

Starter Culture for the Meat Fermentation

김 승 화, *민 상 기

건국대학교 축산대학 축산가공학과, *건국대학교 동물자원연구센터

서 론

발효육제품제조시 최적화된 공정의 설정을 위해서는 육학 및 식육가공학에 대한 이해 뿐만 아니라 미생물에 대한 광범위한 지식이 전제 조건이다. 특히 육제품의 발효기작 및 이에 관여하는 미생물의 대사에 관한 이해와 이용은 발효육제품의 숙성과정 제어는 물론 starter culture의 개발에도 큰 도움을 준다. 또한 이들 미생물의 생리에 대한 연구는 각각의 starter culture의 능력을 알게 해주어 불가능한 것을 기대하지 않고 가능한 능력을 최대한 이용할 수 있도록하여 실제 이용에 보다 커다란 의미를 준다. 그 한 예로 발효 sausage 숙성에 있어 질산염의 환원은 기본적으로 요구되는데 질산염환원효소 생성능력을 갖지 않은 미생물은 절대로 이들 질산염을 환원시킬 수 없으며 대부분의 유산균과 효모는 이런 능력을 가지고 있지 않다. 따라서 육제품의 발색에는 질산염환원능력이 있는 Micrococci가 이 역할을 담당한다. 한편 당을 이용한 빠른 pH의 저하는 유산균에 의해서 이루어진다. 즉 육에 존재하는 유산균과 catalase 양성 cocci의 상호작용에 의하여 조화된 육의 발효가 이루어지며 원하는 제품이 얻어지게 되는데 이는 starter culture의 첨가로서 더욱 안전하며 품질이 일정하게 유지된 제품을 얻을 수 있게 되는 것이다.

본 론

육제품제조에 이용되는 starter culture의 발전사

발효육제품의 숙성에 미생물을 starter로 첨가하고자한 제의는 Cesari(1919)와 Guilliarten(1920)에 의해서이다. 그들은 발효육제품에서 분리한 *Debaryomyces* 균주로 알려진 효모를 sausage의 Aroma 생성을 위하여 첨가할 것을 추천하였다. 그 이듬해(1921) Kurk가 질산염 환원 Micrococci와 유산균을 이용한 염지육 제조공정에 관한 특허를 출원하였다(Coretti, 1977). 미국의 Jensen(1935) und Jensen과 Paddock(1940)이 raw sausage발효에 유산균이 갖는 의미를 알게된 최초의 학자로 그들은 1935년과 1940년 사이에 여러 종류의 Lactobacilli 균주를 starter로 개발하여 12개의 특허를 얻었다 (Liepe, 1983). 1937년부터 독일의 Lerche도 발효sausage의 미생물학적 연구에 지대한 공헌을 하였는데, 그에 따르면 발효육제품에 있어 starter의 첨가는 발효육제품의 경우와 달리 열처리 (Pasteurization)과정을 거쳐 원유에 상재하는 다른 균들을 제거한 다음 첨가하는 것이 아니기 때문에 실제이용에는 문제가 있다고 하였다(Leistner 1982).

실제로 상업적으로 이용되는 스타터의 개발은 1950년대 중반부터 이루어졌는데 미국의 Niven et al.(1955), Deibel(1956), Deibel and Niven(1957), Niven et al.(1959), Deibel et al.(1961) 등이 발효sausage 제조시 특히 “summer sausage”제조에 *Pediococcus cerevisiae* (후에 *P. acidilactici*로 밝혀짐; Everson et al.1970)를 starter로 첨가할 것을 추천하였다. 이 starter는 1957년 동결건조형태와 동결농축형태로 “Accel” 또는 “SAGA”라는 상품명으로 시판되었다(Nurmi, 1972; Coretti,1977).

