식품공학 학사학위논문

분말화된 요거트의 미생물학적 및 이화학적 특성

국립목포대학교 공과대학

식품공학과

김 서 연

김 영 준

서 다 연

지도교수: 김 현 중

2026년 2월

분말화된 요거트의
미생물학적 및 이화학적 특성

이 논문을 식품공학 학사학위 논문으로 제출함

국립목포대학교 공과대학

식품공학과

김 서 연

김 영 준

서 다 연

지도교수 김 현 중

상기자의 식품공학 학사학위 논문을 인준함

심사위원장 허 재 영 (인)

심사위원 김 현 중 (인)

2026년 2월

목 차

국문초록

제1장 서 론 ····· 1

제2장 재료 및 방법 ····· 4

1. 실험 재료 ····· 4

2. 길항작용 실험 ····· 4

3. 요거트 제조 ····· 5

4. 맛 첨가 요거트 제조 ····· 7

5. 분말화된 요거트의 생균 수 측정 ····· 7

6. 이화학적 특성 분석 실험 ····· 8

   1) pH 및 산도 측정 ····· 8

   2) 당도 측정 ····· 8

7. 요거트 분말화 ····· 9

   1) 분무건조 (Spray drying) 및 동결건조 (Freeze drying) ····· 9

8. 레이저 입도 분석실험 ····· 12

제3장 결과 및 고찰 ····· 14

1. 요거트 제조용 유산균 선별 ····· 14

2. 요거트 제조 ····· 16

3. 분말화된 요거트 제조 ····· 16

4. 분말화된 요거트의 생균 수 측정 ····· 19
5. 분말화된 요거트의 이화학적 특성 분석 ····· 22
1) pH 및 산도 측정 결과 ····· 22
2) 당도 측정 결과 ····· 23
6. 건조 방식에 따른 입도 분석 결과 ····· 25

제4장 요약 및 결론 ····· 28

참고문헌 ····· 30

분말화된 요거트의
미생물학적 및 이화학적 특성

김 서 연, 김 영 준, 서 다 연

목포대학교 공과대학 식품공학과

(지도교수 : 김 현 중)

(초록)

본 연구는 액상 요거트가 가지는 저장 및 유통상의 한계를 보완하고, 요거트 특유의 맛과 특성을 분말 형태의 요거트로 구현하고자 수행되었다. 액상 요거트는 시간이 지남에 따라 품질 변화가 빠르게 나타나며, 보관과 휴대에 제약이 있다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 요거트를 분말화하여 물리적 안정성을 높이고, 분말화 공정에 따른 미생물학적 및 이화학적 특성을 비교·분석하였다. 요거트 분말 제조를 위해 동일한 조건에서 발효된 액상 요거트를 사용하였으며, 동결건조와 분무건조 두 가지 건조 공정을 적용하였다. 분말화 이후 pH, 산도, 당도 및 생균수를 측정하여 공정별 특성 차이를 확인하였고, 상온(25°C)에서 14일간 저장하며 미생물학적 변화를 관찰하였다.

실험 결과, 두 건조 공정 모두 요거트를 분말 형태로 제조하였고, 분말에서도 요거트 특유의 산미가 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 동결건조 시료의 경우 pH와 산도 변화가 비교적 적어 이화학적 안정성이 높게 나타났으며, 분무건조 시료에서는 열처리의 영향으로 산도가 소폭 증가하고 당도가 감소하는 경향이 관찰되었다. 생균수 측정 결과, 동결건조 시료가 분무건조 시료에 비해 상대적으로 높은 수치를 보였으나, 본 연구에서는 유산균의 기능성보다는 분말화 과정에

서 나타나는 미생물 수 변화 자체에 초점을 두어 분석을 진행하였다. 저장성 평가 결과, 동결건조 시료는 저장 기간 동안 비교적 안정적인 미생물 수를 유지한 반면, 분무건조 시료는 저장 중 생균수가 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과를 통해 건조 공정에 따라 분말 요거트의 미생물학적 및 이화학적 특성이 달라질 수 있음을 확인하였다. 본 연구는 요거트 분말 제조 시 적용되는 건조 방법에 따른 품질 특성을 비교한 기초 연구로서, 향후 요거트 맛 분말을 활용한 가공식품 및 식품 소재 개발에 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

제1장 서 론

최근 건강과 웰빙에 대한 관심이 높아지면서 발효식품 시장은 국내외에서 빠르게 성장하고 있다(1,19). 특히 유산균이 함유된 발효유는 장내 미생물 균형 유지, 소화 기능 개선, 면역력 증진 등 다양한 생리적 효능을 가진 것으로 알려져 있으며, 소비자들의 건강에 관한 관심 증가와 맞물려 수요가 지속적으로 확대되고 있다(19). 요거트는 발효유의 한 종류로, 제조 방법과 점도에 따라 농축 발효유, 농후 발효유, 액상 발효유 등으로 구분된다. 농후 발효유는 점도가 높아 스푼으로 떠먹는 형태이며, 액상 발효유는 음용이 가능한 형태로 대중적으로 소비되고 있다. 요거트의 기원은 기원전 3000년경 메소포타미아 지역으로, 가축의 젖을 저장하는 과정에서 자연 발효가 일어나면서 처음 만들어진 것으로 알려져 있다(20). 이후 발칸반도와 중동 지역을 거쳐 다양한 형태로 발전하였으며, 현대에는 각 지역의 식문화와 기능성에 맞게 여러 균주가 사용된다.

요거트 발효에 활용되는 유산균으로는 *Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus acidophilus* 등 *Lactobacillus* 속에 속하는 균주, *Streptococcus thermophilus* 등 *Streptococcus* 속 균주, 그리고 *Bifidobacterium bifidum, Bifidobacterium longum* 등 *Bifidobacterium* 속에 속하는 다양한 균주들이 활용된다(20). 이 중 *Lactobacillus bulgaricus* 와 *Streptococcus thermophilus* 는 전통적으로 요거트 제조에 필수적인 스타터(Starter Culture)로 사용된다. 최근에는 건강 증진 기능 강화를 위해 *Lactobacillus gasseri, Lactobacillus casei*와 같은 프로바이오틱스 균주들이 추가적으로 활용되고 있다(13,15).

이들 균주는 젖당을 분해하여 젖산을 생성하고, 제품의 풍미와 점도를 형성하는 동시에 장내 환경 개선, 소화 촉진, 면역력 강화 등의 생리적 기능을 나타내어 발효유의 주요 기능성을 부여한다. 그러나 시중에서 판매되는 대부분의 액상 요거트는 유통 및 저장 과정에서 유산균 생존율이 급격히 감소하는 문제를 안고 있다(13). 액상 요거트는 냉장 유통이 필수적이고, 장기 보관이

어렵다는 한계를 가지며, 개봉 후 빠른 시간 내 섭취하지 않으면 품질이 저하된다. 이러한 문제는 제품의 기능성과 편의성을 모두 제한하게 되며, 소비자의 만족도를 떨어뜨린다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 식품 산업에서는 분말 요거트 제품에 주목하고 있다(1,3). 분말 요거트는 액상 제품의 단점을 보완하여 상온에서 장기 저장이 가능하며, 휴대성이 높고, 필요 시 물이나 우유에 간편하게 재용해하여 섭취할 수 있다는 장점을 가진다(1,3). 또한 분말화 과정에서 수분 함량이 낮아 미생물 성장 억제 효과를 얻을 수 있으며, 결과적으로 제품의 안정성과 안전성이 향상된다. 분말 요거트는 단순히 휴대성과 보존성을 높이는 데 그치지 않고, 장기 보관 시에도 유산균의 기능성을 유지할 수 있어 기능성 발효식품으로서 확장 가능성이 크다(1). 최근 분말 요거트는 액상 요거트의 단점을 보완하는 기능성 제품으로 주목받고 있으며, 글로벌 시장에서도 꾸준한 성장세를 보이고 있다.

