

역삼투 처리한 해양 심층수의 급여가 닭고기의 품질 특성에 미치는 영향

강선문 · 이익선 · 오상집¹ · 김거유 · 이성기[†]

강원대학교 동물식품응용과학과, ¹강원대학교 동물자원과학과

Effect of Reverse Osmosis-treated Deep Sea Water Supplementation on the Quality Characteristics of Chicken Meat

Sun Moon Kang, Ik Sun Lee, Sang Jip Ohh¹, Gur Yoo Kim and Sung Ki Lee[†]

Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

¹Department of Animal Resource Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

ABSTRACT This study was carried out to investigate the effect of reverse osmosis (RO)-treated deep sea water (DSW) supplementation on the quality characteristics of chicken breast meat. For 28 days, one-day-old broiler chicks (Ross 308) were divided into two groups and supplemented with either water (control) or RO-treated DSW (diluted with deionized water at 1:20 [RO-treated DSW:deionized water] ratio). The control group was fed on a basal diet containing 0.21% salt. Five birds were slaughtered on each group and breast meat from carcasses was stored at 4°C for 9 days. The proximate composition, fatty acid composition, cholesterol content, mineral content, pH value, water-holding capacity and Warner-Bratzler shear force value were not affected by RO-treated DSW supplementation. At 6 day of storage, lipid oxidation (2-thiobarbituric acid reactive substances) was significantly higher in RO-treated DSW group than in the control ($P<0.05$). With regard to meat color, CIE L^* value was significantly lower in RO-treated DSW group than in the control after 6 day of storage ($P<0.05$), whereas CIE a^* and b^* values were not significantly different between two groups during storage. Consequently, RO-treated DSW supplementation led to a darker color and reduced the lipid oxidation stability in chicken meat during storage. Therefore, these results may indicate that RO-treated DSW can not be used as drinking water of chickens because it negatively affects the quality of chicken meat.

(Key words : deep sea water, reverse osmosis, chicken meat, lipid oxidation, color)

서 론

해양 심층수는 수심 200 m 이상의 깊은 해수로서 전체 해수의 95%를 차지하며(Nakasone and Akeda, 2000), 태양 광선이 도달하지 않기 때문에 저온 안정성을 유지하고 있다(Watanabe et al., 2000). 또한 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 칼륨, 아연 및 바나듐 등과 같이 다양한 무기질들을 함유하고 있으며(Hataguchi et al., 2005), 이들의 조성은 인간의 혈장과 아주 흡사하다(Linder, 1991). 이 성분들은 본래 상층의 표층수내 생물체로부터 유래된 것으로서 이들이 심층수 내로 침강하면 박테리아에 의한 분해 작용과 화학적인 산화 작용을 받음으로서 무기물로 전환된다(김현주, 2005). 그 외에도 심층수에는 수질에 유해한 현탁 물질과 병원성 세균이 거의 없어(Wata-

nabe et al., 2000) 항상 청정함을 유지한다. 따라서 심층수의 이러한 특성들을 이용하면 다양한 분야에서 고부가가치 자원으로 활용할 수 있다. 일본은 한국보다 앞서 1970년대부터 기초 연구를 시작하여(Liu et al., 2008) 현재에 이르러서는 미세조류, 해조류 및 어패류의 양식, 농산물의 재배, 음료, 술, 장류, 두부, 수산가공품, 빵류, 면류, 조미료 및 냉동식품의 제조 등 다양한 분야들에 이용하고 있다(Kim and Oh, 2009; Sasaki, 2001). 최근 한국에서도 일본과 유사한 종류의 식품들에 심층수를 이용하려고 시도하고 있다.