Niivivaara(1955)의 기초적인 연구는 유럽 특히 독일에서 1957년부터 Micrococci의 단일 균주 starter인 “Baktoferment 61”가 생산 판매되고 있다 (Nurmi,1972; Mueller;1972; Leistner,1982). 유산균 starter, 즉 *L. plantarum*의 한 균주가 starter로서 사용된 것은 Micrococci와 함께 혼합균주 starter인 “Duploferment 66”라는 이름으로 판매되게 된 것인데 이는 Nurmi(1965,1966 a and 1966 b)의 결정적인 영향이었다. 이들 두 상업적 starter “Baktoferment 61”과 “Duploferment 66” 모두 *M. aurantiacus* M53(이균은 후에 Fischer(1981)에 의해 *M. varians*로 분류됨)균주가 들어있었는데 후에 기술적으로 이 균보다 성능이 뛰어난 *Micrococcus (Staphylococcus) lactis*로 분류된 균주로 대체되었다 (Coretti,1977).

새로운 분류방법에 의해 이균은 재분류되었다가(Kloos and Schleifer, 1975 Rheinbaben, 1978) 후에 Fischer(1981)에 의해 *S. carnosus*로 밝혀졌다 (Schleifer and Fischer, 1982). 육제품 제조에 이용되는 starter의 역사와 발전사에 관한 주요 연구논문은 Coretti(1977), Bacus and Brown(1981), Liepe(1983), Luecke and Hechelmann(1986)에 의해 발표되었다. 최초의 육제품 starter가 생산된 이래 다양한 단일균주 혹은 혼합균주로 된 스타터가 동결 건조 또는 동결농축된 형태로 생산 판매되고 있는데 *L. plantarum*, *L. curvatus*, *L. sake*, *P. acidilactici*, *P. pentosaceus*, *M. varians*, *S. xylosus*와 *S. carnosus*가 주요 스타터 균종이고 몇몇 시판 starter는 *Debaryomyces hansenii* 등의 효모와 Actinomyces에 속하는 *Streptomyces griseus* 또는 곰팡이 균주로 된 starter가 상품화 되어있다.

육제품 제조에 이용되는 Starter culture의 종류 및 특성

육제품 제조에 이용되는 starter 미생물은 Table 1에 나타내었다.

1. 유산균 starter culture

소시지의 발효과정에서 유산균의 역할은 젖산생성에 의한 빠른 pH의 저하로 다른 부패 미생물의 성장을 억제시켜 제품의 위생적인 안전성을 부여할 뿐만 아니라 단백질의 등전점(pH 5.3~5.4)에 이르게 하여 이때 육의 보수력이 가장 낮게 되므로 수분의 용출을 용이하게 하여 Aw의 감소시켜며 육단백질의 변성으로 sol상태의 단백질이 gel 상태로 되어 지방과 육을 결합시켜 이로 인하여 발효 소시지 특유의 조직감을 갖게 된다. 뿐만 아니라 발색제로 첨가한 질산염이나 아질산염과 유산의 조화로 특유의 풍미를 부여한다 (Fig.1). 이들 중 Lactobacilli, 특히 atypical streptobacteria는 저온 발효소시지의 주종을 이루고 있으며 비교적 저온에서 생존력이 강하다. 한편 Pediococci starter culture는 Lactobacilli보다 동결건조과정에 대한 내성이 강한 특성이 있으며 고온 발효소시지의 starter로 이용되고 있다.

2. Micrococci starter culture

동일한 Family에 속하는 Staphylococci와 Micrococci가 식육가공에 starter로 이용되는 점에서는 의미가 있다. 왜냐하면 육제품발효에 있어 이들 미생물의 성능과 역할이 비슷하기 때문이다. 질산염환원효소 및 아질산염환원효소 생성능력, 단백질 및 지방분해능력과 catalase생성능력 등 발효육제품의 -향미생성에 기여하는 점에서 그렇다(Fig.1). 단지 *Micrococcus*는 호기적인 조건에서 잘 자라며 *Staphylococcus*는 통성 혐기성이므로 발효소지의 환경에서 더 잘자란다. 한편 *Staphylococcus*를 starter culture로 선별할 경우는 이 균속에 속하는 균중에 병원균과 독성을 가진 균들이 있으므로 엄격한 위생적 기준을 설정해야 한다. 현재 starter로 사용되고 있는 *S. carnosus species*는 병원성이나 독소성 성질이 전혀 없는 것으로 규명되어 있다. 이 균은 동양의 발효생선에서 상당량 분리되었으며 발효생선이 이 균의 habitat라는 것이 밝혀졌는데(TANASUPAWAT et al.1991) 그외에 *S. piscifermentans*도 *S. carnosus*와 유사한 특성을 가진 것으로 발표되었다(TANASUPAWAT et al.1992). 또한 환경분포학적으로 볼 때 *S. carnosus*는 전형적인 발효미생물임을 알 수 있으며 오래전부터 인간이 섭취해오고 있던 위생상 안전한 미생물임을 알 수 있다.