현재 판매되는 분말 요거트는 상온에서 장기 보관이 가능하고 휴대가 용이하다는 장점이 있으나, 분말화 과정과 저장 조건에 따라 유산균 생존율이 감소할 수 있으며, 일부 제품은 풍미나 질감 측면에서 액상 요거트에 비해 만족도가 떨어지는 한계가 보고되고 있다(7,9,10). 또한 제조 비용과 기술적 난이도가 상대적으로 높아, 상용 제품 개발과 대량 생산에 제약이 존재한다. 이러한 분말 요거트가 가진 한계는 본 연구에서 분말 요거트의 유산균 기능성 유지와 품질 안정성을 동시에 확보하는 제품 개발의 필요성을 부각시킨다. 분말 요거트의 제조에는 주로 동결건조(freeze-drying)와 분무건조(spray-drying) 공정이 사용된다(3). 동결건조는 시료를 저온에서 급속 냉동한 후 진공 상태에서 수분을 승화시켜 제거하는 방식으로, 유산균 세포 손상을 최소화할 수 있는 장점이 있으나 공정 시간이 길고 비용이 높다는 단점이 있다(1,18). 분무건조는 고온의 열풍을 이용하여 시료를 단시간에 분말화할 수 있어 산업적 생산 효율이 높지만, 건조하는 과정 중 고온으로 인한 유산균 사멸이 불가피하다(5,17). 따라서 분말 요거트의 품질 향상과 장기 저장을 위해서는 분말화 공정 선택과 조건 최적화가 핵심적인 과제로 여겨진다. 또한 분말화된 제품의 유산균 생존율은 제품의 기능적 효능을 결정하는 핵심 지표이며, pH와 산도

는 발효 상태 유지와 안전성 평가를 위해 필수적이다. 당도 측정은 분말화 과정에서 당 성분 변화와 맛의 유지 여부를 확인하는 근거 자료로 활용된다.

분말 요거트는 단순한 발효유 가공제품이 아니라, 기능성 발효식품으로의 확장 가능성을 가지고 있다. 분말화된 유산균은 장기간 생존이 가능하며, 단백질 보충제, 기능성 간식, 다이어트 식품 등 다양한 형태로 활용될 수 있다. 특히 최근 휴대용 발효유 제품, 즉석 재용해 음료, 건강 보조 분말식품 시장이 확대되면서, 동결건조와 분무건조 공정의 효과 비교 연구와 품질 평가의 중요성은 더욱 커지고 있다.

이에 본 연구에서는 유산균 생존율과 품질 안정성 향상을 목표로, 동결건조와 분무건조 공정을 비교·분석하였다. 건조 후 시료의 CFU, pH, 산도, 당도를 측정하여, 두 공정이 요거트 품질과 기능성에 미치는 영향을 평가하고, 장기 저장 가능성을 검토하였다. 또한 분말 요거트의 입도 특성을 확인하였다. 본 연구에서는 분말화된 요거트의 입도 특성을 평가하여 분말 품질과 기능적 안정성을 함께 고려하였다. 연구 결과는 향후 냉장 보관 없이도 장기 저장이 가능하며 유산균의 기능성을 유지할 수 있는 고안정성 분말 요거트 제조 기술 확립과, 기능성 발효식품 산업의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

제2장 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에서 사용된 재료는 다음과 같다. 기본 원료로는 서울우유 저지방 우유(Seoul Milk, Korea)를 사용하였다. 유산균으로는 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258를 실험에 사용하였다. 첨가제로는 풍미와 색감을 개선하기 위해 딸기 분말(strawberry powder, Korea)을 사용하였으며, 분무건조 요거트는 분말 요거트의 안정성을 높이기 위해 보호제 및 첨가제를 추가하였다.

실험에 사용되는 모든 용기와 기구는 80~90°C에서 멸균 처리하여 교차 오염을 방지하였다. 분말화 공정으로는 일신바이오베이스(Ilshin Biobase, Korea)의 FD8508 동결건조기(Freeze dryer)와 화창기연(Hwachang Engineering, Korea)의 HCSR-01 분무건조기(Spray dryer)를 이용한 요거트분말화를 진행했다. 동결건조는 시료를 급속 냉동 후 진공 상태에서 수분을 승화시키는 방식으로 유산균 세포 손상을 최소화할 수 있으며, 분무건조는 고온 열풍을 이용해 단시간에 대량 분말화가 가능하나 열에 의한 유산균 손실이 발생할 수 있다.

2. 길항작용 실험

세 균주의 혼합 배양 적합성과 상호 작용을 평가하기 위해, 3×3 격자 교차 접종(grid cross-streaking method)을 이용한 길항 작용 실험을 진행하였다. 각 균주는 MRS 액체 배지에서 24시간 동안 배양한 뒤, MRS agar와 BHI agar 평판 배지에 접종하였다. 실험의 정확성을 높이기 위해 세 균주 쌍의 조합을 모두 포함하여 길항 작용을 확인하였다.

접종은 평판 배지 표면에 세 균주를 가로 방향으로 세 줄, 세로 방향으로 세 줄을 이어 교차되도록 배치하여 총 아홉 개의 교차 지점을 형성하도록 구성하였

다. 배양 후, 각 균주의 선이 교차하는 지점에서 상대 균주의 생육이 억제되는 영역(zone of inhibition)의 형성 여부를 관찰하여 길항 활성을 평가하였다.

3. 요거트 제조

혼합 시드 컬처를 이용한 요거트 제조 공정은 Figure 1에 나타내었다. 본 연구에서는 서울우유 저지방 우유 300 mL를 원료로 사용하였다. 우유는 121°C에서 15분간 멸균 처리한 후, 혼합 시드 컬처인 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258을 접종하였다. 이후 42°C 조건에서 평균 24~48시간 동안 배양하여 발효 요거트를 제조하였다(Figure 1).