또한, 심층수를 의학적으로 활용하기 위해 다양한 연구들이 시도되고 있다. 대표적으로 Yoshioka et al.(2003)은 토끼를 이용한 동물실험에서 고지혈증과 아테롬성 동맥 경화증의 억제 효과를 보고하였으며, Hataguchi et al.(2005)과 Hwang

[†] To whom correspondence should be addressed : skilee@kangwon.ac.kr

et al. (2009)은 사람 및 지방세포를 대상으로 실시한 실험에서 각각 미네랄 불균형과 비만증의 개선 효과를 보고하였다. 이러한 생리적 효과들은 심층수의 주성분인 미네랄로부터 기인한 것이며, 미네랄은 사람뿐만 아니라 가축에게도 아주 중요한 영양 성분이다. 가축에서 미네랄의 급여는 생산성(Cho et al., 2000; Joo et al., 2007; Lee et al., 1996)과 육질(Choi, 2005; Kook et al., 2005; Park and Kim, 2001; Yang et al., 2006)에 영향을 미친다. 따라서 다양한 미네랄로 구성된 심층수 역시 가축의 생산성과 육질에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 최근 Keohavong et al.(2010)이 역삼투 처리된 심층수를 육계에 급여했을 때 사료 효율과 증체율이 증가하였다고 보고한 바 있으나, 도축 후 고기의 품질에 미치는 영향에 관한 보고는 없는 실정이다.

역삼투법은 특정 용액에 삼투압 이상의 압력을 가하고, 반투막을 통해 용질을 분리 및 농축하는 기술로서 기존의 증발 농축법에 비해 성분의 손실이 적고, 공정이 간단하다(Kim et al., 1992). 또한, 여러 식품들의 생산 공정에 이용되고 있어 과즙(Kane et al., 1995), 해산물 주스(Cros et al., 2004), 난백(Conrad et al., 1993) 및 유제품(Agebevavi et al., 1983) 등의 농축에 적용된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 해양 심층수를 역삼투 처리하여 이를 육계에 급여했을 때 닭고기의 품질 특성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험 설계

시험용 심층수는 한국수자원공사로부터 얻은 역삼투(reverse osmosis) 처리 심층수를 본 대학교 실험실에서 3차 증류수로 1:20(역삼투 처리 심층수:증류수)의 비율로 희석하여 사용하였다. 역삼투 심층수를 21배로 희석한 이유는 급여 심층수의 염도를 가축의 염분 권장량인 0.25~0.3%(National Research Council, 1994)로 조절함과 동시에 염분의 과다 급여에 의한 식염 중독을 예방하기 위함이었다. 심층수의 역삼투 처리방법은 한국수자원공사에서 강원도 고성군 지역의 동해상에서 심층수 원수(original deep sea water)를 수집한 후 50 kgf/cm²의 압력에서 역삼투막(SU-810, Toray, Japan)으로 6단 농축 처리하였다. 또한, 희석전 역삼투 처리 심층수의 염도와 경도는 각각 5.31% 및 10,300 mg CaCO₃/L이었으며, 자세한 미네랄 조성은 Table 1과 같다.

시험 동물은 1일령 육계 병아리(Ross 308종) 200수를 강원도 춘천 소재 농장에서 28일(전기 : 1~14일령, 후기 : 15~

Table 1. Mineral composition of water, original deep sea water and reverse osmosis-treated deep sea water

Items (mg/L)	Water ¹	Original DSW ^{1,2}	RO-treated DSW ^{1,2,3}
Chlorine (Cl)	478.000	36,367.357	35,704.635
Sodium (Na)	55.100	14,179.546	13,100.805
Magnesium (Mg)	14.300	2,261.631	2,163.406
Sulfur (S)	135.900	1,618.226	1,516.728
Nitrate (NO ₃)	-	571.586	550.661
Calcium (Ca)	57.100	389.772	679.904
Potassium (K)	4.300	659.751	1,222.032
Bromine (Br)	-	149.109	126.418
Fluorine (F)	-	73.480	66.301
Strontium (Sr)	-	6.679	11.286
Boron (B)	-	2.849	3.578
Silicon (Si)	-	0.944	2.936
Lithium (Li)	-	0.102	0.138
Phosphorous (P)	0.087	0.013	0.036
Barium (Ba)	-	0.005	0.007
Molybdenum (Mo)	-	0.006	0.008
Arsenic (As)	-	0.006	0.006
Vanadium (V)	-	0.030	0.030
Titanium (Ti)	-	0.001	0.001
Zinc (Zn)	51.800	0.128	0.162
Nickel (Ni)	-	0.002	0.004
Aluminum (Al)	-	0.057	-
Selenium (Se)	0.016	-	-
Manganese (Mn)	29.400	0.001	0.001
Cadmium (Cd)	-	0.003	0.003
Copper (Cu)	13.800	-	-
Iron (Fe)	43.900	0.001	0.002

¹This data is obtained from Keohavong et al. (2010).

