

자연건조 및 냉풍건조 처리에 따른 참홍어(*Raja pulchra*)의 품질특성

김세진 · 현정익* · 박신영†

동양엠푸드 · *경상국립대학교 해양산업연구소(학생) · †경상국립대학교(교수)

Quality Characteristics of Natural Dried and Cold Air-Dried Skate

Se Jin KIM · Jeong Ik HYUN* · Shin Young PARK†

Dongyang M Food Co., Ltd. · *Institute of Marine Industry, Gyeongsang National
University(student) · †Gyeongsang National University(professor)

Abstract

In this study, the proximate composition, general bacterial and fungal contamination levels, VBN, texture, hunter color and antioxidant activity characteristics (ABTS, DPPH) of natural dried and cold-air-dried skates (NS and CS) were analyzed. Moisture was significantly higher ($p<0.05$) in CS than in SS, and crude protein, crude ash, carbohydrates, and calories were significantly higher ($p<0.05$) in NS than in CS. There was no significant difference ($p>0.05$) in crude fat between NS and CS. The general bacterial and fungal contamination levels were significantly higher ($p<0.05$) in NS than in CS. There was no significant difference ($p>0.05$) in VBN between NS and CS. In texture, cohesiveness was no significant difference ($p>0.05$) between NS and CS, and hardness, springiness, and chewiness were significantly higher ($p<0.05$) in SS than in CS. In hunter color, L and b values were significantly higher in NS, and a value was higher in CS ($p<0.05$). In ABTS and DPPH radical scavenging activity, NS was significantly higher ($p<0.05$) than CS. Therefore, these results suggest that the quality characteristics of dried skate vary depending on the drying method.

Key words : Cold air-dried, Natural dried, Quality characteristics, Skate

I. 서론

식품 건조는 식품의 수분을 제거하는 가공 처리 방법으로, 미생물에 의한 변질과 부패를 방지하고 저장성을 향상시키는 매우 중요한 가공방법이다(Koo et al., 2019). 산업적으로 이용 가능한 건조방법으로는 냉풍건조, 열풍건조, 동결건조 등의 방법이 있다. 이 중 열풍건조는 건조시간이 빠르고 간편하며 경제적인 뿐만 아니라 균일하게 건조가 이루어지지만 빠른 수분 손실로 인한 수

축, 표면경화, 건조물의 낮은 복원력, 갈변화 반응 등으로 인한 색상, 조직감, 맛, 영양가 등에서 품질 변화를 야기할 수 있다(Lee et al., 2004). 자연건조는 우리나라의 대표 콩치 가공제품으로 과메기를 겨울 해풍에 의해 일정 기간 건조하는 것처럼 통풍이 잘 되는 곳에서 식품을 건조하는 가장 일반적이고 전통적인 건조 방법이다(Oh and Kim, 1998; Henriques et al., 2025; Nam et al., 2012). 냉풍건조는 저온에서 건조하여 식품의 열변성을 피하고 풍속 및 건조시간을 조절함으로써

† Corresponding author : 055-772-9143 sypark@gun.ac.kr

건조식품의 물성을 비롯하여 품질의 수준을 조절할 수 있다, 또한 건조조건의 인위적인 관리에 의해 위생성과 안전성을 확보할 수 있다(Hong et al., 2006; Kang and Lee, 2015).