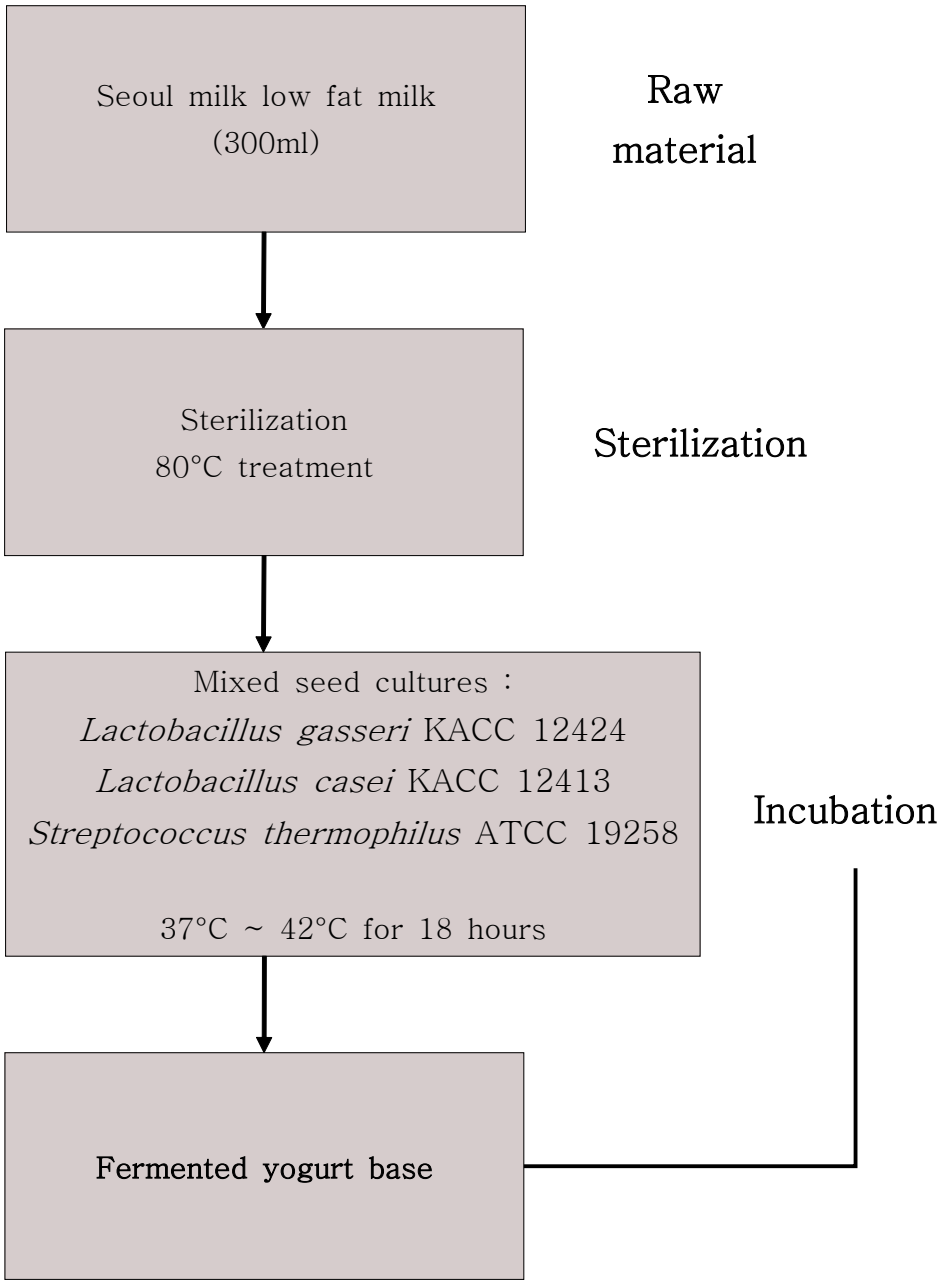


Figure 1. Flow chart of yogurt base manufacturing process using mixed seed cultures.

4. 맛 첨가 요거트 제조

제조된 요거트를 기반으로 맛 첨가 요거트 시료를 제조하였다. 딸기맛 요거트 시료에는 요거트 300 mL당 딸기분말 75 g을 첨가하였으며, 초코맛 요거트 시료에는 요거트 300 mL당 초코분말 60 g을 첨가하였다. 맛 성분 첨가 후에는 블렌더를 사용하여 충분히 혼합·균질화하였고, 체에 통과시켜 입자 응집을 최소화하여 균일한 분포가 유지되도록 조절하였다. 이렇게 제조된 맛 첨가 요거트 시료는 이후 분무건조 및 동결건조 공정을 위한 기본 시료로 사용되었다.

5. 분말화된 요거트의 생균 수 측정

요거트 분말 시료의 유산균 생존율을 정량적으로 평가하기 위해 희석 도말법(Serial dilution method)을 이용하여 생균수(CFU)를 측정하였다. 동결건조 및 분무건조 과정을 거친 각 분말 시료는 50 mL 코니칼 튜브에 담아 증류수에 현탁한 후, (Vortex mixer)를 사용하여 균질하게 용해시켰다. 용해된 시료액은 10^{-7}에서 10^{-9} 배까지 단계적으로 희석하여 유효 집락 계수가 가능한 농도 범위로 맞추었으며, 희석된 각각의 시료액 1 mL를 MRS agar (de Man, Rogosa and Sharpe agar) 배지와 BHI (brain heart infusion agar) 배지가 담긴 페트리 접시에 분주하였다.

유산균(*Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258) 계수를 위해 MRS 배지는 42°C에서 48시간 동안 혐기적 조건(anaerobic condition) 하에 배양하였고, BHI 배지는 일반 세균의 생균수 측정을 위해 42°C에서 48시간 동안 혐기적 조건 하에 배양하였다. 배양 후 형성된 집락(colony) 수를 계수하고, 이를 희석 배수와 시료의 최초 농도를 고려하여 CFU로 최종 환산함으로써 분말화 공정이 유산균 및 총균의 생존율에 미치는 영향을 산출하였다.

6. 이화학적 특성 분석 실험

1) pH 및 산도 측정

요거트 분말 시료의 발효 안정성 및 발효 후 생성된 산의 함량을 정량적으로 평가하기 위해 pH 및 산도 측정을 진행하였으며, 모든 실험은 통계적 신뢰도 확보를 위해 3회 반복하여 평균값을 사용하였다. pH 측정은 각 분말 시료 1 g을 정밀하게 칭량하여 100mL의 증류수에 녹인 후, 전극이 부착된 pH 미터(HI221, Hanna Instruments, Italy)를 사용하여 25°C 항온 조건에서 측정함으로써 수소 이온 농도를 직접적으로 확인하였다.

산도 측정은 pH측정을 위해 제조된 시료액 10mL를 정량하여 0.1 N 수산화나트륨(NaOH) 표준용액을 뷰렛에 담아 정밀하게 적정(titration)하였으며, 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 사용하여 용액의 종말점(pH 8.3)에 도달했을 때 소비된 NaOH의 부피를 기록하였다. 측정된 적정 부피를 기반으로 아래와 같이 젖산(lactic acid) 함량으로 환산하여 최종 산도를 산출하였다.

2) 당도 측정

분말 요거트 시료의 당도(Brix)는 디지털 당도계 (digital Refractometer, PR-101, Atago Co., Japan)를 사용하여 측정하였으며, 모든 측정은 3회 반복하여 통계적 유의성을 확보하였다. 당도 측정을 위한 시료는 pH 및 산도 측정에 사용된 것과 동일하게 조제된 시료액을 사용하였고, 이 시료액을 당도계의 측정 프리즘에 소량 떨어뜨려 시료에 함유된 가용성 고형분(soluble solids)의 굴절률 변화를 통해 Brix 값을 측정하였다.

측정은 25°C의 일정한 온도 조건에서 진행하여 온도에 의한 오차를 최소화하였으며, 이를 통해 분말화 과정이 요거트의 최종적인 단맛 성분 농도에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다.

7. 요거트 분말화

1) 분무건조 (Spray drying) 및 동결건조 (Freeze drying)

요거트 시료의 분말화는 유산균의 생존율과 최종 분말의 물리화학적 특성 변화를 심도 있게 비교 분석하기 위해 분무건조(spray drying)와 동결건조(freeze drying) 두 가지 상이한 방식을 적용하여 진행하였다. 분무건조의 경우, 화창기연(Hwachang Engineering, Korea)의 HCSR-01 분무건조기(spray dryer)를 사용하여 시료를 분말화하였으며, 분말화 조건에 따른 영향을 평가하기 위해 시료를 사이클론 방식과 챔버 방식의 두 조건으로 나누어 진행하였다.

분무건조 시 흡입 온도(inlet temperature)는 150°C에서 180°C로 고온 조건에서 설정하고, 배출 온도(outlet temperature)는 유산균의 열 손상을 최소화하는 80°C 이하로 설정하였다.

