발효 Sausage와 Starter culture

Han-Joon Hwang
Institut of Food Technology, Hohenheim University, Stuttgart, FRG

정의 및 제조현황

발효 소시지(fermented sausage 혹은 raw sausage)는 열처리 공정을 거치지 않고 소시지 원료혼합물(sausage mix) 내의 미생물의 대사활성에 의해 안전한 형태의 제품으로 제조되는 독특한 형태의 발효식품이다. 이는 생육을 작은 입자로 잘게 세절(chopping)한 것에 지방조직, 식염, 향신료 및 미량의 첨가제를 혼합하여 casing에 충전한 후에 적당한 온도와 습도에서 충분한 기간 동안 숙성, 건조시킨 것으로 독일 육제품 공전에서는 「생육을 육색고정(reddening)시켜 냉장하지 않고도(10℃ 이상) 오래 보존할 수 있으며 열처리 없이 날로 그대로 먹을 수 있도록 제조된 sausage 종류의 하나」라고 정의하고 있다(1). 이 raw sausage는 대략 250-60년 전 Italy에서 처음 시작되었고 비슷한 시기에 독일에서 제조되었으며 그 후 Hungary, Austria, Switzerland, France, Spain, Rumania 등지로 퍼져나가 지금은 전 유럽, 중동 아시아, 미국 등지에서도 제조되고 있으며 크게 자연건조형(air dried type)과 훈연형(smoked type)으로 나눌 수 있는데, 전자는 대부분이 곰팡이 발효형태(mold-ripened type)로서, 주로 남부 유럽에서 많이 제조되며, 후자는 주로 북부 유럽에서 제조하고 있다(2-4). 이 raw sausage는 빵이 주식인 유럽 여러나라의 일반 식탁이나 party service에서는 뺄 수 없는 정통 유럽식 발효육제품으로서 일명 salami sausage라 불리우며, 영문 학술지에서는 dry sausage, fermented sausage와 함께 혼용되고 있다.

제품의 특징

우육, 돈육 그리고 지방조직을 주원료로 하며 원료육의 pH-값, aw-값, 균수, 저장시간, 온도 등이 원료선택에 매우 중요한 인자로서 작용하고 있다. 이 제품의 특징은 *Salmonella*를 비롯한 각종 유해균이 혼재되어 있을(10^4CFU/cm^3 이하) 생육으로부터 어떠한 열처리 공정도 거치지 않고 단지 내적, 외적인자의 조절에 의해서 제조된다는 것이다. 여기서 내적요인이란 식염, 당, 지방 등의 함량, 세절의 정도, casing의 직경, 원료 생육의 상태 및 starter culture를 말하며, 외적요인이란 상대습도, 온도, 공기의 유동속도 등의 환경적 요인을 가리킨다(5). Sausage mix의 내적요인의 상태에 따라 규정된 환경적 조건이 조절되면서 발효가 시작되면 각종 미생물들의 균수, pH-값, 수분활성도 및 수분함량의 변화가 일어나며 그에 따라 육색 고정화가 이루어지고, 얇게 자를 수 있는 절단견고성(sliceability)이 부여되며, 방향과 풍미의 생성, 그리고 저장성 등이 향상된다.

제조과정

가공과정은 세절(cutting and chopping), 혼합(mixing), 충진(filling), 발효·숙성 및 건조(ripening and drying) 등 4단계로 크게 구분되며, 원료육은 냉장 우육, 냉동 우육, 냉동 돈육, 냉동 지방조직 등이, 원하는 type에 따라 규정된 배합비율에 의해 준비되고 이것을 세절기(chopper)에 넣어 세절하고 향신료(후추, 마늘, 생강, coriander 등), MSG, Ascorbate, Curing reagent 등을 넣어 역시 세절기에서 혼합한다(Fig. 1). 처리된 sausage mix는 진공충진기(vacuum filler)에서 casing에 충진된다. 이 때 사용되는 casing은 동물의 내장 등을 이용한 천연 casing과 cellulose 또는 collagen casing 등의 인공 casing이 목적에 따라 선택되어 사용된다. 충진(filling)이 끝나면 발효실에서 규정된 program에 따라 온도, 습도, 공기의 유동속도가 조절되어 발효가 시작된다. 원하는 형태에 따라 발효시작 전에 mold starter를