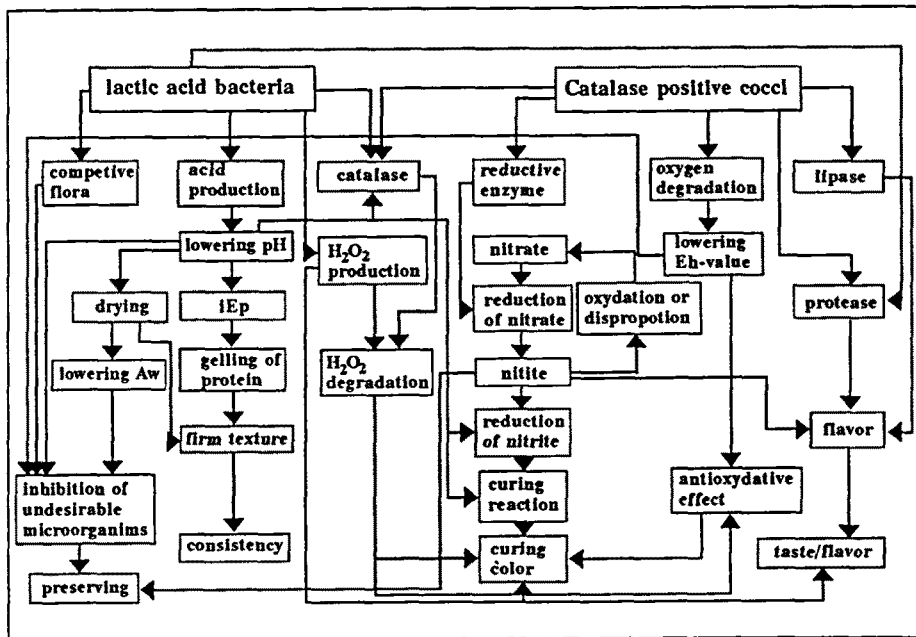


Figure 1. Interaction between lactic acid bacteria and catalase positive cocci during raw sausage fermentation

3. 효모 starter culture

발효육제품 제조에는 starter culture로 *Debaryomyces hansenii*나 *Candida famata*의

불완전한 형태만을 사용하고 있다. 특별한 sausage종류 오랜 숙성을 하는 건조 발효sausage에서 이들은 색과 향기 향상등 좋은 관능적 변화에 기여한다고 한다. 하지만 실제 이용에 있어서 이들은 질산염을 환원시킬 수 없으며 혐기적조건하에 서는 증식하지 못하므로 이용에 제한을 받고 있다.

4. 곰팡이 starter culture

곰팡이균주를 starter로 사용할 경우는 관능적, 기술적, 위생적인 관점에서 주의해 야 한다. 특히 mycotoxin 생성의 위험성을 염두에 두어 이런 특성이 없는 균주를 선별해야 한다. 현재 상업적 starter로 *P. nalgiovense*와 *P. chrysogenum*이 시판되고 있는데 이들은 여러 가지 독성실험을 통해 곰팡이독을 생성하지 않는다는 것이 규명되었다 (HWANG et al. 1993a). 또한 이들 곰팡이 스타터는 상당한 기술적, 관 능적 특성을 지니고 있어야 하는데 sausage 표면에 골고루 분포되어 떨어지지 않 고 잘 부착되어 있어야 하며 또한 강한 경쟁력을 갖고 있어 오염균의 성장을 억 제하여야 한다. 뿐만아니라 mycel이 백색이나 크림색을 나타내어야 하고 곰팡이 sausage 특유의 향을 생성하여야 한다. 그외 특이할 만한 사항은 유전공학을 이 용해 Lysostaphin을 생성하는 유전자를 발현시킬 수 있도록 만든 *P. nalgiovense* 균주가 있는데 이 곰팡이 균주를 발효소지지 제조시 starter culture로 사용할 경 우 Lysostaphin이 staphylococci에만 선택적으로 작용하므로 식중독균인 *S. aureus* 에 의한 위험성을 줄일 수 있다.