이러한 건조 방식과 시료 구성에 따라 실험 결과에 제시된 시료는 동결건조 시료 (freeze drying yogurt), 덱스트린 미첨가 분무건조 시료 (plain), 그리고 덱스트린 첨가 분무건조 시료 (dextrin 1:1)의 세 가지 주요 그룹으로 분류된다. 덱스트린 (1:1)은 분무건조 과정 중 유산균을 고온(150°C 에서 180°C inlet temperature)의 열 스트레스로부터 보호하고, 분말의 흡습성과 안정성을 향상시키기 위한 벽 물질 (wall material) 및 보호제 (protective agent)로 첨가되었다. 특히 덱스트린은 높은 유리 전이 온도 (glass transition temperature)를 가져 건조 과정과 저장 중 분말이 끈적해지는 현상(caking)을 방지하여 분말의 유동성을 유지하는 역할을 한다.

각 시료의 구체적인 명칭은 첨가제 유무와 분말 수집 방식을 결합하여 명명되었으며, Plain (cyclon)은 덱스트린 미첨가 시료를 사이클론으로 수집한 경우를, dextrin 1:1 (chamber) 및} dextrin 1:1 (cyclon)은 덱스트린을 요거트 고형분 대비 1:1 비율로 첨가한 후 각각 챔버와 사이클론으로 수집한 시료를 표시하였다.

동결건조 시료는 저온/진공 조건에서 건조되어 열 손상이 최소화된 상태로, 분무건조 시료와의 성능 비교를 위한 대조군 역할을 수행하였다.

동결건조(freeze drying)는 유산균의 생리적 활성을 가장 잘 보호하기 위해 일신바이오베이스(Ilshin Biobase, Korea)의 FD8508 동결건조기(freeze dryer)를 사용하여 진행되었으며, 맛 첨가 요거트 시료를 먼저 −100°C 이하에서 급속 냉동 처리하여 자유수와 결합수를 모두 고체화하였다.

급속 냉동 후 높은 진공 상태에서 선반 온도(shelf temperature)를 0°C 이하로 조절하여 수분을 승화(sublimation)시키는 방식으로 건조를 완료하였다. 건조가 완료된 모든 분말 시료는 수분 재흡수를 방지하기 위해 밀봉 처리해서 다음 실험에 사용하기 전까지 품질 변화를 최소화하였다.

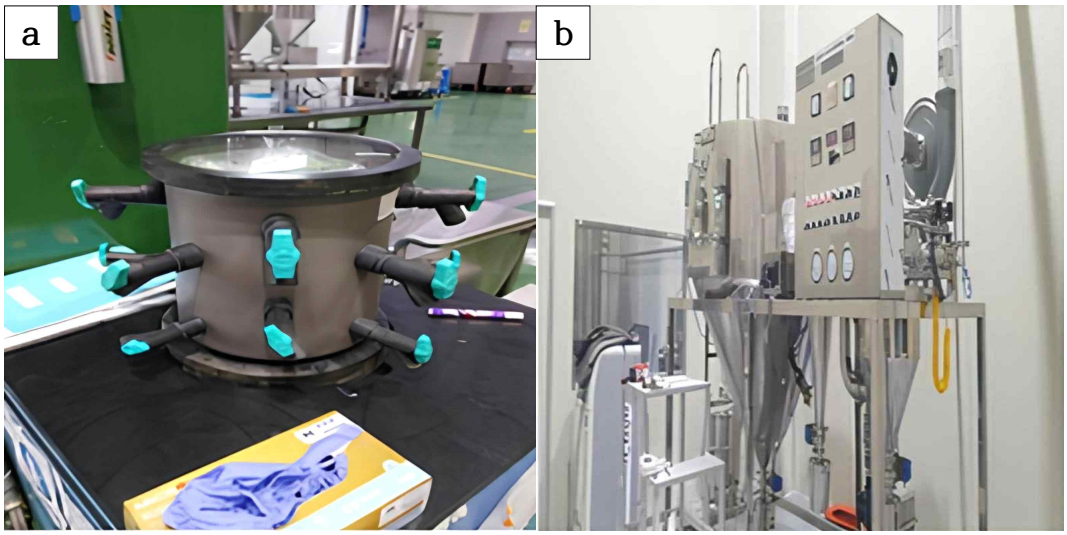


Figure 2. Drying equipment utilized for the production of yogurt powder.

a. Freeze-dryer(FD): FD8508 freeze dryer(Ilshin Biobase, Korea).

b. Spray-dryer(SD): HCSR-01 spray dryer(Hwachang Engineering,Korea).

8. 레이저 입도 분석 실험

분말 요거트 시료의 입도 및 분포 특성을 정량적으로 평가하기 위해 국립목포대학교 공동실험실습관의 레이저 회절 입도분석기(Mastersizer 3000, Malvern Panalytical, UK)를 활용하여 분석을 수행하였다. 레이저 회절 방식은 다양한 크기의 입자가 빛을 산란시키는 패턴을 해석하여 입경을 계산하는 기술로, 분말 식품에서 나타나는 넓은 입도 범위를 높은 정확도로 측정할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한 측정 시간이 짧고 재현성이 높아 분말 요거트의 물리적 품질 특성을 파악하는 데 적합하다. 요거트 분말의 수용성 성분이 물에 용해되거나 팽윤하여 실제 건조 입자 크기가 변형되는 것을 방지하기 위해, 분석 매질로는 99.5% 에탄올을 사용하였다. 에탄올은 물과 달리 유산균 분말 및 고형성분의 구조를 변화시키지 않으며, 건조된 입자의 본래 크기와 분포를 유지한 상태로 안정적인 분산 상태를 형성할 수 있다는 점에서 적합한 분산제로 평가된다.

실험 과정은 시료 0.01~0.02 g을 정밀하게 칭량하여 에탄올에 투입하고, 입자 간의 응집을 최대한 줄이기 위해 1분간 초음파 처리를 실시한 뒤 습식 분산 모듈을 이용해 측정하는 방식으로 진행되었다. 초음파 처리는 대형 응집체를 분리하여 단일 입자 기반의 정확한 입도 분석이 가능하도록 돕는 중요한 단계이며, 특히 분무건조 분말처럼 표면이 점착성을 띠기 쉬운 시료에서 필수적인 과정이다. 입도 분석 결과는 누적 부피 기준의 d10, d50(중앙값 입경), d90 값을 통해 분말의 전체적 입경 분포 범위를 파악하였다. 여기에 더해 표면적 가중 평균 입경 D[3,2]와 부피 가중 평균 입경 D[4,3]을 산출하여, 각각 미세 입자의 비율과 대형 입자의 비중을 정량적으로 확인하였다. 또한 Span 지수를 통해 분포 폭의 균일성을 평가하여, 각 분말 시료가 생산 단계에서 얼마나 안정적으로 건조되었는지 비교할 수 있었다. 추가적으로 비표면적(specific surface area) 값을 활용하여 분말의 표면 구조적 특성을 이해하였으며, 이는 저장 안정성 및 용해도 특성과도 직접적으로 연관되는 지표이다.

이와 같은 입도 분석 절차는 건조 공정(동결건조·분무건조) 및 첨가제 사용 여부가 분말 형태와 기능적 특성에 어떠한 차이를 만드는지 명확하게 규명할 수 있는 핵심 방법으로 활용되었다.

제3장 결과 및 고찰

1. 요거트 제조용 유산균 선별

요거트 제조에 적합한 유산균을 선별하기 위하여 길항 작용(antagonistic activity) 실험을 수행하였다. 본 실험에서는 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, 그리고 *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258을 대상으로 grid cross-streaking 방법을 적용하여 균주 간 상호 작용을 관찰하였다(Figure 3).