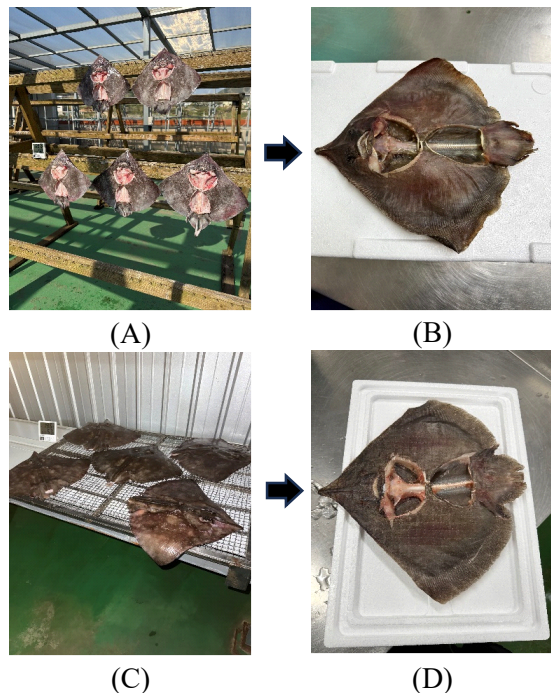
홍어(skate)는 가오리과에 속하며 우리나라를 비롯하여 일본 및 중국해역에서 수심 10-100m 내외의 연안 갯벌 바닥에 서식하는 연골어류이다(Choi et al., 2003; Ock and Lee, 2016). 홍어의 종류에는 바닥가오리(*Bathyrāja bergi*), 저자가오리(*Bathyrāja isotrachys*), 살홍어(*Dipturus tenuis*), 무늬홍어(*Okameje acutispina*), 고려홍어(*Raja koreana*), 참홍어(*Raja pulchra*) 등 총 11개로 분류되어 있다(Lee et al., 2008). 홍어의 영양학적 가치는 홍어의 맛과 관련 있으며 지방산, 유리아미노산의 함량, 합질소 엑스 성분 등의 함량이 영양학적 우수성을 입증한다(Kim and Cho, 2009). 대표적으로 홍어에는 타우린과 필수지방산인 linoleic acid, linolenic acid 및 arachidonic acid와 혈전증 예방, 성인병 예방 및 두뇌 발달 기능을 지닌 eicosapentaenoic acid (EPA) 및 docosahexaenoic acid (DHA) 등을 다량 함유하고, 홍어의 연골에는 뮤코다당 단백질인 chondroitin sulfate (CS)가 다량 함유되어 있어 관절염 및 골다공증 예방에 도움을 준다(Kim et al., 2010). 예로부터 홍어는 회, 찜, 국 등 다양한 요리에 활용되어 왔으며, 보통 홍어는 살을 썰어 웅기나 향아리에 넣고 2-5일간 발효시킨 뒤 초고추장을 곁들여 먹었다. 특히 홍어를 두엄에 묻어 발효시킨 뒤 막걸리를 곁들여 먹는 홍탁(洪濁)의 형태로 즐겨왔다(Choi and Kim, 2008). 홍어에 대한 연구로는 홍어껍질로 만든 홍어 피편(Ock and Lee, 2016), 홍어 숙성과 기능성(Choi et al., 2003), 시판 발효 홍어의 품질특성(Choi and Kim, 2008), 홍어회의 미생물 및 이화학적 특성(Lee et al., 2008) 등 회와 숙성 및 발효 홍어에 대한 여러 연구가 진행되었지만, 건조과정을 거친 참홍어 관련 논문은 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 주로 소비되는 삭힌 홍

어가 아닌 전통적으로 사용되어 온 자연건조와 인위적으로 관리하여 식품 품질을 조절 가능한 냉풍건조를 건조 방법으로 한 참홍어를 제조하였고, 이에 대한 건조 참홍어의 일반성분을 조사하였다. 또한, 일반세균 및 진균에 대한 미생물학적 품질평가를 진행하였고, 이화학적 품질 지표(VBN, 조직감, 색차) 및 항산화 측정을 진행하였다. 이를 통해 두 건조 방법(자연건조 및 냉풍건조)에 따른 참홍어의 성분 및 물성 등의 변화를 관찰하고, 안정성을 검토하며 기능성의 증감을 비교하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 시료준비



[Fig. 1] Photography of Natural and Cold Air-Dried Skate. A, First day of natural drying skate; B, Natural dried skate; C, First day of cold air-drying skate; D, Cold air-dried skate.

본 연구에서 참홍어는 통영 동호동수협에서 2025년 11월에 구매하여 사용하였다. 자연건조는 야외에 걸어 54시간 건조하였고, 냉풍건조의 경우, 냉풍건조기계(PA-Type 2-CYCLE; Kyung-dong, Seoul, Korea)를 이용하여 21시간 건조하였다. 이때, 자연건조 시 온도는 14-21℃, 습도는 45-70% 이었고, 풍속은 3.0-5.6m/s이었다. 냉풍건조의 경우, 온도는 16℃로 설정하여 유지하였고, 습도 및 풍량은 51-53%, 180m³/min이었다. 건조 중 사진 및 건조 후 사진은 [Fig. 1]에 제시하였다.

2. 일반성분 분석

자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 일반성분 함량 측정의 경우 AOAC (2000)법에 따라 수분함량은 상압가열건조법, 조단백질은 Semimicro Kjeldahl 법, 조지방은 Soxhlet법 및 조회분은 건식회화법으로 각각 측정하였다.

3. 일반세균 및 진균 오염도 분석

자연건조 및 냉풍건조 참홍어에 대한 일반세균 및 진균의 오염도 분석은 식품공전(MFDS, 2025)에 따라 실시하였다. 시료용액 제조를 위해 시료 25g에 0.85% NaCl 수용액 225mL를 넣어 균질기(BagMixer 400; Interscience)를 통해 2분간 균질화하였고, 균질된 시료용액 1mL를 취하여 0.85% NaCl 수용액 9mL에 단계 희석한 후 실험에 사용하였다.