²DSW = deep sea water; RO = reverse osmosis.

³It is non-diluted, only reverse osmosis-treated.

28일령) 동안 공시하였다. 실험 설계는 음용수의 종류에 따라 식수(대조구) 급여구와 역삼투 처리 심층수(1:20으로 희석) 급여구로 나눈 후 처리구당 5반복(반복당 20수)씩 1.2 m²

의 평사에 무작위로 배치하였다. 사양 방법은 24시간 고정 점등 사양을 실시하였으며, 사육장의 조건은 환풍 시설을 완비한 상태로 실내 온도를 $34.5 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 기초 사료(Table 2)와 음용수는 자유 급여하였으며, 대조구의 경우 사료에 0.21% 소금을 첨가하여 제공하였다.

2. 공시 재료의 처리

시험동물들의 육성 완료 후 처리구당 5수씩(반복당 1수씩) 무작위로 선별하고, 강원도 춘천 소재 H업체로 운송하여 경동맥 절단법으로 도살한 다음 탈모와 내장 적출을 실시하였다. 이후 완도체를 본 실험실로 가져와 예냉을 위해 -1°C 에서 24시간 동안 방치한 다음 10°C 저온실에서 위생적으로 표피를 제거하고, 가슴육을 발골하였다. 시료의 이화학적 품질 분석을 위해 왼쪽 부위의 살코기는 일반 성분 및 미네랄 함량, pH, 보수력, TBARS 및 표면 육색에 이용하였으며, 오른쪽 부위의 살코기는 지방산 조성, 콜레스테롤 함량, 가열 감량 및 전단력에 이용하였다. 특히 그 중 TBARS 용 시료는 약 5 g씩 저밀도 폴리에틸렌 지퍼 백(Clean zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd., Korea)에 포장하였으며, 표면 육색 용 시료는 약 5×3 cm로 절단하여 선상 폴리에틸렌 랩(O_2 transmission rate: $35,273 \text{ cc/m}^2$ at 24 hr, atm; 0.01 mm thickness, 3M, Korea)에 포장하였다. 이 두 시료들은 $4 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 에서 9일 동안 저장하면서 품질을 분석하였다.

3. 조사 항목 및 분석 방법

1) 일반 성분 함량

일반 성분 함량은 Association of Official Analytical Chemists (2007) 방법에 의해 실시하였다. 수분은 105°C 건조기에 의한 상압가열 건조법, 조지방은 diethyl ether에 의한 Soxhlet 추출법, 조단백질은 Kjeltex system(2200 Kjeltex Auto Distillation Unit, Foss Tecator, Sweden)에 의한 켈달법, 조회분은 550°C 회화로에 의한 건식 회화법을 이용하였다.

2) pH 및 보수력

pH는 시료 10 g과 증류수 100 mL를 균질기(PH91, SMT Ltd., Japan)를 이용하여 10,000 rpm에서 1분 동안 균질한 후 pH 측정기(SevenEasy pH, Mettler-Toledo GmbH, Switzerland)로 측정하였다. 보수력(water-holding capacity)은 Hofmann et al.(1982)의 여지 압착법에 의해 실시하였다. 시료 0.3 g을 여과지(No. 2, Whatman International Ltd., England)의 중앙에 올려놓고, 5분 동안 동일한 힘으로 압착하였다. 이후 planimeter (Super PLANIX- α , Tamaya Technics Inc., Japan)를 이용하여