Table 1: 육의 발효에 이용되는 starter culture

Bacteria	Yeast	Mold
Lactic acid bacteria <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus sake</i> <i>Lactobacillus curvatus</i> <i>Pediococcus acidilactici</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Lactococcus lactis</i> Micrococci <i>Micrococcus varians</i> Staphylococci <i>Staphylococcus carnosus</i> <i>Staphylococcus xylosum</i> Actinomycetaceae <i>Streptomyces griseus</i> Enterobacteriaceae <i>Aeromonas species</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i> <i>Candida famata</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Penicillium nalgiovense</i>

발효소시지의 제조과정

발효소시지의 제조과정은 Figure 2에 간단히 나타내었다.

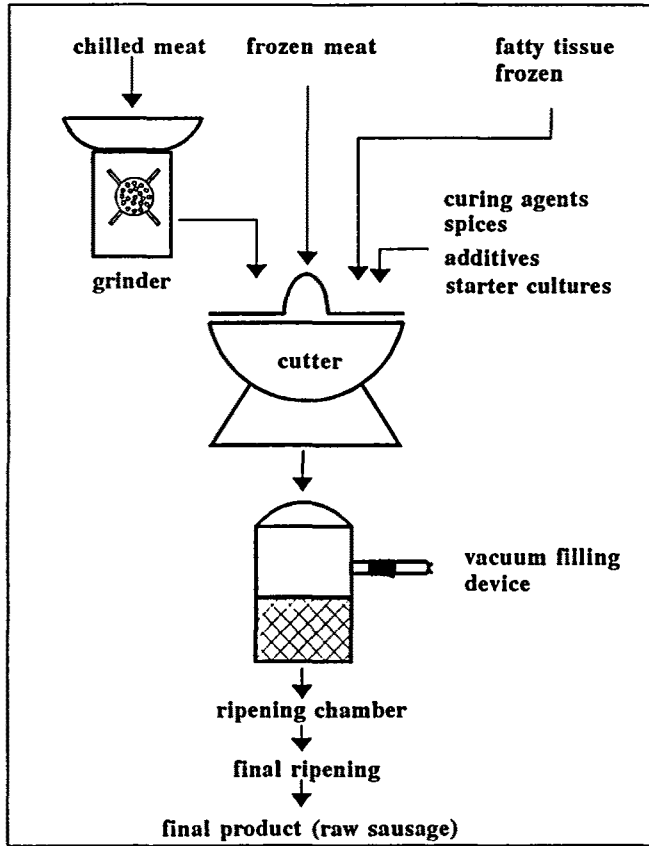


Figure 2. Scheme of raw sausage production

육제품제조시 bacteriophage의 문제점

육가공업에서 요구르트나 치즈제조시 상당히 문제가 되고 있는 bacteriophage의 문제가 sausage 발효과정중에도 일어날 수 있는가에 대한 보고는 아직 없다. 이는 육가공장이 이들 starter culture가 번식할 수 있는 환경이 아니라 phage가 증식할 수 없을 뿐만아니라 sausage의 고체 환경이 발효육제품에서 박테리오파지의 확산을 방지해 주는 것이라 사료된다. 따라서 파지의 문제가 대두되는 곳은 육가공장이 아니라 starter culture제조회사이므로 그곳에서의 위생적인 생산으로 파지가 starter에 오염되지 않도록 해야 한다.