일반세균수는 시료용액 1mL를 평판에 분주하고 45-50℃로 식힌 표준한천배지(Plate Count Agar; BD Difco, Sparks, MD, USA) 약 15mL를 petri dish에 부어서 혼합 후 35±1℃에서 48±2시간 배양하였다. 진균수 또한 동일한 방법으로, 시료용액 1mL와 potato dextrose agar (PDA; Difco Co.)를 petri dish에 분주한 뒤 균일하게 혼합하여 25℃에서 5-7일간 배양 후 집락을 계수하였다. 각 생성된 집락의 단위는 시료 1g당 colony forming unit (CFU/g)으로 표시하였다.

4. VBN 측정

자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 VBN 측정은 Conway 미세확산법을 이용하여 측정하였다(Jeon et al., 2025). 각 시료는 증류수를 대조군으로 하여 3회 반복 분석하였다. 20% trichloroacetic acid (TCA) 2g과 증류수 16mL 및 시료 2g을 50mL conical tube에 넣은 뒤 마쇄 후 여과하였다. 여과된 시료 용액 1mL를 Conway 장치의 외부 챔버 왼쪽에 분주하였고, 포화탄산칼슘 용액 1mL를 오른쪽에 넣었다. 그런 다음, 붕산흡수제 용액 1mL를 Conway unit의 내부 챔버에 넣고 뚜껑을 단단히 닫아 틈이 생기지 않도록 하였다. 시료를 포화탄산칼슘과 혼합한 후, 실온(25℃)에서 2시간 동안 방치한 다음 0.01N HCl로 적정하였다.

5. 조직감 및 색차 측정

자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 texture 측정은 참홍어를 일정 크기(2×2×1cm, w×l×h)로 절단하고, CT3 texture analyzer(Brookfield Engineering Laboratories Inc, Middleboro, USA)로 Texture profile analysis (TPA) mode에서 hardness, springiness, cohesiveness 및 chewiness를 측정하였다. probe는 직사각형 아크릴판인 TA7 knife-edge (3×6cm, w×l)를 사용하였다. 측정조건은 test speed, 1.0mm/s; force threshold, 20g; distance threshold, 0.50mm; Compression limit, 50% deformation의 조건으로 분석하였다.

자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 색도측정을 위해 곱게 갈아 각각 15g씩 페트리디쉬(30×30mm)에 담아 색차계(NE-4000; Nippon denshoku, Tokyo, Japan)를 통해 각각 3회 반복 측정하였고, 평균값을 내어 색도를 측정하였다. 표준백판(standard plate)의 L*(명도, lightness), a*(적색도, redness), b*(황색도, yellowness)은 각각 97.33, -0.36, 0.33이었다.

6. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거 활성능 측정

자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 항산화 측정을 위해 사용된 시료 추출물은 각 시료와 100% 에탄올을 1:1로 혼합하여 70℃ water bath에서 72시간 추출을 통해 제조하였다.

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거 활성능은 Lee et al.(2021)의 연구를 바탕으로 실험을 진행하였다. 시험용액은 $1.5 \times 10^{-4} \text{M}$ DPPH 시약(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, USA)과 에탄올의 혼합을 통해 제조하였고, 각 시료의 상등액과 DPPH 용액을 각각 100 μL 씩 1:1로 혼합한 뒤 실온에서 30분 방치 후 분광 광도계(Spectronic2D; Thermo Electron Co., Waltham, USA)를 이용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성능은 자연건조 및 냉풍건조 홍어의 흡광도를 구하여 아래 식에 대입하여 백분율(%)로 표시하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거활성(\%)} = (\text{A517 of control} - \text{A517 of sample}) / \text{A517 of control} \times 100$$

[2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid diammonium), ABTS] 라디칼 소거 활성능의 측정은 ABTS 시약 (Sigma-Aldrich Co.) 및 potassium persulfate (Sigma-Aldrich Co.)을 증류수에 혼합 후 냉장고에서 14-16시간 동안 암실에 방치하였고, 이 과정으로 ABTS cation radical (ABTS+)를 형성시켰다. 이를 1.5nm의 흡광도가 되도록 희석 후 용액을 제조하였고, 이 용액과

각 시료의 상등액을 각각 100 μL 씩 1:1로 혼합한 뒤 분광광도계를 사용하여 415nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거 활성능은 자연건조 및 냉풍건조 홍어의 흡광도를 구하여 아래 식에 대입하여 백분율(%)로 표시하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거활성(\%)} = (\text{A415 of control} - \text{A415 of sample}) / \text{A415 of control} \times 100$$

7. 통계분석

모든 분석은 3회 반복으로 수행되었으며, 관찰된 실험 결과는 SPSS 25 (IBM SPSS Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 실험군 간의 차이가 통계적으로 유의적인 경우($p < 0.05$), 3회 반복 실험의 평균값은 다중위검정법(Duncan multiple-range test)을 통해 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 일반성분 분석

자연건조 및 냉풍건조를 한 참홍어의 일반성분 분석 결과는 <Table 1>에 제시하였다. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 수분함량은 각각 69.38 및 73.54g/100g이었고, 이들 간 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$).