Table 2. Ingredient and nutrient composition of basal diet

Items	Grower (1~14 days)		Finisher (15~28 days)	
	Water (Control) ¹	RO- treated DSW ¹	Water (Control) ¹	RO- treated DSW ¹
Ingredient (%)				
Corn meal	60.70	60.91	62.74	62.95
Soybean meal	25.28	25.28	23.20	23.20
Meat meal	3.00	3.00	3.00	3.00
Feather meal	2.00	2.00	2.00	2.00
Poultry meat meal	1.00	1.00	1.00	1.00
Limestone	0.55	0.55	0.61	0.61
Dicalcium phosphate	1.54	1.54	1.26	1.26
Tallow	4.52	4.52	4.80	4.80
Glucose	0.00	0.00	0.20	0.20
Choline	0.14	0.14	0.16	0.16
DL-methionine	0.25	0.25	0.22	0.22
L-lysine	0.43	0.43	0.25	0.25
Threonine	0.03	0.03	0.00	0.00
Vitamin premix ²	0.15	0.15	0.15	0.15
Mineral premix ³	0.12	0.12	0.12	0.12
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.05
Antioxidant	0.03	0.03	0.03	0.03
Salt	0.21	0.00	0.21	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated nutrient				
TME (kcal/kg)	3,150.06	3,150.06	3,200.82	32,00.82
Dry matter (%)	88.19	88.19	88.17	88.17
Crude protein (%)	21.01	21.01	20.00	20.00
Ash (%)	5.12	5.12	4.83	4.83
Fiber (%)	3.30	3.30	3.23	3.23
Fat (%)	7.55	7.55	7.86	7.86
Calcium (%)	0.90	0.90	0.85	0.85

¹Water (Control) = chicken meat supplemented with water and basal diet containing 0.21% salt; RO-treated DSW = chicken meat supplemented with reverse osmosis (RO)-treated deep sea water (DSW) diluted with deionized water at 1:20 (RO-treated DSW:deionized water) ratio and basal diet.

²Supplied per kilogram of diet : vitamin A, 18.0 IU; vitamin D₃, 4.5 IU; vitamin E, 31.5 IU; menadione, 3.6 mg; thiamine, 1.8 mg; riboflavin, 4.8 mg; pyridoxine, 3.6 mg; cobalamin, 0.03 mg; niacin, 22.5 mg; pantothenic acid, 15 mg; folic acid, 0.45 mg.

³Supplied per kilogram of diet : Mn, 86.4 mg; Zn, 72 mg; Fe, 57.6 mg; Cu, 6 mg; I, 1.5 mg; Co, 0.288 mg; Se, 0.216 mg.

시료와 전체 면적을 측정하여 다음 백분율(%)로 산출하였다.

3) 가열 감량 및 전단력

가열 감량과 전단력(Warner-Bratzler shear force)은 Honikel (1998)의 방법에 의해 실시하였다. 가열 감량은 시료 47.84±2.93 g을 85°C 수조에서 심부 온도가 75°C로 될 때까지 가열한 후 이때 발생한 육즙의 양을 최초 무게의 백분율(%)로 산출하였다. 전단력은 가열 감량을 측정하여 시료들을 1×1 cm로 성형한 후 Warner-Bratzler shear blade가 장착된 조직감 측정기(TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., UK)를 이용하여 측정하였으며, 이때 근섬유의 직각 방향으로 절단하였다. 분석조건은 load cell 20 kg, pretest 및 test speed 1 mm/sec, posttest speed 10 mm/sec이었다. 최종 결과는 산출된 피크에서의 최대 힘(kgf)으로 나타내었다.

4) 지방산 조성

지방산 조성은 Folch et al.(1957)과 Association of Official Analytical Chemists(2007)의 방법들에 의하여 실시하였다. 시료와 chloroform:methanol(2:1) 용액을 균질기(Ultra-Turrax T25 basic, Ika Werke GmbH & Co., Germany)로 13,500 rpm에서 1분 동안 균질한 후 하층액을 여과 및 농축하였다. 농축된 지질은 2 N sodium hydroxide 용액과 25%(w/v) boron trifluoride 용액으로 메틸 에스터화시킨 다음 증류수 5 mL, hexane 3 mL와 혼합 및 원심분리하여 가스 크로마토그래피(6890N, Agilent Technologies, USA)에 의해 분석하였다. 이때 분석 조건은 Table 3과 같으며, 각각의 지방산들의 함량은 총지방산 피크 면적의 백분율(%)로 산출하였다.