그 결과, 실험에 사용된 세 균주 간에서 뚜렷한 성장 저해환이나 강한 억제 현상은 관찰되지 않았으며, 일부 교차 부위에서는 제한적인 성장 감소가 확인되었으나 요거트 발효에 영향을 줄 정도의 강한 길항 작용은 나타나지 않았다. 이는 세 균주가 동일 배지 내에서 비교적 안정적으로 공존할 수 있음을 의미하며, 혼합 배양 시에도 발효가 원활하게 진행될 가능성을 시사한다.

특히 *Streptococcus thermophilus*는 다른 유산균과의 상호 저해 없이 균일한 성장을 보였으며, *Lactobacillus gasseri* 및 *Lactobacillus casei* 또한 교차 접종 구간에서 생육이 유지되는 양상을 나타냈다. 이러한 결과를 통해 세 균주는 상호 길항성이 낮아 요거트 제조용 스타터로서의 적합성이 확인되었다.

따라서 본 연구에서는 길항 작용 실험 결과를 바탕으로 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258을 요거트 제조용 유산균으로 선정하여 이후 요거트 제조 및 분말화 실험에 활용하였다.

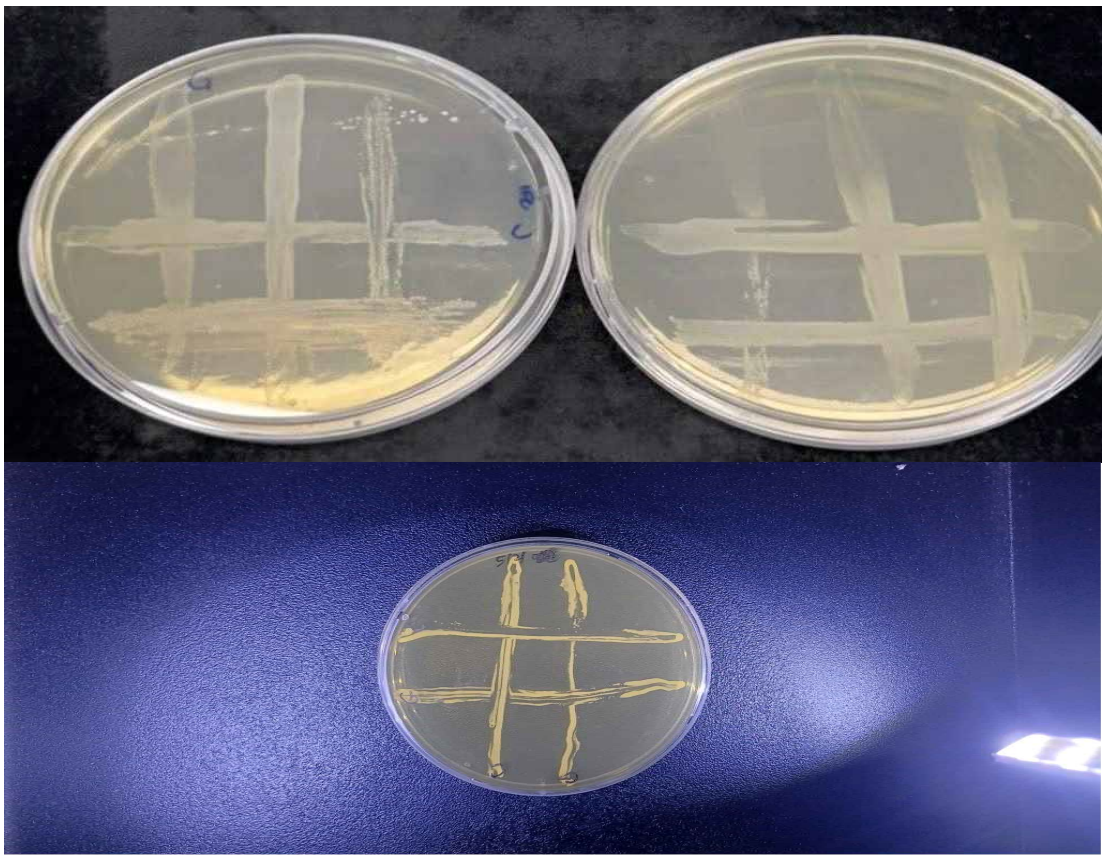


Figure 3. Visual assessment of the antagonistic activity among *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, and *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258 using the grid cross-streaking method.

2. 요거트 제조

본 연구는 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258의 혼합 균주를 이용하여 발효 요거트를 제조하였으며, 해당 요거트를 기반으로 맛 첨가 및 동결건조 공정을 수행하였다. 혼합 균주에 의해 형성된 발효 요거트는 이후 분말화 공정을 진행하기에 적합한 기질로 작용하였고, 이는 후속 실험에서 관찰된 분말 요거트의 외형적 및 물리적 특성 분석의 기초 자료로 활용되었다.

3. 분말화된 요거트 제조

본 연구는 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258의 혼합 균주를 이용하여 발효 요거트를 제조하였으며, 해당 요거트를 기반으로 맛 첨가 및 동결건조 공정을 수행하였다. 혼합 균주에 의해 형성된 발효 요거트는 이후 분말화 공정을 진행하기에 적합한 기질로 작용하였고, 이는 후속 실험에서 관찰된 분말 요거트의 외형적 및 물리적 특성 분석의 기초 자료로 활용되었다.

본 연구는 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258 혼합 균주를 활용하여 발효 요거트를 제조한 뒤 동결건조 공정을 통해 성공적으로 분말화하였으며, 최종적으로 제작된 분말 요거트의 외형적 및 물리적 특성을 평가한 결과, 첨가된 풍미 물질의 종류가 분말의 색상, 형태, 입도 분포에 매우 유의한 영향을 미쳤음을 확인하였다. 구체적으로 플레인(Plain freeze drying) 시료는 어떠한 첨가물도 포함하지 않아 가장 순수한 밝은 백색을 띠었고, 동결건조 과정에서 형성되는 특유의 불규칙하고 다공성인 플레이크(flake) 형태가 명확하게 나타났다.

반면, 딸기맛(Strawberry flavor freeze drying) 시료는 첨가된 딸기 분말의 색상과 당 성분의 영향으로 균일한 분홍색을 보였으며, 초콜릿맛(Chocolate flav

or freeze drying) 시료는 짙은 갈색을 띠고 초콜릿 분말의 미세한 입도와 상대적으로 높은 지방 성분의 영향으로 다른 시료 대비 육안뿐만 아니라 촉감 평가에서도 가장 미세하고 균일한 분말 형태를 나타냈다. 이러한 첨가제 유래의 입자 크기와 형태 변화는 분말 제품의 물리적 품질 특성, 예를 들어 용해도, 유동성, 응집 경향 등 후속 기능성에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 따라서 동결건조 공정은 요거트 분말의 안정적인 형태를 제공함과 동시에, 첨가되는 풍미 물질을 신중히 선택함으로써 최종 제품의 미적 품질 및 사용 용도에 적합한 물리적 특성을 정밀하게 조절할 수 있는 핵심적인 요소임을 확인할 수 있었다.



Figure 4. Visual comparison of the final appearance of freeze-dried yogurt powder samples (plain, strawberry flavor, and chocolate flavor).

a. Plain FD : Freeze-dried yogurt powder without any added flavoring agents.

b. Strawberry FD : Freeze-dried yogurt powder with added strawberry powder.

c. Chocolate FD : Freeze-dried yogurt powder with added chocolate powder.