<Table 1> Proximate composition and Energy of Natural dried skate and Cold air-dried skate

	Proximate Components (g/100 g)				
	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Carbohydrate (%)
Natural dried skate	69.38 $\pm$ 1.36 ^b	7.99 $\pm$ 0.16 ^a	2.09 $\pm$ 0.21 ^a	1.60 $\pm$ 0.04 ^a	18.94
Cold air-dried skate	73.54 $\pm$ 0.80 ^a	7.54 $\pm$ 0.03 ^b	2.05 $\pm$ 0.19 ^a	1.37 $\pm$ 0.09 ^b	15.50

Carbohydrates = 100 - (Moisture + Protein + Lipid + Ash)

The data indicates means with standard deviations (three samples)

Values with the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple-range test

Hong et al.(2006)의 연구에서는 오징어 건조 시 자연건조(5-8℃) 중 수분함량의 변화는 냉풍건조(7℃)의 수분함량의 변화보다 더 빠르게 변화하였다. 이는 냉풍건조 시 공기온도 상승에 따라 식품의 수증기압 증가로 인해 건조되는 양이 미미하여 대부분 상대습도 차에 의해 이루어지기 때문이라고 보고하였다. 해당 연구와 비슷하게 본 연구에서도 자연건조 및 냉풍건조 시 온도, 습도 등의 환경조건이 다르고 건조 시간의 차이로 인해 자연건조 참홍어의 수분함량이 더 낮게 측정된 것으로 사료된다. 조단백질의 경우, 자연건조 참홍어(7.99g/100g)가 냉풍건조 참홍어(7.54g/100g)보다 높은 수치를 나타내었다($p<0.05$). 조지방은 자연건조 참홍어(2.09g/100g)와 냉풍건조 참홍어(2.05g/100g) 간에 유의적 차이는 없었다($p>0.05$). 조회분의 경우, 자연건조 참홍어와 냉풍건조 참홍어에서 각각 1.60 및 1.37g/100g의 함량을 나타내며 유의적 차이를 보였다($p<0.05$), Fitri et al.(2022)에 따르면 어류 건조 후 단백질 함량이 증가하는 것은 마이야르 반응과 건조 중 pH 변화의 영향 또는 단백질 분자 사이에 존재하는 수분 분자의 탈수로 인해 단백질이 응집되는 현상 때문에 이러한 현상이 일어날 수 있으며, 회분의 경우에는 소금에 절이거나 개방된 공간에서 햇볕에 건조 시 회분 함량이 더 높았다. 이는 개방된 공간에서 유기물이 어류에 축적되기 때문에 밀폐된 장소에서 건조시킨 어류보다 회분 함량이 높다고 보고하였다. 이와 동일하게 본 연구 결과에서도 조단백질 함량은 탈수가 더 많이 진행된 자연건조 참홍어의 단백질 응집 현상으로

인해 냉풍건조 참홍어에 비하여 조단백질 함량이 더 높게 나왔고, 개방된 장소에서 건조를 진행한 자연건조 참홍어의 회분 함량이 더 높은것을 알 수 있다. 탄수화물의 경우, 자연건조 참홍어는 각각 18.94%이었고, 냉풍건조 참홍어는 각각 15.50%으로 도출되었다. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 수분함량 차이로 인해 자연건조 참홍어의 탄수화물이 더 높게 계산되었다. 본 연구와 동일하게 Lee et al.(2011)의 연구에서도 냉풍건조 및 천일건조 꽃감 간에 일반성분 차이는 건조조건과 건조시간, 품종 및 각 제품 간 수분함량의 차이로 인해 유의적인 차이를 보였다.

2. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 일반세균 및 진균 오염도 분석

자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 일반세균 및 진균 오염도 분석 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 자연건조 참홍어 및 냉풍건조 참홍어의 일반세균 오염도 분석의 경우, 각각 3.87log CFU/g 및 2.17log CFU/g으로 결과가 도출되며 유의적 차이를 보였다($p<0.05$). 진균의 경우, 자연건조 참홍어(3.14log CFU/g)에서 냉풍건조 참홍어(2.14log CFU/g)보다 약 1log CFU/g이 더 검출되어 유의적 차이를 보였다($p<0.05$). 자연건조는 건조 중 이물질 혼입, 곰팡이 발생 등으로 인하여 비위생적이며, 부패취 발생, 갈변 및 경화, 미생물 증식에 의한 부패 등 여러 품질 저하가 일어나므로 인공 건조 방법이 필요하다(Hong et al., 2006; Jung et al., 2004). 본 연구결과, 자연건조 참홍어의 일반세균 및 진균 오염도는 자연에서 불어오는 해풍

