된 것으로 纖維가 強韌하다.

- 돌려준고치
제사操作上 부주의 또는 고치가 잘풀려 나오지 않기 때문에 할수없이 繰糸속에서 건져 내놓은 것들이다. 비교적 좋은 副蠶糸이다.

- 용춘(蛹襯), 比須
고치 最內層의 얇은 膜으로 동시에 번데기를 싸고 있는 얇은 고치로 더 以上은 繰糸가 不可能한 것으로 섬유가 가늘고 脆弱하다. 原料中 가장 劣等한 것이다. 膜中에서 번데기를 除去한 것을 “比須”라고 부른다.

- 生糸屑
操糸할 때 製糸機의 열레(reel)에 잘못 감긴것 또는 되돌림(再揚纒) 工程에서 發生한 찌꺼기 生糸.

(3) 紡績 및 製織 屑物
生糸의 加熱, 製織, 紡績工程中 發生하는 일체의 絹屑物을 총칭하며 그들 가운데 加熱된 것은 개개의 섬유로 解紆가 어렵다. 따라서 이들은 精練, 紡績 등의 操業에 지장을 준다.

3.2.2 바이오테크놀러지에 의한 靱皮纖維와 生絹糸纖維의 醱酵 精練에서 類似性和 差異性

生絹糸와 麻類의 靱皮纖維에서 不純物로서 精練의 對象이 되는 物質 「세리신」과 「펙틴物質」의 生物工學的으로 바꿔말해서 酵素를 利用 除去하려는 경우 表 6에서 보는 바와 같이 많은 共同 因子를 발견하게 된다. 즉 作用을 받는 基質物質과 關與微生物(菌) 種類가 相異할 뿐이고 다른 因子들로 加水分解가 이루어진다. 即, 生育溫度와 pH, 有孢子菌 등의 共同된 類似性은 同一시스템으로 醱酵精練이 전통적으로 實施되어 오고 있다. 特別 興味있는 것은 라미紡績과 絹糸紡績은 工程의 極히 一部分 除外하고는 同一施設로 紡績生産이 이루어진다. 醱酵에서 次異點은 靱皮纖維는 셀룰로오스 纖維이므로 耐알카리性이고 副蠶糸는 蛋白質纖維이므로 이와 反對로 耐酸性이다. 그래서 多糖類인 Pectin의 醱酵作用이 進行됨에 따라 有機酸 生成으로 因하여 pH가 점차 떨어지게 되어 셀룰로오스에 強力 低下의 영향을 주게된다. 勿論 細菌의 增殖을 위해서는 pH를 微알카리에서 恒시 유지시킬 필요가 있으며 관리상 유의할 사항이다.

그리고 이 生成酵素의 作用溫度는 대체로 關與細菌의 最適增殖溫度보다 높은 35~40°C가 最適溫度가 된다. 그런데 副蠶糸에 많이 混入되어 있는 고

表 6. 펙틴物質과 세리신加水分解酵素의作用因子關係

基質含有纖維	基質	成分名	作用酵素	基質에 對한作用	主要關與菌의 種類	菌의 最適溫度	菌의 最適 pH範圍	酵素의 最適 pH範圍	摘要
韌皮纖維	펙틴物質(多糖類)	갈렉툰 酸의 部分 메틸에스테	펙티나제	加水分解	稗菌 有孢子 Bacillus系	30~35°	6.9~7.5	7.0~8.0	
蠶糸(生糸)	세리신(硬蛋白質)	페프티드	프로티아제	加水分解	稗菌 有孢子 Bacillus系	30~35°	6.9~7.5	7.2~9.0	