4. 분말화된 요거트의 생균 수 측정

제조된 요거트 분말 시료들의 유산균 생균수(Log CFU/mL) 측정 결과는 Figure 5 에 제시되어 있으며, 분말화 공정이 유산균(*Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258)의 생존율에 미치는 영향을 정량적으로 평가하였다. 균주의 특성을 고려하여 MRS agar 배지는 *Lactobacillus gasseri* KACC 12424와 *Lactobacillus casei* KACC 12413의 계수에 사용하였고, BHI agar 배지는 *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258과 총균수 측정을 위해 사용되었다. 모든 배지는 42°C에서 48시간 동안 혐기 조건에서 배양하여 생육 환경을 균일하게 유지하였다.

분석 결과, 발효에 사용된 스타터 배양액의 초기 농도는 약 9.67×10^8 Log CFU/mL로 확인되었다. 이후 24시간 발효를 진행한 액상 요거트의 생균수는 약 7.10×10^8 Log CFU/mL로 감소하였으며, 이는 초기 스타터 대비 약 2.57 Log 감소한 수치이다. 이러한 생균수 감소는 발효가 진행되면서 pH가 점차 낮아지고, 산 생성으로 인해 유산균이 산성 스트레스를 받는 과정에서 생존율이 떨어지는 일반적인 발효 특성과 일치한다. 특히 *Lactobacillus*와 *Streptococcus*는 산 생성량이 많기 때문에, 발효 시간이 길어질수록 자체 생성한 산에 의해 생육이 제한되는 현상이 쉽게 나타난다.

최종적으로, 발효 후 제조된 액상 요거트를 동결건조하여 분말화한 결과, 분말 요거트의 생균수는 약 5.83×10^7 Log CFU/mL로 측정되었다. 이는 건조 전 액상 요거트(7.10×10^8 Log CFU/mL) 대비 약 1.27 Log 감소한 값으로, 생균수가 약 10의 1.27제곱, 즉 약 18.6배 정도 감소한 결과에 해당한다. 일반적으로 Log가 1 감소하면 생균수가 약 10분의 1 수준으로 줄어드는 것으로 해석되므로, 1.27 Log 감소는 건조 과정의 물리적 스트레스가 생균수에 영향을 미쳤음을 의미한다. 그럼에도 불구하고, 동결건조 방식은 열을 사용하지 않기 때문에 고온에서 발생하는 단백질 변성이나 세포막 손상 같은 열성 스트레스를 최대한 피할 수 있다는 장점이 있다.

이로 인해 생균수 감소는 존재하지만, 다른 고온 건조 방식과 비교했을 때는

상대적으로 높은 생존율을 유지할 수 있는 공정으로 평가된다. 실제로 많은 프로바이오틱 제품에서 동결건조 기술을 활용하는 이유도, 장기 저장성과 미생물 활성을 동시에 확보할 수 있기 때문이다. 이번 실험 결과 또한 동결건조가 유산균의 활성을 보존하는 데 효과적인 기술임을 뒷받침한다.

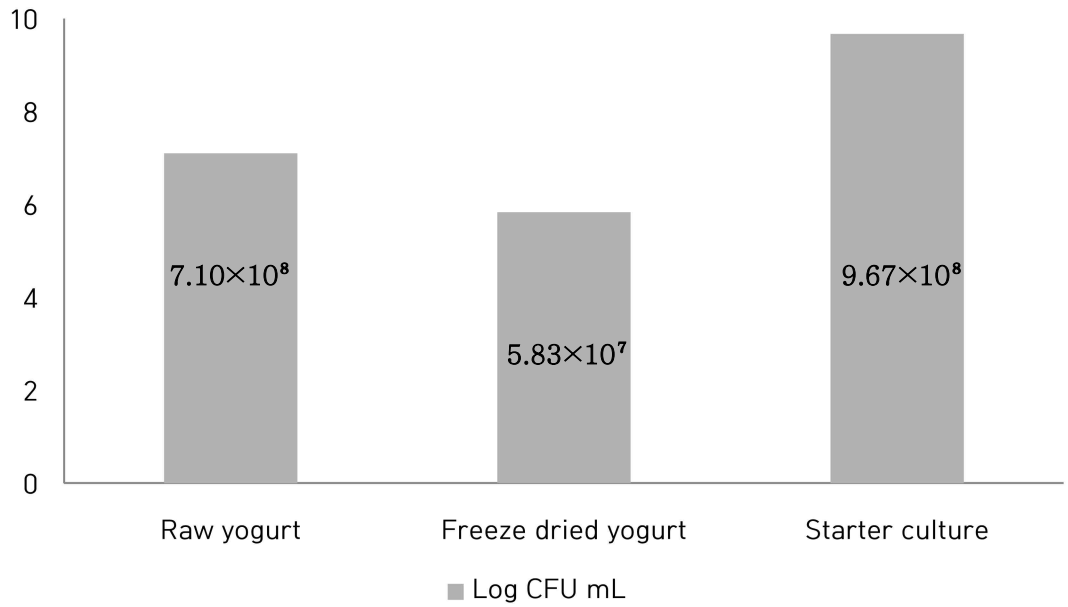


Figure 5. Viable cell counts (Log CFU/mL) of starter culture, raw yogurt, and freeze-dried yogurt powder samples.

a. Starter culture : Refers to the final inoculum concentration of the CTG culture blend used for yogurt fermentation.

b. Raw yogurt : The liquid yogurt base after the 24-hour fermentation process is complete. This represents the cell count immediately prior to drying.

c. Freeze dried yogurt : The sample powdered by freeze drying (FD) measured after reconstitution to the original volume with distilled water. This value indicates cell viability post-drying.

d. CTG : Yogurt made with a culture blend of *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, and *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258.

5. 분말화된 요거트의 이화학적 특성 분석

1) pH 및 산도 측정 결과

분무건조(Spray drying) 및 동결건조(Freeze drying) 방식으로 제조된 맛 첨가 요거트 분말의 pH 및 산도(젖산 함량,%) 측정 결과는 Table 1 에 제시되었다. pH는 발효 안정성과 잔존하는 유산균의 활성을 나타내는 주요 지표이며, pH의 저하는 유산균(Lactic Acid Bacteria, LAB)이 탄수화물을 발효시켜 젖산과 기타 유기산을 생성하는 대사 활동의 결과이다. 일반적으로 최종 요거트 제품은 산성화되어 pH가 4.5 이하의 산성 범위를 보인다.

동결건조 시료는 분무건조 시료 대비 pH가 높고 산도가 낮게 나타났다. 이는 동결건조 과정이 승화(sublimation) 방식을 사용하여 수분을 제거함으로써 고온의 열처리 과정을 거치지 않아 유기산 성분의 손실이 최소화되고, 유산균의 효소 활성 변화 또한 상대적으로 적었음을 시사한다. Table 1 에서 적정 산도(TA)를 측정한 결과, 동결건조(FD) 시료는 분무건조(SD cyclon) 시료보다 유의적으로 높은 산도를 나타냈다. 일반적으로 고온 처리인 spray drying 공정은 freeze drying 공정보다 유기산의 휘발을 유발하여 산도를 낮출 수 있다. 그러나 본 연구에서는 덱스트린을 첨가한 spray drying 시료에서 산도가 실험군 중 가장 낮은 값을 보였다. 이러한 패턴은 분말화 과정 중 고온에 의한 유기산의 농축 또는 손실보다는, 덱스트린과 같은 첨가제의 완충 작용이나 희석 효과가 요거트 분말의 최종 산성 균형(acidic balance)에 영향을 미쳤음을 시사한다.