5) 콜레스테롤 함량

콜레스테롤 함량은 Du and Ahn(2002)의 방법에 의해 실시하였다. 시료와 1.98%(w/v) KOH 용액, 20%(w/v) ascorbic acid 용액, 0.1%(w/v) 5 α -cholestane 용액(내부 표준 물질)을 균질기(Ultra-Turrax T25 basic, Ika Werke GmbH & Co., Germany)로 21,500 rpm에서 5초 동안 균질한 후 50°C 수조에서 1시간 동안 가열하였다. 이후 증류수와 hexane을 각각 5 mL씩 혼합하고, 상층액을 농축한 다음 pyridine 200 μ L, sylon BFT 100 μ L와 50°C 수조에서 1시간 동안 반응시켰다. 최종적으로 반응액을 가스 크로마토그래피(6890N, Agilent Technologies, USA)에 의해 분석하였으며, 이때 분석 조건은 Table 3과 같다.

6) 미네랄 함량

미네랄 함량은 Association of Official Analytical Chemists

Table 3. Analytical methods of fatty acid composition and cholesterol content using GC

Instrumentation	
Chromatographic system	Agilent 6890N
Automatic sampler	Agilent 7683
Fatty acid composition	
Column	HP-Innowax (30 m length \times 0.25 mm id \times 0.50 μ m film thickness, J & W Scientific, USA)
Inlet temperature	260°C
Split ratio	1:10
Carrier	He at 1 mL/min constant flow
Oven program	150°C for 1°C, 150~200°C at 15°C/min, 200~250°C at 2°C/min, 250°C for 10 min
FID temperature	280°C
Cholesterol content	
Column	HP-5 (30 m length \times 0.25 mm id \times 0.25 μ m film thickness, J & W Scientific, USA)
Inlet temperature	290°C
Split ratio	1:100
Carrier	He at 1.5 mL/min constant flow
Oven program	180~260°C at 8°C/min, 260~280°C at 2°C/min, 280°C for 13 min
FID temperature	300°C

(2007) 방법에 준하여 실시하였다. 시료 2 g을 600°C에서 3시간 동안 회화시킨 후 5 N HCl 10 mL로 실온에서 24시간 동안 소화시켰다. 소화액을 증류수로 최종 부피를 50 mL로 조정하였으며, 여과지(No. 6, Whatman International Ltd., England)와 실린지 필터(0.45 μ m; Dismic[®]-25HP, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Japan)로 여과하였다. 이후 여액의 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 칼륨, 구리, 아연, 철 및 망간 함량을 유도결합 플라즈마 분광기(PS950 ICP, Leeman Labs, Inc., USA)에 의해 분석하였다.

7) 지방산화

지방산화는 Sinnhuber and Yu(1977)의 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 방법에 의해 실시하였다. 시료 0.5

g과 항산화제, 1%(w/v) TBA-0.3%(w/v) NaOH 용액, 2.5%(w/v) TCA-3.6 mM HCl을 혼합하고, 98°C 수조에서 30분 동안 가열하였다. 이후 상등액을 3,500 rpm에서 30분 동안 원심분리 (GS-6R Centrifuge, Beckman Instruments Inc., USA)한 다음 분광 광도계(UV-mini-1240, Shimadzu, Japan)로 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 최종 수치는 시료 1 kg당 mg malonaldehyde로 산출하였다.

8) 표면 육색

시료 표면의 CIE 명도(Lightness, L*), 적색도(Redness, a*) 및 황색도(Yellowness, b*)는 색차계(CR-400, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)를 이용하여 측정하였다. 이때 표준 백색 판(2° observer; Illuminant C : Y=93.6, x=0.3134, y=0.3194) 자체의 CIE 값은 명도 = 97.46, 적색도=0.08 및 황색도=1.81이었다.