치内部에 殘留해 있는 번데기는 기름(蛹油脂(Chrysalis oil))을 다음 表 7과 같이 多量 함유하고 있으며 이것은 沃素價가 높은 악취를 발생하는 不飽和 混合脂肪酸(Rancidity)이다. 이 脂油는 醱酵가 進行中 液中으로 浸出하여 原料 “副蠶糸” 内로 浸透하고 많은 脂油量을 함유하게 된다. 이 현상은 副蠶糸 醱酵處理에 重要한 問題를 일으킨다. 그러나 未確 認된 報告에 따르면 雜菌中 어떤 것은 이들 脂油를 加水分解하는 酵素 即 “리파제(lipase)”를 生成하여 油脂成分이 除去될 것이라고 말하고 있다. 하여간 副蠶糸에는 이처럼 많은 脂油分을 含有하고 있으므로 이 醱酵過程에서 거의 完全하게 除去하지 않으면 絹纖維의 變色 및 汚染度가 높아지게 될 뿐만 아니라 絹紡績의 半製品 原料 페니(Peigné)의 殘脂量이 매우 많아진다. 만일 殘脂量이 0.3% 以上으로 초과할 경우 絹纖維 相互가 粘着되어 紡績操業하기가 極히 困難하기 때문이다. 그래서 醱酵에 앞서 微알카리 劑와 비누로 輕한 豫備精練을 하여 洗滌 兼 部の 脂肪質을 除去하는 節次를 거친다. 進行中 酵素供給을 위해 低壓 “컴플렉서”로 淸淨 公기를 原料深層에다 送氣를 數時間마다 行한다. 處理時間은 라미 粗硬皮纖維보다는 若干 길어진다. 可及的 原料를 上·下 攪拌하여 均齊하게 進行한다.

3.2.3 自然發生菌에 依한 醱酵精練

上記 2.2.1 및 2.3項에서 펙틴加水分解 關與菌에 關하여 概術한 바와 같이 有機物體에는 加水分解하는 微生物이 어디서이고 存在하고 있다. 따라서 副

表 7. 번데기의 油脂含有量 概數⁹⁾

生 蛹	8%
干 蛹(물 10% 含有)	25%
乾 蛹	30%

蠶糸의 表面에도 自然發生하고 있는 세리신을 加水 分解하는 即 “關與菌”이 存在하게 된다. 이것은 되 풀이 하지만 “自然界淨化의 攝理의 一端이다.

그런데 우리는 이 現象을 利用하여 生物工學的으로 自然纖維 特히 麻類와 生絹의 纖維에 醱酵精練을 하고 있다. 그런데 後者의 副蠶糸는 여러가지 理由로 細菌에 依해서만 이루어지고 있으며 關與菌中 主로 稗菌 Bacillus 系가 가장 많으며 이들의 增殖條件은 대체로 28~35°C, pH 7.0~7.5(最適), 榮養源으로 窒素源, 炭素源, 無機鹽類 或은 비타민類 등을 含有하는 培養液에도 副蠶糸를 浸漬하게 되면 纖維表面에 附着菌中 그 培養液에서 增殖이 適合하면 점차 旺盛하게 增殖되어 간다. 그리고 關與菌은 好氣性菌과 通氣性 嫌氣性菌類들이므로 培養液 深部에다 低壓의 濾過淸淨한 空氣를 送入하게 한다. 同時에 原料에 共存하고 있는 醱酵에 關與하지 아니하는 非有用菌類·바퀴말해서 雜菌들도 이들의 增殖條件이 處理液에 適應하면 增殖하게 된다. 그러나 有用菌의 拮抗作用으로 因하여 이들 雜菌은 增殖이 抑制되고 有用菌의 增殖이 進行되므로 所期의 醱酵成果를 얻을 수가 있다. 培地液의 成分으로는 窒素源으로 尿素(CO(NH₂)₂), 밀기울(麩)의 浸出汁 등과 炭素源으로 엿기름, 麥芽糖(maltose), 蔗糖(자당) 등의 二糖類 또는 포도糖, 果糖 등의 單糖類들을 微量 附加하여 繁殖시킨다. 醱酵液用水는 自然水이므로 微量의 無機鹽類가 含有되어 있으며 培地液의 成分으로 附與한 有機物中에도 微量의 vitamine B 群이 含有되는 경우가 많다. 處理時間은 材料의 種別, 關與菌의 生成酵素 活性度, 處理條件의 滿足度 등에 左右되며 대체로 36~60 hrs 範圍가 된다. 過多한 時間은 過醱酵로 因하여 fibroin까지 損傷을 가져오게 한다. 醱酵處理液은 韌皮纖維醱酵의 경우와 같이 副蠶糸를

많이 汚染시킨다.