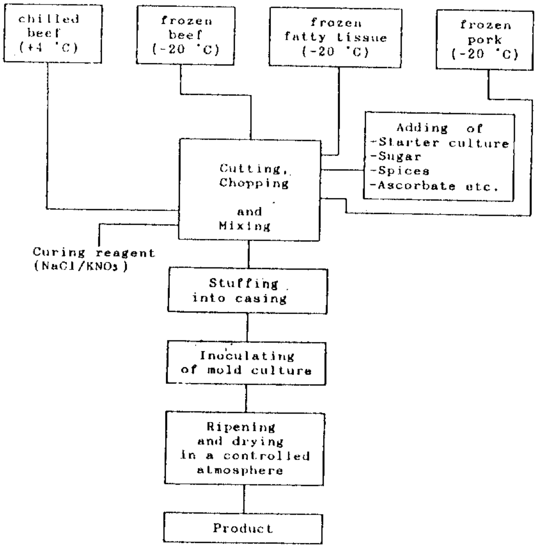

Fig. 1. Flow diagram of the processing of fermented sausage (mold-ripened type).

접종시키거나, 발효개시 수일 후 훈연시키며, 또한 스르빈산 칼륨(potassium sorbate)을 처리하는 수도 있다(7). 발효는 대략 1주일 정도면 완료되고, 이 후 후숙실로 옮겨져 4주-9주 이상 숙성·건조시켜 제품으로 출하된다.

미생물에 의한 발효·숙성 중의 변화

1 Starter culture

다른 여러 발효 식품에서와 마찬가지로 raw sausage 제조에서도 이전에는 (약 30-40년전) 자연적, 우발적으로 생육원료에 혼입된 미생물(spontaneus flora)에 의해 제조되어 왔지만 근래에는 대부분의 산업체에서 starter를 사용하여 합리화를 꾀하고 있다. starter culture란 「어떤 특성 때문에 선택된 미생물 균주로서 그의 대사능력을 식품제조에 이용하기 위해 의도적으로 첨가되는, 순수하게 배양 제조된 살아있는 미생물 제제(preparation)」를 말하며, 단일형(mono-culture) 또는 혼합형(mixed-cultrue)으로 조제되어 판매되고 있다. 여기서 어떤 특수한 성질이란 그 미생물을 식품제조에 이용했을 때 제품의 외관, 조직, 방향과 풍미를 개선하고 또는 보존성 및 위생학적 안정성을 높여주는 성질을 말한다(8). 어떤 미생물이 starter로서 사용되기 위해서는 적어도 그 미생물이 비독성이고 비병원성이어야 한다. 현재 유럽시장에는 많은 미생물 균주들이 starter culture로서 유통되고 있는데 독일시장에서 판매되고 있는 종류는 약 40여종 이상인 것으로 알려져 있으나 많은 경우에 있어서 starter culture로서 기능을 다하지 못하고 있는 실정이다(9, 15). Raw sausage 제조에 사용되는 미생물들 중 대표적인 것 몇가지만 추려보면 다음과 같다(Table 1).

2 발효·숙성과 Baterial starter culture

2.1 산생성과 절단 견고성

raw sausage 제조를 위해서는 유산균 특히 *Lactobacillus*가 가장 중요한 역할을 하는데, 그들의 역할은 물론 sausage 내에 유산을 생성하는 일이다. 이 경우의 유산균으로 대표적인 것으로는 *Lb. plantarum, Lb. sake, Lb. curvatus, Pediococcus pentosaceus, Ped. acidilactici*가 알려져 있다. 이 *Lactobacil*lus들의 젖산 생성능력은 발효초기의 조건인 23℃에서 대략 비슷하지만 *Pediococcus*는 다소 산생성 속도가 늦어 발효 초기에 *Staphylococcus aureus*가 증식할 수 있는 문제점이 있다(10-12). 한편, 유산균은 발효 2-3일 후면 일반적인 초기균수 10^7 CFU/m*l*으로부터 10^9 CFU/m*l*으로 증가하며, 또한 pH-값은 발효 초기의 pH 5.6-5.8로부터 개시 7-8일 후에는 4.8-5.2까지 감소한다. 이 때 a_w-값도 초기의 약 0.96 내외로부터 약 0.92로 감소한다. 일반적으로 a_w-값 0.95 이하에서는 Gram(−) 간균들의 생육이 저해되며 0.91에서는 대부분의 구균 및 유산균들이 저해 받는다. 산 생성, 균수 및 a_w-값은 상호간 밀접한 관련이 있다. 산 생성은 방향과 풍미, 저장성 등을 증진시키며 육색고정화를 도와 주고, pH-값이 육의 등전점(Isoelectric point)인 약 pH 5.3까지 떨어지면 근섬유로부터의 단백질의 용해도가 최저로 감소하며, 이 때 초기의 sol 상태에서 gel 상태로 전환되고, 또한 단백질의 보수력(water holding capacity)도 최소가 되어 탈수가 용이해 진다. 그와 더불어 건조(drying) 공정에 의해 육입자와 지방입자가 단백질 matrix에로 결착되어 절단견고성(sliceability)이 부여된다(13-14).