4. 통계 분석

본 실험을 통해 얻은 모든 자료는 SPSS(2005)의 analysis of variance(ANOVA)에 의해 분석하였으며, 각 평균 간의 유의성 차이는 Student t-test에 의해 5% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 일반 성분 함량, pH, 보수력, 가열 감량 및 전단력

역삼투 처리 심층수의 급여가 닭고기의 일반 성분 함량, pH, 보수력, 가열 감량 및 전단력에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 일반 성분 함량은 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분 모두 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 현재까지 심층수의 급여가 가금육의 화학적 조성에 미치는 영향에 대해서 보고된 바 없으나, 심층수와 유사하게 미네랄로 구성된 광물질을 급여했을 때 가금육의 조성에 영향을 미쳤다는 연구들이 보고된 바 있다. 그 중 Yang et al.(2006)은 0~8% 황토를 육계에게 6주 동안 급여했을 때 일반 성분 함량이 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 하지만 Kook et al.(2005)은 0~1.5% 알칼리 장석-일라이트를 육용 오리에게 6주 동안 급여했을 때 1.5% 급여구의 조지방 함량이 대조구(무급여구)에 비해 유의적으로 낮았다고 보고하였다. 알칼리 장석-일라이트의 급여에 의해 가금육내 지방 함량의 감소를 볼 수 있었던 Kook et al.(2005)의 보고와 달리 본 연구에서는 역삼투 심층수의 급여에 의해 일반 성분 함량의 변화를 볼 수 없었다. 이러한 이유는 급여 물질내 구성 미네랄의 종류와 함량이 달랐기 때문일

Table 4. Effect of reverse osmosis-treated deep sea water supplementation on the proximate composition, pH value, water-holding capacity, cooking loss and Warner-Bratzler shear force value of chicken meat¹

Items	Treatments ²	
	Water (Control)	RO-treated DSW
Proximate composition (%)		
Moisture	75.12 ± 0.52	74.49 ± 0.73
Crude fat	1.47 ± 0.40	1.36 ± 0.54
Crude protein	22.31 ± 0.40	22.87 ± 0.76
Crude ash	1.07 ± 0.03	1.09 ± 0.07
pH	5.94 ± 0.15	6.02 ± 0.14
Water-holding capacity (%)	38.67 ± 3.31	40.45 ± 7.00
Cooking loss (%)	29.69 ± 3.63	28.29 ± 2.99
Warner-Bratzler shear force (kgf)	1.65 ± 0.71	1.81 ± 0.34

¹These values are means ± standard deviation.

²Water (Control) = chicken meat supplemented with water and basal diet containing 0.21% salt; RO-treated DSW = chicken meat supplemented with reverse osmosis (RO)-treated deep sea water (DSW) diluted with deionized water at 1:20 (RO-treated DSW:deionized water) ratio and basal diet.

것이다. 하지만 Yang et al.(2006)의 연구에서는 알칼리 장석-일라이트와 유사한 미네랄 조성으로 구성된 황토를 급여했음에도 불구하고, 역삼투 심층수와 동일하게 일반 성분 함량의 변화를 볼 수 없었다. 따라서 이들을 미루어 볼 때, 가금육의 일반 성분 함량에 대한 미네랄의 급여 효과는 급여 미네랄의 조성고 함량뿐만 아니라 가금의 종류에 따라 다르게 나타난다고 사료된다. 또한, 가금육의 일반 성분 함량에 대한 역삼투 심층수의 급여 효과를 명확히 구명하기 위해서는 사육 가금의 종류에 따라 다양하게 수행할 필요가 있다고 판단된다.

고기의 pH도 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않아($P>0.05$) 심층수의 급여가 닭고기의 pH에 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 또한, 여지 압착법에 의한 보수력, 가열 감량 및 전단력 역시 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 여지 압착법과 가열 감량은 고기의 보수력을 측정하는 가장 일반적인 방법들이며(Honikel and Hamm, 1994), 보수력과 조직감은 도축 후 pH(Hamm, 1982; Yu and Lee, 1986)와 지방 함량(Wood, 1993)에 의해 영향을 받는다.

따라서 본 실험 결과에서 처리구들의 pH와 조지방 함량 간에 차이가 없었기 때문에, 이에 의한 영향으로 보수력, 가열감량, 전단력에서도 차이가 없었다고 사료된다.