Bacteriocin 생성균의 이용범위

bacteriocin 생성균을 실제 발효육제품 제조에 starter로 사용한 경우 sausage mixture에 산재한 다른 유산균들의 성장을 저해하거나 사멸시켰다는 보고가 있다 (Vogel et al. 1990). 뿐만아니라 이들은 발효sausage, 숙성과정중 우점균으로 자라 sausage의 발효과정이 이들 균에 의해 진행되었음을 알 수 있었다고 한다. 이들 bacteriocin 생성균을 발효육제품 제조에 starter로 사용한 경우 유해균의 성장을 억제할 수 있는데 이 bacteriocin 생성능력이 있는 균주를 이용하면 식품의 생물학적인 저장성 향상 및 안전성에 기여할 수 있다. 그 외에 다음과 같은 분야에 응용할 수 있다.

- ① 부패균이나 식중독균의 성장을 강력하게 저해하는 균개발
- ② Probiotic microorganism의 개발(살아있는 미생물로서 그들의 섭취로 건강을 증진시키는 효과를 얻으며 장내 세균의 정상화 향상에 기여)
- ③ 자연적인 방부제로서 순수한 Bacteriocin의 이용
- ④ 경쟁력이 강한 starter culture의 개발

육제품제조에 이용되는 starter culture의 조건

- ◆ 위생적으로 안전하며 병원성이나 전염성을 갖지 않을 것.
- ◆ 항생물질이나 독소를 생산하지 않을 것.
- ◆ 원하지 않는 미생물의 성장을 억제하거나 저해할 것.
- ◆ 발효과정을 최적으로 유도할 것.
- ◆ 생산안전성을 보장할 것.
- ◆ 일정한 품질을 유지한 제품의 재생산이 가능하도록 할 것.

결 론

발효육제품의 숙성과정은 육가공에서 복잡한 공정의 하나이며 높은 지식과 경험 그리고 주의성이 요구되며 최종제품의 품질은 여러 가지 내·외적 요인에 영향을 받는다(Fig.3). 또한 발효식품중 발효sausage는 발효유제품의 일종인 치즈에 비유할 수 있는데 첫째, 이들 두 제품이 모두 동물성 발효식품에 속하며 또한 sliceable 혹은 spreadable의 형태로 제조될 수 있으며 미생물에 의한 발효를 통해 저장성과 풍미가 향상된 제품이라는 점이 유사하다. 그러나 여기에 관여하는 미생물의 종류가 다르며 또한 각 제품마다 다른 특성을 지니고 있다. 뿐만아니라 첨가한 스타터의 역할이나 기대 효과가 발효유제품에서 발효육제품에서 보다 훨씬 높는데 이는 발효유제품 제조시는 원료유를 가열처리하여 우유에 함유된 균들을 제거한후

starter를 넣게 되며 발효육제품의 경우는 열처리를 할수 없으며 따라서 혼합만육에 존재하는 spontanflora와 경쟁해야 되기 때문이다.