2.2 육색고정

Micrococcus varians, St. carnosus, St. xylosus 등의 Micrococcaceae 미생물도 중요한 역할을 수행

Table 1. Microorganisms used as starter culture for the production of raw sausages.

Group	Species	Effect on the product
Lactic acid bacteria	*Lb. plantarum* *Lb. sake* *Lb. curvatus* *Ped. acidilactici* *Ped. pentosaceus*	support of sliceability and reddening, flavor, reduction of hygienic risk, preservation
Micro-coccaceae	*Mc. varians* *St. carnosus* *St. xylosus*	flavor, reddening (nitrate reduction) destruction of peroxides
Yeast	*D. hansenii*	color, flavor, nitrate reduction
Molds	*Pen. nalgiovense* *Pen. chrysogenum*	improvement of appearance, reduction of hygienic risk, characteristic odor and flavor, avoidance of dry ring formation and greasing, antioxidative effect

하는데 이들은 nitrate reductase 활성이 높아 육색 고정화에 결정적인 역할을 하며, catalase-positive bacteria로서 지방산화 방지, 육색(curing color) 보호 그리고 지방분해에 의한 풍미향상에 기여한다(Table 1). 아래 반응식에 표시된 바와 같이 질산염은 산성상태에서 상기의 nitrate reducing bacteria에 의해 우선 아질산 염으로 환원된 후 계속적인 화학적, 미생물학적 환원 반응에 의해 생성된 NO(nitric oxide)가 근육의 색소 단백질인 myoglobin(Mb)과 결합하여 nitrosomyoglobin(Mb-NO)을 형성함으로써 육색 고정화가 이루어진다. Fe^{++}를 가진 Mb은 육에 강한 붉은 빛을 주는데 이 Mb이 헴 분자에 산소를 결합하여 생긴 Oxymyoglobin(Oxy-Mb)은 버찌색의 붉은빛을 낸다. Mb은 다시 산화에 의해 Fe^{+++}를 가진 Metmyoglobin(Met-Mb)으로 바뀌며

1. $KNO_3 \longrightarrow KNO_2$
   (by bacteria in sour milieu)
2. $KNO_2 \longrightarrow HNO_2$
3. $3HNO_2 \longrightarrow 2NO + HNO_3 + H_2O$
   (chemical and bacterial reduction)
4. $2NO + 2Mb \longrightarrow 2NO\text{-}Mb$
5. $NO\text{-}Mb \longrightarrow NO\text{-}Myochromogen$
   (denaturation by acid production and drying)

이것은 산소를 더 이상 저장할 수 없다. 세절기에서 막 세절을 끝낸 생육 혼합물의 상당부분을 차지하는 Oxy-Mb은 우선 Met-Mb으로 변하고 그 후 Met-Mb은 다시 Mb으로 환원된다. 그 결과 이것은 아질산염으로부터 환원되어 생긴 NO와 결합할 수 있게 된다. 계속적인 숙성과정을 통하여 Mb의 단백질부분은 변성(denaturation)되고 이것은 curing color를 안정화시킨다. 왜냐하면 이 때 생성된 NO-Myochromogen은 공기중 산소의 유해효과에 대해 NO-Mb보다 안정하기 때문이다. Met-Mb과 nitrite의 환원제로서 육자체의 물질 또는 첨가된 ascorbate가 작용한다. 대부분의 catalase positive bacteria는 raw sausage에서 nitrate를 환원한다. 또한 이들 중 대다수는 질산염을 ammonium으로 다시 분해할 수 있으므로 더 이상 불필요한 과잉의 nitrate나 nitrite는 제거되어져야 한다. 아질산 염은 육색 고정화작용 이외에도 발효 초기에 *Salmonella, St. aureus* 등 유해 미생물의 생육억제, 항산화 효과 및 풍미증진에 기여한다(12, 11, 15-17).