<Table 2> Total viable bacteria and Fungi of Natural dried skate and Cold air-dried skate

	Natural dried skate	Cold air-dried skate
Total viable bacteria (Log CFU/g)	3.87±0.69 ^a	2.17±0.27 ^b
Fungi (Log CFU/g)	3.14±0.37 ^a	2.14±0.62 ^b

The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters in a same row (a-b) are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

내 여러 세균 및 진균의 증식으로 인하여 폐쇄된 장소에서 진행된 냉풍건조 참홍어보다 1log CFU/g 이상 검출된 것으로 판단된다.

3. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 VBN 측정

VBN은 효소 및 미생물에 의하여 단백질이 peptone, amino acid 등 저분자 물질로 분해되면서 그 함유량이 증가할 수 있으며, TMAO가 환원되어 TMA 등의 염기성 물질 생성으로 인해 VBN 함량이 증가할 수 있다. VBN의 함량에 따라 어육의 선도 판정이 가능한데, 신선한 어육은 5-10mg/100g, 보통 선도 어육은 15-25mg/100g, 부패 초기에는 30-40mg/100g, 완전 부패는 50mg/100g 이상의 수치를 나타낸다(Park et al., 2016). 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 휘발성염기질소 측정 결과는 <Table 3>에 나타내었다. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어가 각각 4.7 및 3.7mg/100g으로 측정되며 유의적 차이를 보이지

않았고($p>0.05$), 5mg/100g 이하로 측정되어 일반적인 어육보다 선도가 신선하였다.

4. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 조직감 및 색차 측정

조직감은 신선식품 및 가공식품 산업에서 제품 품질과 수용도를 평가하는 데 사용되는 주요 품질특성 중 하나로, 가공 및 저장 온도와 같은 작업은 일반적으로 식품 질감 특성에 뚜렷한 영향을 미친다(Chen and Opara, 2013). 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 조직감 및 색차 측정 결과는 <Table 4>에 제시하였다. Hardness의 경우, 자연건조 및 냉풍건조 참홍어에서 각각 5585.67 및 3638.33으로 유의적 차이를 보였고($P<0.05$), 마찬가지로 springiness 및 chewiness에서 자연건조 참홍어(4.80% 및 654.67)가 냉풍건조 참홍어(4.29% 및 432.33)보다 더 큰 결과를 보여 유의적 차이가 있었다($p<0.05$).

<Table 3> Total viable bacteria and Fungi of Natural dried skate and Cold air-dried skate

	Natural dried	Cold air-dried skate
VBN (mg/100 g)	4.7±1.6 ^{NS}	3.7±1.6

The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. NS, no significant differences within the same column.

<Table 4> Textural characteristics and Hunter color value of Natural dried skate and Cold air-dried skate

		Natural dried	Cold air-dried skate
Texture	Hardness (g)	5585.67±157.30 ^a	3638.33±131.25 ^b
	Springiness (%)	4.80±0.27 ^a	4.29±0.13 ^b
	Cohesiveness	0.26±0.01 ^{NS}	0.27±0.01
	Chewiness	654.67±34.15 ^a	432.33±17.50 ^b
Hunter color	L	52.08±2.06 ^a	42.94±0.67 ^b
	a	1.00±0.22 ^b	3.08±0.46 ^a
	b	10.47±0.33 ^a	8.31±0.64 ^b

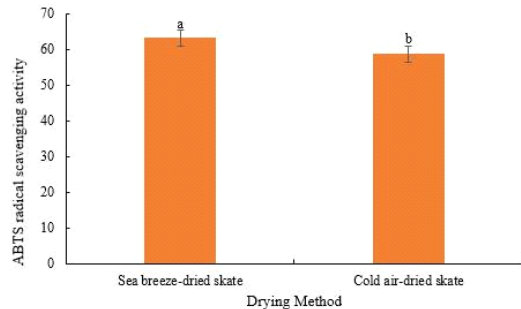
L (lightness), a (redness), b (yellowness); NS, no significant differences within the same column. The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters in a same row (a-b) are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Cohesiveness의 경우, 자연건조 및 냉풍건조 참홍어에서 각각 0.26 및 0.27의 결과가 도출되었고, 이들 간에 유의적 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). Koo et al.(2019)는 냉풍건조 처리를 한 참외의 경도, 씹힘성이 동결 및 열풍건조보다 더 낮은 값을 보였고, 이는 냉풍건조 참외의 수분함량과 연관이 있다고 보고하였다. Hong et al. (2006)의 연구에서는 오징어 건조 시 자연건조($5-8^{\circ}\text{C}$)와 온풍건조(30°C) 오징어의 경도 및 절단력이 자연건조와 비슷한 온도로 진행한 냉풍건조(7°C)보다 높은 결과를 보이며 본 연구의 결과와 비슷하였다. 따라서 본 연구에서도 냉풍건조 참홍어의 수분함량이 자연건조 참홍어보다 더 많아 이러한 결과가 도출되었다고 생각한다.