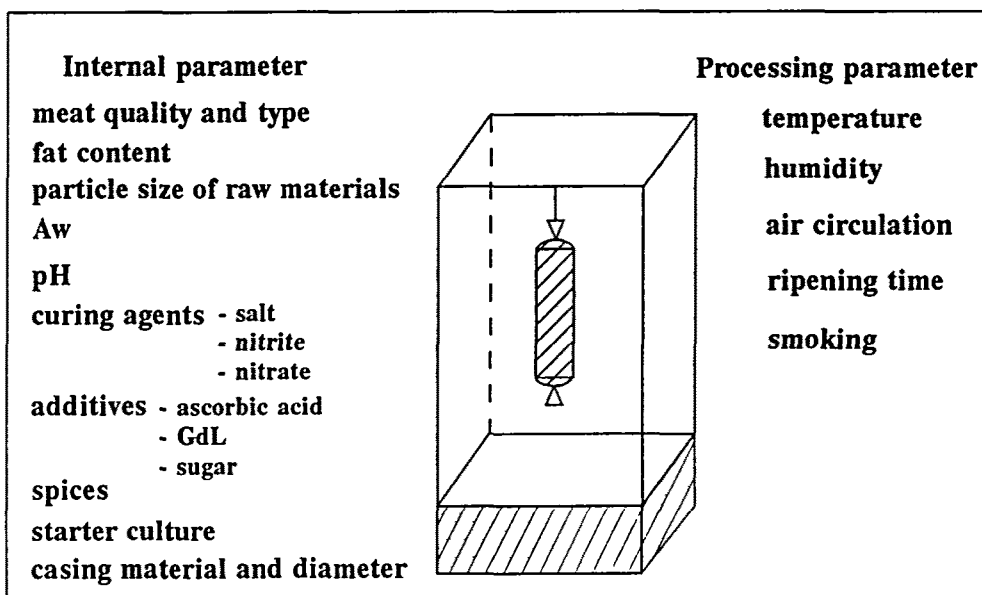


Figure 3. Environmental factors affecting the ripening process and the quality of fermented sausages

발효과정을 최적으로 유도하여 육제품의 성상 및 풍미를 향상시키고 품질을 유지시키며 식품의 저장성과 안정성을 부여하기 위하여 대사활동이나 효소활성 등의 특수한 성질을 지닌 선별정의된 증식능력을 가진 미생물을 starter culture로 사용하고 있는데 이들 starter culture는 식품의 한 성분으로 간주된다. 발효소시지 제조에는 일반적으로 유산균과 Micrococci균의 단일 균주 혹은 혼합균주로 되어 있으며 동결건조 형태나 냉동 형태로 시판되고 있다. 생산비에서 starter culture가 차지하는 비율은 약 1%정도이나 이들의 첨가는 제품의 품질에 상당한 영향을 미친다. 특히 숙성과정이 짧은 발효육제품의 경우 제품의 안전성과 일정한 품질이 유지된 육제품의 재생산을 위해서는 starte culture의 첨가가 필수적이다.

요 약

육제품 제조용 starter culture에 대한 연구는 기초과학을 바탕으로 관련 미생물의 생리대사 특성은 물론 이들의 환경적응성이나 상업적인 생산공정개발에 이르기까지 상당한 발전을 거듭해 왔다. 특히, 최근에 와서 유전공학의 응용으로 starter 균주의 대사능력을 조절할 수 있고 생물학적 안전성을 쉽게 검증할 수 있을 뿐만 아니라 원하는 활력을 안전하게 보존할 수 있도록 하는 연구도 진행되고 있다. 미생물의 생육환경인 육의 발효과정에 대한 연구를 통하여 육제품 starter culture 개발의 근간이 되는 지식을 얻게 되었으며 어떤 요인이 발효과정중 starter 균주의 대사능력과 성장에 영향을 주는지 또한 발효과정중 starter culture간의 상호작용 및 starter와 원래 혼합육에 존재하는 균들사이에서 일어나는 상호작용에 관한 연구, 나아가서는 Bacteriocine과 Bacteriophage가 육제품제조에서 어떤 의미를 갖고 있는지 등에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

특히 이런 연구결과들을 통하여 이들 starter의 실제 상업적인 이용에 있어 원료육이나 부재료, 향신료의 선정은 물론 제조 공정을 제어하여 제품의 안전성을 기대할 수 있을 뿐만아니라 하나의 starter culture로 여러 종류의 발효sausage를 제조하여도 제품마다 최상의 능력을 발휘할 수 있는 새로운 균주의 개발에도 기여할 수 있다. 스타타컬처에 대한 연구상황은 균주별로 다르나 유산균에 대하여 가장 많이 연구되어 있고 Micrococci에 대한 연구도 상당히 진전되어 있다. 특히할 만한 점은 아시아의 발효생선이 육제품 발효에 이용되는 *Staphylococcus carnosus* 종의 habitat로 밝혀진 것이다. 뿐만 아니라 곰팡이 균주도 실제 praxis에 적합하게 개발시킬 수 있다. 따라서 앞으로 발효육제품제조에 있어 starter culture가 갖는 의미는 매우 중요하며 특히 짧은 숙성기간을 거치는 발효소시지의 제조에 있어서는 필수불가결한 공정의 한 분야로 자리잡게 될 것이다.

참고문헌

Bacus, J.N. und Brown, W.L., 1981: Use of microbial cultures: meat products. Food Technol. 35, 74-78, 83.