2.3 향미성분의 생성

Lactic acid fermentation에 의해 생성된 유산 또는 유산의 분해, 탄수화물의 분해, 미생물 또는 육자체의 lipase 및 protease 활성에 의해 원료 지방조직의 분해, 숙성중 용해성 육단백질의 부분적 분해

등을 통하여 300종 이상의 휘, 비휘발성의 향미에 영향을 주는 성분들(peptides, amino acids, fatty acids, alcohols, aldehydes, amines, carbonyl compounds etc.)이 생성된다(10,17). Yeast도 향미증진을 위하여 혼합형으로 조제 판매되며 그 외에 mold-ripened type 및 훈연형태의 경우 각각 특유의 향미가 부여된다(3, 10, 11). 아질산염도 이미 언급한 바와 같이 curing aroma 생성을 통하여 풍미증진에 기여한다.

2.4 저장성

숙성과정 중에서 또 다른 중요한 변화는 습도조절과 공기의 유속조절에 의한 발효초기부터의 끊임없는 수분의 감소 현상이다. 발효초기 a_w-값의 감소는 아질산 염의 첨가와 더불어 Gram(−) bacteria의 증식억제에 기여한다. 일반적으로 9주 후에는 형태에 따라 약 15%-30%의 수분이 손실되며 이와 더불어 a_w-값도 끊임없이 낮아지고 약 3주 후에는 0.88-0.90까지 감소한다. 이와 같이 raw sausage의 원료인 생육 그 자체는 부패되기 쉬운 불안정한 상태이지만 충분히 숙성된 sausage는 미생물학적으로 매우 안정한 식품이라 할 수 있다. 즉, 염의 첨가, 공기 중 산소의 차단, 산생성에 따른 낮은 pH, 건조에 따른 a_w-값의 저하 등의 요인이 저장성을 증대시킨다 할 수 있다(2, 11). 이와 같이 적어도 4주 이상의 장기 숙성 과정을 철저히 통제하여 출하되는 식품은 미생물학적으로 안정하고 냉장하지 않고 저장할 수 있으며 우수한 방향과 풍미, 높은 기호도 및 영양가를 제공한다(2-3, 15). 이러한 장기 숙성법 이외에 Glucono-delta-lactone(GdL)을 사용하여 제조하는 단기간(7-10일) 숙성법도 있으나 품질의 차이는 현격하다. 이 경우 제품의 안정성은 주로 낮은 pH-값에 의존한다(11).

3 Mold와 yeast starter culture

곰팡이 starter는 sausage 표면에 번식해서 외관을 개선시킬 뿐만 아니라, 지방, 단백질 및 젖산을 분해하여 곰팡이 특유의 맛과 향을 부여하며 다른 유해 미생물들의 생육을 억제해서 위생상의 문제점을 제거하고 sausage 표면에서 빛을 차단하여 지방산패를 방지하고 건조속도의 조절기능도 갖고 있어 sausage에 dry ring의 생성을 감소시킨다. 대표적인 곰팡이 starter로서 *Pen. nalgiovense, Pen. chrysogenum* 등이 있다(Table 1). sausage를 충진한 후의 a_w-값은 표면에서의 각종 미생물들의 생육에 좋은 조건이므로 별다른 처리없이는 표면에 수많은 곰팡이들이 번식하는데 일반적으로 이 곰팡이들은 기질과 환경조건에 따라서, 제2차 대사산물로서 사람과 동물에게 독성을 유발하는 Mycotoxin을 생산할 수 있어 위생상 큰 문제가 되므로 starter로 사용되는 균주는 반드시 독성검사를 거친 것이어야 하며 비병원성이어야 하고, 또한 항생물질 비생산성이어야 한다(3, 18). 한편 Yeast 중에서 *Debaryomyces hansenii*는 내염성이며 sausage 내부의 산소를 이용할 수 있어 sausage의 지방산패를 방지하여 저장성에도 기여하지만 특히 향미증진에 관여한다(11).