식품의 외관 중 색상은 식품의 전반적인 수용도에 가장 큰 영향을 미치는 중요한 특징으로, Hunter color 측정 시 L^* 은 명도를 측정하고 a^* 및 b^* 은 적색-녹색 및 청색-황색을 나타낸다(Pandiselvam et al., 2023). 색차 측정 결과, 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 L^* 은 각각 52.08 및 42.94로 유의적 차이를 보이며 자연건조 참홍어가 더 밝은 결과가 도출되었다($p<0.05$). a^* 의 경우, 냉풍건조 참홍어(3.08)가 자연건조 참홍어(1.00)보다 유의미하게 높았다($p<0.05$) 반면, b^* 은 자연건조 및 냉풍건조 참홍어에서 각각 10.47 및 8.31으로 도출되어 자연건조 참홍어가 더 높은 결과를 보였다($p<0.05$). Fitri et al.(2022)에 따르면 어류는 건조 과정을 거친 뒤 L^* 및 b^* 에서 유의적인 변화가 자주 나타났으며 공통적으로 일광건조 방식으로 말린 어류에서 b^* 이 가장 높게 나타났다. 이는 마이야르 반응 및 단백질-지질 산화 반응과 같은 비효소적 갈변 현상의 영향이라 제시하였다. 따라서 본 연구에서도 참홍어의 건조과정 중 비효소적 갈변 현상이 진행됨에 따라 건조방법 간 차이를 보였다.

5. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거 활성능 측정

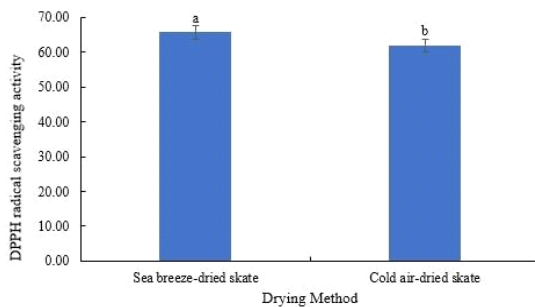
ABTS 라디칼 소거 활성능은 potassium persulfate와 반응으로 ABTS 자유 라디칼이 생성되고, 이것이 시료 내 항산화 물질에 의하여 제거가 되며 radical 특유의 청록색이 탈색되는 것을 측정하는 방법이다(Kim et al., 2022). 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 ABTS 라디칼 소거 활성능의 결과는 [Fig. 2]에 나타내었다. 자연건조 및 냉풍건조 참홍어는 각각 63.58% 및 59.23%로 나왔고 자연건조 참홍어의 활성능이 더 높은 결과를 보였다($p<0.05$).



[Fig. 2] ABTS Radical Scavenging Activity of Natural and Cold Air-Dried Skate. The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters in a same row (a-b) are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

DPPH는 분자 내 위치하는 안정한 라디칼을 함유하나, 이와 항산화 활성을 띄는 물질과 만날 시 라디칼이 소거되며 시료의 전자 공여능을 측정하는 방법으로 널리 쓰이고 있다(Jeon et al., 2019). 자연건조 및 냉풍건조 참홍어의 DPPH 라디칼 소거 활성능의 결과는 [Fig. 3]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거 활성능 또한 ABTS 라디칼 소거 활성능과 같은 결과로, 자연건조 참홍어(66.37%)가 냉풍건조 참홍어(62.14%)보다 더 높은 활성능을 보였다($p<0.05$) Zhou et al.(2020)에 따르면 홍어 연골에는 chondroitin sulphate이 있으며 이는 관절 기능 조절, 항응고 작용 및 자유 라디

칼 제거 역할을 하고, 이를 분획 후 항산화 능력 측정 시 높은 항산화 능력을 보였다. 또한, Pan et al.(2016)의 연구에서는 가오리과의 연골 단백질을 이용하여 이를 가수분해 후 세 가지 펩타이드를 분리하여 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거 활성능 측정 시 높은 반응성을 보여 가오리과의 항산화능을 보고하였다. 이와 비슷하게 본 연구에서도 해풍 및 냉풍건조 참홍어의 항산화 물질 함유로 인하여 높은 결과를 도출할 수 있었다.