2. 지방산 조성 및 콜레스테롤 함량

역삼투 처리 심층수의 급여가 닭고기의 지방산 조성 및 콜레스테롤 함량에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 지방산 조성은 myristic acid(C14:0)부터 DHA(C22:6n-3)까지의 모든 구성 지방산들을 포함하여 총포화지방산 및 총불포화지방산 함량, n-6 /n-3 지방산 비율 모두 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 이와 유사하게 Choi(2005)는 0~5% 황토를 육계에게 6주 동안 급여했을 때 총포화지방산과 총불포화지방산 함량에서 처리구들 간에 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 하지만 Park and Kim(2001)은 0~1.2% 황성탄을 육계에게 5주 동안 급여했을 때 급여구들의 총불포화지방산 함량이 대조구(무급여구)에 비해 높았다고 상반된 보고를 하였다. 본 연구에서 일반 성분과 마찬가지로 역삼투 심층수의 급여는 닭고기의 지방산 조성에 영향을 미치지 못하였다. 반면에 황성탄의 급여는 닭고기의 지방산 조성을 변화시켜 불포화도를 증가시켰다. 따라서 본 연구와 선행 연구 모두 동일하게 육계에서 사육 시험을 수행했음에도 불구하고, 서로 다른 결과를 나타낸 이유는 역삼투 심층수와 황성탄내 구성 미네랄의 조성 및 함량이 달랐기 때문으로 사료된다. 또한, 역삼투 심층수의 급여를 통해 닭고기의 지방산 조성을 바람직하게 변화시키기 위해서는 역삼투 심층수의 희석 농도를 적절하게 조절하거나 다른 종류의 미네랄을 혼합해야 한다고 판단된다.

콜레스테롤 함량은 역삼투 심층수 급여구와 대조구가 각각 고기 100 g당 58.36 및 58.26 mg이었으며, 두 처리구들 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 심층수의 급여가 동물 체내 콜레스테롤 함량에 미치는 영향에 관한 연구는 몇몇 연구들에서 보고된 바 있다. Katsuda et al.(2008)은 고콜레스테롤증의 토끼에게 일반 식수 및 심층수(경도 1,000 ppm)를 각각 6개월 동안 급여했을 때 혈액 내 총콜레스테롤 함량에서 차이가 없었다고 본 실험과 동일하게 보고하였다. 반면에 Yoshioka et al.(2003)은 고콜레스테롤증의 토끼에게 증류수와 경도 28, 300, 1200 ppm인 심층수를 각각 4주 동안 급여했을 때 심층수 급여구들의 혈액내 총콜레스테롤 함량이 증류수 급여구보다 낮았다고 상반된 보고를 하였다. 따라서 두 선행 연구들 모두 동일한 고콜레스테롤증의 실험동물을 이용했음에도 불구하고, 각기 상반된 결과를 보고한 것으로 미루어 보아 심층수의 급여가 가축 체내의 콜레스테롤 함량에 미치는 영향은 아직까지 불명확한 것으로 사료된다.

Table 5. Effect of reverse osmosis-treated deep sea water supplementation on the fatty acid composition and cholesterol content of chicken meat¹

Items	Treatments ²	
	Water (Control)	RO-treated DSW
Fatty acid (%)		
C14:0 (Myristic acid)	1.41 ± 0.27	1.11 ± 0.27
C16:0 (Palmitic acid)	23.61 ± 0.93	23.91 ± 0.99
C16:1n-7 (Palmitoleic acid)	3.86 ± 0.41	4.09 ± 0.68
C18:0 (Stearic acid)	15.93 ± 2.09	15.82 ± 3.38
C18:1n-9 (Oleic acid)	35.45 ± 3.51	33.76 ± 3.59
C18:2n-6 (Linoleic acid)	14.01 ± 2.34	14.77 ± 3.20
C18:3n-3 (Linolenic acid)	0.73 ± 0.08	0.74 ± 0.10
C20:1n-9 (Eicosenoic acid)	0.49 ± 0.11	0.60 ± 0.20
C20:4n-6 (Arachidonic acid)	3.13 ± 1.11	3.62 ± 1.47
C20:5n-3 (EPA)	0.16 ± 0.03	0.17 ± 0.02
C22:4n-6 (DTA)	0.82 ± 0.26	0.97 ± 0.40
C22:6n-3 (DHA)	0.40 ± 0.13	0.43 ± 0.20
SFA ³	40.95 ± 1.85	40.84 ± 3.03
UFA ⁴	59.05 ± 1.85	59.16 ± 3.03
MUFA ⁵	39.80 ± 3.27	38.45 ± 3.32
PUFA ⁶	19.25 ± 2.70	20.71 ± 3.11
n-6/n-3	13.94 ± 1.90	14.45 ± 2.37
Cholesterol (mg/100 g meat)	58.36 ± 1.18	58.26 ± 1.25