이처럼 pH와 산도의 변화는 분말화 공정이 요거트의 산성 균형에 미치는 영향을 보여주며, 이는 최종 제품의 장기적인 품질 안정성 및 보존 기간 설정에 중요한 기초 자료로 활용된다.

2) 당도 측정 결과

분말 요거트 시료의 당도(Brix) 측정 결과는 Table 1 에 나타내었다. 당도(Brix)는 시료에 포함된 가용성 고형분(주로 당류)의 농도를 나타내는 지표로, 원료 우유의 유당(lactose)과 첨가된 부재료(딸기 또는 초콜릿)의 당 성분에 의해 결정된다. 분말화 공정은 원료 요거트의 수분을 제거하여 가용성 고형분의 상대적인 농도를 증가시키는 효과를 가져온다.

측정 결과, 모든 분말 시료는 원료 요거트 베이스보다 현저히 높은 Brix 값을 보였으며, 이는 건조 공정 중 수분의 대량 손실이 발생하여 당 성분이 농축되었음을 입증한다. 이는 유당 및 기타 단당류와 이당류가 열에 비교적 안정적인 특성을 가지므로, 건조 방식에 따른 고온 열 분해 영향을 적게 받았기 때문으로 판단된다.

Table 1. Physicochemical properties (pH, Acidity, and Brix) of yogurt powder samples.

	Yogurt (CTG) before dry	Freeze drying yogurt	Spray drying yogurt (cyclon)	Spray drying yogurt dextrin (chamber)	Spray drying yogurt dextrin (cyclon)
pH	4.0	4.5	4.6	4.5	4.5
Acidty	3.2	2.9	2.7	2.3	1.8
Brix	10	11	5.0	12.0	11.0

a. CTG : Yogurt made with a culture blend of *Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, and *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258.

b. Yogurt (CTG) before dry : Refers to the raw liquid yogurt base after fermentation and before any drying process.

c. Freeze drying yogurt : Sample powdered by the low-temperature and vacuum-based freeze drying method.

d. Spray drying yogurt (cyclon) : Sample powdered by spray drying without dextrin and collected via the cyclone system.

e. Spray drying yogurt dextrin (chamber) : sample with dextrin added and collected via the chamber collection method.

f. Spray drying yogurt dextrin (cyclon) : sample with dextrin added and collected via the cyclone collection method.

6. 건조 방식에 따른 입도 분석 결과

본 연구에서는 레이저 회절식 입도 분석기를 사용하여 동결건조 및 분무건조 공정에서 제조된 요거트 분말의 입도 특성을 평가하였다. 분석 항목은 농도(concentration), 분포폭(span), 균일도(uniformity), 비표면적(specific surface area), 평균입경 D[3,2], 평균입경 D[4,3], 그리고 누적분포 기준 입경인 Dv(10), Dv(50), Dv(90)으로 구성하였다 (Table 2).

전반적으로 분무건조(cyclon) 플레인 시료는 D[4,3] 값이 108.0 μm로 비교적 큰 입도를 보였으며, 분포폭(Span=2.555)이 넓어 입자 크기 분포가 불균일한 것으로 나타났다. 반면, 플레인+dextrin 1:1 (cyclon) 시료는 D[3,2]=20.6 μm, D[4,3]=36.7 μm로 가장 작은 입도를 나타냈으며, Dv(90)=60.5 μm, Span=1.276으로 입도 분포 폭 또한 가장 좁아 상대적으로 균질한 입자 형성이 이루어진 것으로 평가되었다. 동결건조 분말은 D[4,3]=233.0 μm, Dv(90)=440.0 μm로 입경이 크게 나타났으며, 이는 동결건조 공정 특성상 건조 중 구조 붕괴가 적어 다공성·팽창된 입자 형태가 형성되기 때문으로 판단된다. 시중 제품인 곰곰 요거트 파우더 또한 D[4,3]=252.0 μm로 비교적 큰 입도를 보였으며, 상업적 공정에서 분무건조 후 응집(agglomeration) 공정이 포함되었을 가능성이 있다.

덱스트린을 첨가한 분무건조(cyclon) 조건에서 가장 작은 입자와 좁은 분포폭을 보였으며, 이는 유동성 향상 및 분산 안정성 측면에서 유리한 특성으로 해석될 수 있다.

동결건조 시료는 평균 입경 D[4,3]이 233 μm로 측정되어 시중 상용 요거트 파우더(252 μm)에 비해 다소 작은 입자를 형성하였다. d10, d50, d90 값은 각각 54.9, 212.0, 440.0 μm로 나타나 비교적 균일한 입도 분포를 보였으며, 분포폭은 1.813, 균일도는 0.547로 안정적인 분산 특성을 확인하였다.

플레인 요거트 단독 시료는 평균 입경이 108 μm, d50이 77.8 μm로 상대적으로 입자가 큰 경향을 보였고, dextrin 첨가 시 입자가 감소하며 분포가 좁아지는 효과가 관찰되었다. 특히 플레인+dextrin 1:1 혼합 시 D[4,3]이 36.7 μm로 최소값을 나타내고, d50은 33.7 μm로 입자가 매우 균일하며 비표면적이 291.4 m^2/g으로 가장 높게 측정되어 재용해성이 할 것으로 예상되었다.

Table 2. Particle size parameters of yogurt powder samples according to drying methods and additives.

	Distribution (Span)	Average diameter D [3,2]	Average diameter D [4,3]	Median diameter Dv [50]
Plain (cyclon)	2.555	59.6	108.0	77.8
Plain (dextrin 1:1 chamber)	3.185	65.5	121.0	76.8
Plain (dextrin 1:1 cyclon)	1.276	20.6	36.7	33.7
control Yogurt	1.644	122.0	252.0	236.0
Freeze Dried Yogurt	1.813	108.0	233.0	212.0

a. All particle size parameters are expressed in micrometers (μm).

b. D [3,2] is Sauter mean diameter (surface-volume mean); D [4,3] is volume moment mean diameter.

c. Dv [50] is the median diameter, representing the size at the 50% cumulative distribution.

d. Span is a measure of the width of the particle size distribution and indicates uniformity.

e. Plain denotes yogurt powder without protective agent; dextrin} 1:1 indicates a 1:1 ratio of dextrin to yogurt solids.

f. Cyclon and chamber refer to the powder collection method during spray drying.

제4장 요약 및 결론

본 연구는 다양한 건조 공정을 적용하여 요거트 맛 분말을 제조하고, 건조 방식 및 첨가제가 분말 요거트의 미생물학적 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 비교·분석하고자 수행되었다. 먼저 (CTG) 혼합 배양균 (*Lactobacillus gasseri* KACC 12424, *Lactobacillus casei* KACC 12413, *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258) 을 이용하여 발효한 요거트를 원료로 사용하였으며, 동결건조(freeze drying)와 분무건조(spray drying) 공정을 적용하고 분무건조 시 덱스트린 첨가 여부에 따른 특성 차이를 함께 평가하였다.

입도 특성 분석 결과, 분무건조 분말은 동결건조 분말에 비해 평균 입경이 작고 비교적 균일한 입도 분포를 보였다. 특히 덱스트린을 첨가한 분무건조 시료에서는 입자 형성이 안정적으로 이루어져 분말의 균질성이 향상되었다. 반면, 동결건조 분말은 구조적 붕괴 없이 고형분이 유지되면서 상대적으로 큰 입경과 넓은 입도 분포를 나타냈다.