[Fig. 3] DPPH Radical Scavenging Activity of Natural and Cold Air-Dried Skate. The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters in a same row (a-b) are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Rasul et al.(2018)의 연구에서는 건조 시 생선의 단백질 함량 증가는 단백질 사이에 존재하는 수분 분자의 탈수로 인한 단백질 응집 때문이라 하였다. 또한, Dong et al.(2022)의 연구에서는 동결 및 분무 건조를 거친 어피 가수분해물은 건조 방법에 따라 아미노산 및 휘발성 화합물의 조성 및 함량 변화가 있었고, 분무 건조 과정에서 dipeptide가 tripeptide로 재구성되어 항산화능이 향상되었다. 이에 따라 항산화 측정 결과로 분무 건조된 시료가 더 높은 DPPH 소거 활성을 보였다. 위와 유사하게 본 연구에서 나타난 유의적 차이는 시료마다 수분 감소에 따른 농축 현상에 의한 조단백질의 함량 차이가 발생하여 조단백질

이 더 많은 자연건조 참홍어의 결과가 더 높은 것으로 판단하였다. 또한, 본 연구에서 특정 아미노산 및 휘발성 화합물에 대한 직접적인 분석을 수행하지 않았으나, Dong et al.(2020)의 연구와 같이 peptide profile, 유리아미노산 조성 및 휘발성 화합물의 변화로 인하여 유의적인 차이가 발생할 가능성이 있기에 추가적인 연구가 필요하다.

IV. 결론

따라서 숙성이 아닌 자연건조 및 냉풍건조를 활용하여 제조한 참홍어의 일반성분과 미생물학적 품질평가, 이화학적 품질 지표(VBN, 조직감, 색차) 및 항산화 활성 분석을 통해 참홍어의 건조 기준을 설정하는 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 보다 정확한 연구를 위해 건조 기준의 확립(온도, 습도, 시간, 풍속 등)이 필요하며 이를 위해 임의의 기준을 정한 뒤 다양한 품질평가를 거쳐 건조 참홍어의 제조를 해야 하므로 이와 같은 연구는 지속적으로 수행되어야 한다고 생각한다. 또한, 영양학적 특성분석(비타민, 지방산, 기능성 분석 등), sensory evaluation 및 미생물학적 분석(일반세균, 식중독 미생물 등) 등 다양한 방면에서 추가적인 연구를 진행할 필요가 있다.

References

- AOAC(Association of Official Agricultural Chemists) (2000). The official methods of analysis, 17th Ed. AOAC, Washington D.C., U.S.A., 70~75.
- Chen L and Opara UL(2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods—A review. Food res int, 51(2), 823~835. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.046>
- Choi MR, Yoo EJ, Lim HS and Park JW(2003). Biochemical and physiological properties of fermented skate. Korean J Life Sci, 13(5), 675~683. <https://doi.org/10.5352/JLS.2003.13.5.675>