3.2.4 純粹分離한 有用菌에 依한 醱酵精練

前項 2.3.3에서 記述한 바 있는 펙틴物質 醱酵精練에 關與하는 有用菌檢索과 選定을 위한 純粹分離 方法과 同一菌學的方法으로 施行하여 세리신을 加水分解하는 活性值가 높은 酵素 “프로티아제”를 生成하는 優秀한 菌株를 純粹分離한다. 다음 이 選定 菌을 2.3.5와 同一方法으로 原料 副蠶糸에 醱酵處理를 實施한다.

3.2.5 副蠶糸 및 絹/化纖의 混紡 또는 交織 製品에 對한 酵素應用 精練

酵素는 알카리性과 酸性의 것으로 分類되며 前者는 微알카리(pH 6.8~8.0範圍)에서 生育하는 細菌生成의 酵素이며 이들은 pH 7.0~9.0範圍에서 活性을 나타내는 耐알카리性이다. 後者는 微酸性(pH 4.5~6.0範圍)에서 生育하는 糸狀菌(곰팡이, 누룩곰팡이) 生成의 酵素이며, 이들은 pH 3.0~6.0範圍에서 生活을 나타내는 耐酸性酵素이다.

(1) 알카리 프로티아제(alkaline protease)에 依한 精練

사용 酵素는 細菌 bacillus subtilis 糸 生成의 強力한 프로티아제이며 세리신에는 잘 作用하여 加水分解하며 이를 除去하지만 같은 蛋白質이면서 “피부로인”이나 毛의 “케라틴”에는 거의 作用하지 않는 性質을 利用하는 것이다. 實施節次는 다음 工程에 따른다.

i) 前處理溶

세리신은 固體狀의 基質이므로 이를 膨潤軟化시켜 프로티아제의 浸透作用을 돕는다.

마르세이유비누	0.1~0.25%
珪酸나트륨	0.07~0.17%
하이드로설파이드	0.1%
트리포리 磷酸나트륨	0.02%
溫度	80°C
處理時間	1~3時間

ii) 酵素處理溶

알카리性 프로티아제*	3.0~5.0%(o.w.f)
非이온 界面活性劑	1 ml/l
Na ₂ SO ₄	400 g/l
處理溫度	50°C
最適 pH	(대체로) 8.0~9.0
時間	1~3時間

* 日本의 某會社製品으로 酵素活性은 75,000 PDN/g(Nagase 規格)임.

iii) 後處理液

上記 i)의 前處理液을 再使用한다. 吸着하고 있는 殘餘의 프로티아제를 絹纖維에서 씻어내어 均一한 精練結果를 얻고 酵素活性을 停止시키기 위한 목적이다. 그런데 프로티아제는 加水分解酵素이므로 處理 後 重量減少가 뚜렷하게 結果한다.

(2) 植物起源酵素 “과파인”에 依한 絹纖維의 精練

과파인酵素(papain, papainase, papayotin)*는 前 述한 바와 같이 熱帶植物 과파아(木瓜)의 未熟한 果實로 부터 얻은 汁液으로 現在 纖維類 精練에 實用되고 있는 唯一한 加水分解酵素이다. 그밖에 과파인의 用途로는 그 蛋白質 加水分解을 應用하여 冷蔵用 麥酒의 生産用, 食肉의 軟化用, 食品의 工業用 등 넓은 用途를 가지고 있다. 이처럼 과파인은 植物起源의 纖維精練用 加水分解酵素로서 實用化되고 있는 唯一한 것이다. 앞서 說明한 알카리 프로티아제와 더불어 “과파인”은 세리신의 “펩티드”를 加水分解, 低分子化하여 生糸에서 除去시키는 精練作用을 가지고 있다.

i) 精練方法

Papain(粉末狀)	1.0%(o.w.f.)
하드로설파이드*	1.0%(o.w.f.)(還元劑)
非이온 界面活性劑	1~2 ml/l
浴比	1 : 10
溫度	45~65°C
最適 pH	7.0~7.5
處理時間	1~3時間

* Papain은 NaHSO₂에 依해 活性化를 促進시킨다.