맺는말

Raw sausage를 위한 바람직한 starter로서는 우수한 대사능력, 위생학적 안전성 뿐만 아니라, 특히 다른 유해 미생물에 대한 경쟁력이 탁월해야하며 이는 raw sausage 제조 뿐만 아니라 다른 식품의 제조를 위해서도 마찬가지일 것이다. 우수한 starter culture의 사용은 결과적으로 제조공정과 제품의 고도의 표준화를 꾀할 수 있으며 위생학적 안정성을 기할 수 있고 발효과정과 시간을 제어할 수 있고 그에 따라 발효시간의 단축이나 기질의 효율적인 이용을 할 수 있어 경제적이고, 전통적인 제조 방법으로는 이룰 수 없는 새로운 제품을 설계할 수 있는 등의 잇점이 있다(15, 19). 따라서 한편으로는 여러가지 성질들을 검토하여 더욱 더 우수한 균주의 선발에 의한 개발작업이 진행되어야 하며, 또 다른 한편으로는 유전자조작(gene manipulation)을 통한 기존균주의 개선의 노력도 요구된다. 이러한 노력들의 결과가 개선된 제조공정 및 가공기술, 위생적인 제품 그리고 훌륭한 방향과 풍미를 제공할 수 있어야 하므로 technology, toxicology(hygiene) 및 sensory area에서 신중한 시험을 거쳐야함이 바람직하다. 전통적인 발효식품이 다양한 우리나라에서도 특히 위생학적 안전성 및 기술개선을 위해 지금까지 미진했던 이 분야에 대한 관심과 독자적이고 창조적인 연구개발이 있어야 할 것이다.

(연락처 : 고려대학교 식품공학과)

참고문헌

1. Anonymous, 1987: Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnis. BA Nr. 140a.
2. Leistner, L., 1986: Allgemeines über Rohwurst. Fleischwirtschaft **66**(3), 290-300.
3. Leistner, L., 1986: Schimmelpilz-gereifte Lebensmittel. Flw. **66**(2), 168-173.
4. Incze, K., 1986: Technologie und Mikrobiologie der ungarischen salami. Flw. **66**(9), 1305-1311.
5. Rödel, W., 1986: Rohwustreifung: Klima und andere Einflußgröße. JB d. BAFF 6617-6624.
6. Leistner, L., 1981: Neue Nitrit-Verordnung der BRD. Flw. **61**, 338-346.
7. Anonymous, 1984: Verordnung über Fleisch und Fleischerzeugnisse. BGBl. I S. 393.
8. Hammes, W.P., 1990: Bacterial starter cultures in food production. In: Food biotechnology (K. Girschner, W.P. Hammes, W. Hartmeier ed.), **4**(1), 383-398, Dekker, New York, Basel.
9. Hammes, W.P., I. Rölz und A. Benteleon, 1985: Mikrobiologische Untersucung der auf dem deutschen Markt vorhandenen Starter-kulturpräparate für die Rohwurstbereitung. Flw. **65** (5), 629-636.
10. Coretti, K., 1977: Starterkulturen in der Fleischwirtschft. Flw. **57**(3), 386-394.
11. Lücke, F.-K., 1986: Mikrobiologische Vorgänge bei der Herstellung von Rohwurst und Rohschinken. Flw. **66**(3), 302-309.
12. Hechelmann, H., 1986: Mikrobiell verursachte Fehlfabrikate bei Rohwurst und Rohschinken. Flw. **66**(4), 515-528.
13. Kotter, L.G. und O. Prändl, 1958: Physikalisch-chemische Vorgänge bei der Fabrikation schnittfester Rohwürste. Flw. **38**, 26.
14. Kotter, L., G. Terplan und C. Gervasini, 1962: Physikalisch-chemische Vorgänge bei der Fabrikation schnittfester Rohwürste. Flw. **42**, 175-179.
15. Hammes, W.P., 1986: Starterkulturen in der Fleiscchwirtschaft. Chem. Mikrobiol. Technol. LM. **9**, 131-143.
16. Potthast, K., 1987: Fleischfarbe, Farbstabilität und Umrötung. Flw. **67**(1), 50-55.
17. Möhler, K., 1980: Das Pökeln. In: Fleischforschung und Praxis, Heft 7, Verlag der Rheinhessischen Druckwerkstätte, Alzey.
18. Ciegler, A., H.-J. Mintzlaff, D. Weisleder und L. Leistner, 1972: Potential production and detoxification of Penicillic acid in mold-fermented sausage. Appl. Microbiol. **24**(1), 114-119.
19. Hammes, W.P., 1987: Biotechnology, biochemical engineering and food technology. In: Biochemical engineering (H. Chmiel, W.P. Hammes and J.E. Bailey, ed.), 11-35, Gustav Fischer, Stuttgart.