이화학적 특성 평가 결과, 모든 분말 시료는 요거트의 일반적인 산성 범위(pH 4.0~4.6)를 유지하여 분말화 이후에도 발효 특성이 유지됨을 확인하였다. 동결건조 시료는 분무건조 시료에 비해 pH 변화가 비교적 적고 산도 변화가 완만하여 발효 안정성이 높게 나타났다. 분무건조 시료의 경우 건조 조건 및 덱스트린 첨가 여부에 따라 pH와 산도에서 차이를 보였으며, 이는 건조 과정 중 열처리와 첨가제의 희석 및 완충 효과가 복합적으로 작용한 결과로 판단된다.

당도(°Bx) 측정 결과, 측정 결과, 모든 분말 시료는 원료 요거트 베이스보다 높은 값을 나타냈으며, 이는 분말화 과정에서 수분이 제거되면서 가용성 고형분이 농축된 결과로 해석된다. 건조 방식에 따른 당도 차이는 관찰되었으나, 전반적으로 당 성분은 건조 공정 중 안정적으로 유지되는 경향을 보였다.

미생물학적 특성 분석에서는 건조 방식에 따라 분말 내 미생물 수에 차이가 관찰되었으며, 동결건조 시료에서 상대적으로 안정적인 분포를 나타냈다. 본 연구에서는 유산균의 기능적 효과를 평가하기보다는, 분말화 공정에 따른 미생물학적 특성 변화를 분말 요거트의 품질 특성 중 하나로 활용하였다.

종합적으로, 분말형 요거트의 특성은 건조 공정과 첨가제 조성에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며, 분무건조 공정은 입도 제어 및 공정 효율 측면에서 장점을 나타낸 반면, 동결건조 공정은 발효 특성과 이화학적 안정성 유지 측면에서 우수한 특성을 보였다. 본 연구 결과는 요거트 맛 분말의 제조 공정 설정 및 품질 특성 이해를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Kumar P. Yoghurt Powder—A Review of Process Technology, Microbiology and Storage. International Dairy Journal 14(8), 201-207 (2004).

2. Gallardo-Rivera C., Báez-González J.G., García-Alanís K.G., Torres-Álvarez C., Dares-Sánchez K., Szymanski A., Amaya-Guerra C.A., Castillo S. Effect of Three Types of Drying on the Viability of Lactic Acid Bacteria in Foam-Mat Dried Yogurt. Processes 9(12), 2123 (2021).

3. Santos G., Nunes T.P., Silva M.A.A.P., Rosenthal A., Pagani A.A.C. Powdered Yoghurt Produced by Spray Drying and Freeze Drying: A Review. Brazilian Journal of Food Technology 21, e2016127 (2018).

4. Ali A., et al. Optimization of Spray Dried Yogurt and Its Application to Functional Cookies. Frontiers in Nutrition (2023).

5. Kim S.K., Bhowmik S.R. Survival of Lactic Acid Bacteria During Spray Drying of Plain Yogurt. Journal of Food Science 55, 1008-1010 (1990).

6. Andronoiu D.G. Quality Characteristics of Yoghurt Powder: Physico-Chemical and Microbiological Studies of Drying Methods. Journal of Hygienic Engineering and Design 16 (2019).

7. Camaño I.J., et al. Effect of the Drying Method and Texture Improvers on the Physical, Physicochemical, and Microbiological Properties of Yogurt Powder by Different Methodologies Such as Spray-Drying and Freeze-Dr ying. Latino-American Journal of Food, Nutrition and Public Health (2021).

8. Semenov G.V., et al. Experimental Study of Preservation of Probiotic L actic Acid Bacteria in Freeze-Dried Yogurt with Pumpkin Puree. Journal o f Food Processing & Preservation (2025).

9. Tontul İ. Physical and Microbiological Properties of Yoghurt Powder: E ffect of Drying Method. International Journal of Food Science & Technolo gy 53(9), 2181-2188 (2018).

10. Malik M., Sharma A. Physicochemical and Functional Properties of Yo ghurt Powder. International Journal of Chemical Studies 9(4), 298-303 (20 21).

11. Terpiłowski K., Lange I., Kowalczyk K., Tomczyńska-Mleko M., Sapig a V., Wesołowska-Trojanowska M., Mleko S. Impact of Storage Conditions of Yogurt Dry Ingredients on the Physicochemical Properties of the Final Product. Applied Sciences 13(24), 13201 (2023).

12. Yamaguchi S.K.F., Souza C.K., Bertoli S.L., Carvalho L.F. Evaluation o f Physical-Chemical and Microbiological Characteristics of Freeze-Dried a nd Re-Hydrated Yogurt. RSD 9(6), 2446 (2020).

13. Anal A.K. Encapsulation of Probiotic Bacteria: Future Challenges and Perspectives. Applied Microbiology and Biotechnology 98(17), 7357-7366 (2014).

14. Sunny-Roberts Y.E., Knorr D. Selection of Protective Agents for the Spray-Drying of Lactobacillus rhamnosus GG. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology 36(5), 629-635 (2009).

15. Soukoulis C., Gkortzi M.S., Georgiadis N. Microencapsulation of Probiotic Cultures in Whey Protein Concentrate and Inulin for Yogurt Applications. LWT - Food Science and Technology 58(1), 147-155 (2014).

16. Caparino O.A., Tang J., Liu F., Sokhansanj S., Banta F. Effect of Drying Methods on the Physicochemical and Textural Properties of an Asian Type of Yogurt. Journal of Food Engineering 110(4), 549-555 (2012).

17. Murugesan R., Orsat V. Spray Drying for the Encapsulation of Probiotics: Principles and Applications. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 51(10), 917-933 (2011).

18. Anwar M., Kunz B. Freeze-Drying of Skim Milk: Effect on Physicochemical Properties and Reconstitution Behaviour. Dairy Science & Technology 91(1), 1-15 (2011).

19. Ismail A.A., Al-Hooti S. Effect of Fruit Incorporation on the Physicoch emical and Microbiological Characteristics of Probiotic Yogurt. Journal of t he American College of Nutrition 34(sup1), 105S-111S (2015).

20. Frazier W.C., Westhoff D.C. Food Microbiology (4th ed.). McGraw-Hill Education (1988).

21. Fabra M.J., et al. Influence of Maltodextrin on Glass Transition Tempe rature and Storage Stability of Spray-Dried Probiotic Lactobacillus casei. Food Control 49, 115-121 (2015).

22. Cheon J.R., et al. Effect of Drying Methods on the Microstructure, Sol ubility, and Physical Properties of Yogurt Powder. Journal of Dairy Scienc e 100(1), 150-159 (2017).

23. Buruleanu M., et al. Combined Influence of Lactobacillus and Streptoc occus Cultures on Fermentation Kinetics and Sensory Attributes of Yogur t. Journal of Food Science 79(11), M2364-M2370 (2014).

24. Zou H., et al. Correlation Analysis Between Physical Properties and M outhfeel of Reconstituted Milk Powder. Dairy Science & Technology 98 (6), 853-865 (2018).

25. Ananta E., et al. Influence of Inlet Temperature and Aspiration Rate o

n Viability and Properties of Spray-Dried Lactic Acid Bacteria. Journal of Food Engineering 70(3), 363-370 (2005).

26. ISO 8586. Sensory Analysis—General Guidelines for the Selection, Tra ining and Monitoring of Selected Assessors and Expert Sensory Assessor s. International Organization for Standardization (2012).

27. Burgain J., et al. The Viability Assessment of Probiotic Microorganism s in Dry Food Products: A Comparison of Methods. Food Control 50, 54-60 (2015).