精練處理되고 있는 纖維는 生糸, 生糸와 화(合)纖 필라멘트와의 合撚糸, 生糸와 화(合)纖과의 混紡糸 또는 混紡糸織物, 生糸와 화(合)纖의 交織物 등이며 精練浴中에서 浸漬中은 操作하지 않고 靜止상태에서 短時間에 이루어진다.

ii) 後處理

遊離알카리가 적은 中性비누	2%(o.w.f.)
非이온 界面活性劑	0.5 ml/l
浴比	1 : 40
pH	8.1

溫度(殘留酵素의 失活) 90~93°C
 時間 15分

參考文獻

4. 끝맺음

위에서 靱皮纖維의 펙틴物質과 生絹纖維의 硬蛋白質 세리신을 除去하려는 目的으로 이것들을 微生物生成의 酵素處理에 關해서 바꿔말하여 生物工學의 方法으로 다루는 基本事項을 敍述하였다.

그런데 이제까지 우리나라 纖維分野에서는 本稿에서 上述한 바 靱皮纖維의 麻類와 生絹纖維 副蠶糸만이 微生物 應用的 加水分解 利用 精練이 企業規模로 이루어지고 있을 뿐이고 다른 加工(例로 減量加工 또는 視·觸感의 改善加工 등)은 開發되지 않고 있다. 그러므로 纖維의 바이오테크놀러지 應用的 無關心할 정도로 等閑視되어 온 感이 없지 않다.

그러나 오늘날 바이오테크놀러지는 尖端科學技術로 간단히 推測하기조차 어려운 정도로 發展되어 가는 趨勢에 있다. 우리 纖維科學技術도 이에 相應하여 深奧한 研究開發이 이루어져야 할 것으로 展望된다. 本稿를 進行하다보니 바이오테크놀러지의 섬유 應用的에 對한 基本的 概念을 把握할 수 있도록 平易하게 敍述을 피하였지만 前章에 설명한 것이 後章에서도 종종 重複되어 지루함을 免치 못했을 것이다. 그저 正確한 概念의 理解를 바랐기 때문이다.

1. 北條杼正編, (續)絹糸의 構造, (信州大學纖維學部(日本)), 414 (1980).
2. 小卷利章, 酵素應用的知識, 幸書店(日本), 286-297 (1988).
3. 禹志亨, 細菌에 關한 亞麻의 Retting에 關한 研究, 忠南大學校 大學院 (1974).
4. 天羽·小石川, 精說應用的微生物學, 光生堂(日本), 99 (1971).
5. Nanji and Norman, *Biochem. J.*, **22**, 596 (1928).
6. FT-IR by Nicolet Inst. Corp. Published in 1985, madison WI 5325, U.S.A.
7. 禹志亨, 細菌에 依한 絹糸紡績 原料의 Degumming에 關한 研究, 檀國大學校論文 第11輯, 66 (1977).
8. 禹志亨, 細菌에 依한 絹糸紡績 原料의 Degumming에 關한 研究, 韓國纖維工學誌, **16**(4), 36 (1979).
9. 相沢孝亮, 酵素의 發見, 地人書館(日本), 64-66 (1969).
10. 尾崎準一, 蠶糸化學 副產物利用, 朝倉書店(日本), 362 (1943).
11. 太平紡織, 亞麻, 論山工場, 6 (1968).
12. H. R. Mauersger, *Microbiology, Matthews Textile Fibre, Wiley*, **44**, 290 (1950).
13. J. A. Rosemberg and F. P. DE Franca, Importance of galacturonic acid Incontrolling the Retting of Flax, *Applied Microbiology American Society for Microbiology*, **15**, 484 (1965).
14. 宮路憲二, 應用的菌學, 岩波書店(日本), 431 (1960).
15. 北條杼正編 (續)絹糸의 構造, 信州大學纖維學部, 380 (1971).
16. 同上 pp. 381-384.