Coretti, K.,1977: Starterkulturen in der Fleischwirtschaft. Fleischwirtschaft 57, 386-394

Deibel, R.H., 1956: Bacteriological aspects of pure starter culture in the manufacture of sausage. Amer. Meat. Inst. Found., Circular No. 20, 14.

Deibel, R.H., und Niven, C. F., 1957: *Pediococcus cerevisiae*: a starter culture for summer sausage. Bacteriol. Proc. 1957, 14.

Deibel, R.H., Wilson, G.D., und Niven, C.F.jr., 1961: Microbiology of meat curing. IV. A lyophilized *Pediococcus cerevisiae* starter culture for fermented sausage. Appl. Microbiol. 9, 239-243.

Everson, C.W., Danner, W.E. und Hammes, P.A., 1970: Bacterial starter cultures in sausage products. J. Agr. Food Chem. 18, 570-571.

Fischer, U., 1981: Vorkommen von Staphylokokken und mikrokokken in Rohwurst. Dissertation , Technische Universitaet Muenchen, 155 s.

Luecke, F.-k. und hechelmann, H., 1986: Starterkulturen fuer Rohwurst und Rohschinken - Zusammensetzung und Wirkung. Fleischwirtschaft 66, 154-166.

Mueller, R., 1972: Die Grossproduktion von mikroorganismen. Proc. Starterkultur Symp., Helsinki, Finnland, 24.-25.2.1972, 121-133.

Niinivaara, F.P., 1955: Ueber den Einfluss von Bakterienreinkulturen auf die Reifung und Umroetung der Rohwurst. Acta Agr. Fennica, Helsinki, 85, 1-128.

Niven, C.F.jr., Deibel, R.H. und Willson, G.D., 1955: The use of pure culture starters in manufacture of summer sausage. Ann. Meet, Amer. Meat. Inst. No. 11

Niven, C.F.jr., Deibel, R.H. und Willson, G.D., 1959: Production of fermented sausage. U.S. Pat. 2907661.

Nurmi, E., 1965: The effect of lactobacilli and micrococci on the ripening of dry sausage. 11. Tag. Eur. Fleischforscher, Belgrad.

Nurmi, E., 1966a: Effect of bacterial inoculations on characteristics and microbial flora of dry sausage. Acta Agr. Fennica, 108, 1-77.

Nurmi, E., 1972: Die Herstellung von Rohwurst mit kombinierter Inokulation von Mikrokokken und Laktobazillen. Proc. Starterkultur Symp., Helsinki, Finnland, 24.-25.2.1972, 25-44

Rheinbaben, K.V., 1978: Isolierung und Gattungsdifferenzierung von aus Fleischerzeugnissen stammenden Mikroorganismen der Familie *Micrococcaceae* unter besonderer Beruecksichtigung der Gattung *Micrococcus*. Dissertation, Universitaet Giessen, 136 S.

Schleifer, K.-H. und Fishcer, U., 1982: Description of a new species of the genus

Staphylococcus: *Staphylococcus carnosus*. Int. J. Syst. Bacteriol. 32, 153-156

Hwang, H.-J.; Vogel, R. F.; Hammes, W. P. (1993a): Entwicklung von Schimmelpilzkulturen fuer die Rohwurstherstellung. Charakterisierung der Staemme und toxikologische Bewertung. Fleischwirtschaft 73 (1): 89-92

Tanasupawat, S.; Hashimoto, Y.; Ezaki, T.; Kozaki, M.; Komagata, K. (1991): Identification of *Staphylococcus carnosus* strains from fermented fish and soy sauce mash. J. Gen. Microbiol. 37:479-494.

Tanasupawat, S.; Hashimoto, Y.; Ezaki, T.; Kozaki, M.; Komagata, K. (1992): *Staphylococcus piscifermentans* sp. nov., from fermented fish in Thailand. Int. J. Syst. Bacteriol. 4:577.

Vogel, R. F.; Pohle, S.; Tichacek, P. S.; W. P. (1993): The competitive advantage of *Lactobacillus curvatus* LTH1174 in sausage fermentations is caused by formation of curvacin A. System. and Appl. Microbiol. 16:457-462.