- Cho HS and Kim KH(2008). Quality characteristics of commercial fermented skates. Journal of the Korean Soc Food Cult, 23(3), 397~402.
<https://doi.org/10.7318/KJFC.2008.23.3.397>
- Dong Y, Yan W and Zhang YQ(2022). Effects of spray drying and freeze drying on physicochemical properties, antioxidant and ACE inhibitory activities of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) skin hydrolysates. Foods 11(14), 2083.
<https://doi.org/10.3390/foods11142083>
- Fitri N, Chan SXY, Che Lah NH, Jam FA, Misnan NM, Kamal N, Sarian MN, Lazaldin MAM, Low CF, Hamezah HS, Rohani ER, Mediani A and Abas F(2022). A comprehensive review on the processing of dried fish and the associated chemical and nutritional changes. Foods, 11(19), 2938.
<https://doi.org/10.3390/foods11192938>
- Henriques BR, Neves CM, Moumni M, Romanazzi G, Le Bourvellec C, Cardoso SM and Wessel DF(2025). A comparative study of traditional sun drying and hybrid solar drying on quality, safety, and bioactive compounds in “Pingo de Mel” Fig. Antioxid, 14(3), 362.
<https://doi.org/10.3390/antiox14030362>
- Hong JH, Bae DH and Lee WY(2006). Quality characteristics of dried squid (*Todarodes pacificus*) by cold air drying process. Korean J Food Sci Technol, 38(5), 635~641.
- Jeon EB, Choi EH, Lim JS and Park SY(2025). Application of non-thermal floating electrode-dielectric barrier discharge plasma for *Salmonella* Enteritidis reduction and quality assessment in chicken breasts and skin. Poult Sci, 105333.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105333>
- Jung KM, Song IK, Cho DH and Chou YD(2004). Quality properties of semi-dried persimmons with various drying methods and ripeness degree. Korean J Food Preserv, 11, 189~194.
- Jun EB, Choi MS and Park SY(2019). Quality and antioxidant effects of the Korean traditional rice wine *Makgeolli* supplemented with *Codium fragile* during fermentation. Korean J Fish Aquat Sci, 52(3), 224~231.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0224>
- Kang SM and Lee WY(2015). Quality characteristics of Kwamegi (Semi-dried *Coloabis saira*) during cold air drying after washing with various washing solutions. J Food Hyg Saf 30, 1229~1153.
<https://doi.org/10.13103/JFHS.2015.30.1.74>
- Kim HJ, Eo JH, Kim SJ and Eun JB(2010). Physicochemical changes in fermented skate (*Raja kenoei*) treated with organic acids during storage. Korean J of Food Sci Technol, 42(4), 438~444.
- Kim, KH and Cho HS(2009). Quality characteristics of tofu prepared with various concentrations of skate (*Raja kenoei*) powder. J East Asian Soc Diet Life, 19(2), 231~237.
- Kim SH, Jeon EB, Song MG and Park SY(2022). Quality characteristics and antioxidant activity of the traditional Korean rice wine *Makgeolli* containing lotus leaf *Nelumbo nucifera* powder during fermentation. Korean J Fish Aquat Sci, 55(6), 769~776.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0769>
- Koo H, Lee J and Jung H(2019). Storage and sensory characteristics according to drying methods of dried oriental melon. Food Sci Preserv, 26(6), 606~614.
<https://doi.org/10.11002/kjfp.2019.26.6.606>
- Lee DH, Jeon EB, Kim JY, Song MG, Kim YY and Park SY(2021). Quality characteristics and antioxidant effects of bread containing *Codium fragile* powder. Korean J of Fish Aquat Sci, 54(6), 890~895.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0890>
- Lee EJ, Seo JE, Lee JK, Oh SW and Kim YJ(2008). Microbial and chemical properties of ready-to-eat skate in Korean market. J Food Hyg Saf, 23(2), 137~141.
- Lee SW, Lee BS, Cha WS, Park JH, Oh SL, Cho YJ, Kim JK, Hong JH and Lee WY(2004). Diffusion of salt and drying characteristics of beef jerky. Food Scie Preserv, 11(4), 508~515.
- Lee SW, Moon HK, Lee WY and Kim JK(2011). Physicochemical characteristics of cold-air dried persimmons and traditional dried persimmons. Food Sci and Preserv, 18(4), 481~487.
<https://doi.org/10.11002/kjfp.2011.18.4.481>
- Nam KC, Jo C and Lee KH(2012). Comparison of free amino acids and dipeptide contents, Warner-Bratzler shear force and sensory property of beef jerky manufactured with different drying

- methods. Food Sci Anim Resour, 32(6), 796~802.
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2012.32.6.796>
 - Ock SE and Lee KH(2016). Quality characteristics of skate *pipyun* prepared with skate skin. J East Asian Soc Diet Life, 26(2), 171~180.
<https://doi.org/10.17495/easdl.2016.4.26.2.171>
 - Oh, SH and Kim DJ(1998). Change of nucleotides, free amino acids in Kwamaegi flesh by different drying for pacific saury, *Cololabis saira*. Korean J Food Nutr, 11, 249~255.
 - Pandiselvam R, Mitharwal S, Rani P, Shanker MA, Kumar A, Aslam R, Barut YT, Kothakota A, Rustagi S, Bhati D, Siddiqui SA, Siddiqui MW, Ramniwas S, Aliyeva A and Khaneghah AM(2023). The influence of non-thermal technologies on color pigments of food materials: An updated review. Curr Res Food Sci, 6, 100529.
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100529>
 - Pan X, Zhao YQ, Hu FY and Wang B(2016). Preparation and identification of antioxidant peptides from protein hydrolysate of skate (*Raja porosa*) cartilage. J Funct Foods, 25, 220~230.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.008>
 - Park SH, Kim MJ, Kim GU, Choi HD, Park SY, Kim MJ, Kim KBWR, Kim YM, Nam TJ, Hong CW, Choi JH, Jang MK, Lee JW and Ahn DH(2016). Assessment of quality changes in mackerel *Scomber japonicus* during refrigerated storage: development of a freshness indicator. Korean J Fish Aquat Sci, 49(6), 731~736.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0731>
 - Rasul MG, Majumdar BC, Afrin F, Bapary MAJ and Shah AA(2018). Biochemical, microbiological, and sensory properties of dried silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) influenced by various drying methods. Fishes 3(3), 25.
<https://doi.org/10.3390/fishes3030025>
 - Zhou C, Mi S, Li J, Gao J, Wang X and Sang Y(2020). Purification, characterisation and antioxidant activities of chondroitin sulphate extracted from *Raja porosa* cartilage. Carbohydr Polym, 241, 116306.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116306>
-
- Received : 23 January, 2026
 - Revised : 24 March, 2026
 - Accepted : 30 March, 2026