¹These values are means ± standard deviation.

²Water (Control) = chicken meat supplemented with water and basal diet containing 0.21% salt; RO-treated DSW = chicken meat supplemented with reverse osmosis (RO)-treated deep sea water (DSW) diluted with deionized water at 1:20 (RO-treated DSW: deionized water) ratio and basal diet.

³SFA = saturated fatty acids.

⁴UFA = unsaturated fatty acids.

⁵MUFA = monounsaturated fatty acids.

⁶PUFA = polyunsaturated fatty acids.

3. 미네랄 함량

역삼투 처리 심층수의 급여가 닭고기의 미네랄 함량에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 칼륨, 구리, 아연, 철 및 망간 모두 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 심층수 급여에 따른 체내 미네랄 함

Table 6. Effect of reverse osmosis-treated deep sea water supplementation on the mineral content of chicken meat¹

Items (ppm)	Treatments ²	
	Water (Control)	RO-treated DSW
Sodium (Na)	112.60 ± 12.57	101.42 ± 9.35
Magnesium (Mg)	56.03 ± 3.23	57.96 ± 2.47
Calcium (Ca)	13.22 ± 1.84	12.99 ± 0.85
Potassium (K)	489.83 ± 44.56	488.00 ± 47.32
Copper (Cu)	0.63 ± 0.09	0.61 ± 0.05
Zinc (Zn)	1.12 ± 0.14	1.11 ± 0.04
Iron (Fe)	2.17 ± 0.36	2.12 ± 0.27
Manganese (Mn)	0.33 ± 0.01	0.33 ± 0.01

¹These values are means ± standard deviation.

²Water (Control) = chicken meat supplemented with water and basal diet containing 0.21% salt; RO-treated DSW = chicken meat supplemented with reverse osmosis (RO)-treated deep sea water (DSW) diluted with deionized water at 1:20 (RO-treated DSW: deionized water) ratio and basal diet.

량에 관한 연구는 Hataguchi et al.(2005)에 의해 시도되었으며, 이들은 아토피 질환 환자 33명에게 심층수(경도 1,000 ppm)를 6개월 동안 섭취시킨 결과, 머리카락 내 나트륨 함량이 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 실험 결과와 다른 경향일 뿐만 아니라, 아직까지는 심층수 급여에 따른 동물 조직 내 미네랄 함량에 관한 연구는 제한적인 실정이기 때문에 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

4. 지방산화 및 표면육색

역삼투 처리 심층수의 급여가 닭고기의 4°C 저장 중 지방산화(TBARS)에 미치는 영향은 Fig. 1과 같다. 역삼투 심층수를 급여시 TBARS가 빨리 촉진되어 저장 6일째부터 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 이러한 이유는 심층수 내에 고농도로 함유된 나트륨과 염소가 지방산화를 촉진시켰기 때문으로 사료된다. 즉, 이 성분들로 인해 근육내 myoglobin에서 철 이온들이 방출되고, 이 철 이온들이 자유라디칼로 작용하여 지방 산화를 촉진시켰기 때문이다(Kanner et al., 1991; Wettasinghe and Shahidi, 1996).

표면육색(Table 7)은 명도(L*)의 경우 저장 3일째까지 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않다가 6일째 이후부터 역삼투 심층수 급여구가 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). 하지만 적색도(a*)와 황색도(b*)의 경우, 저장

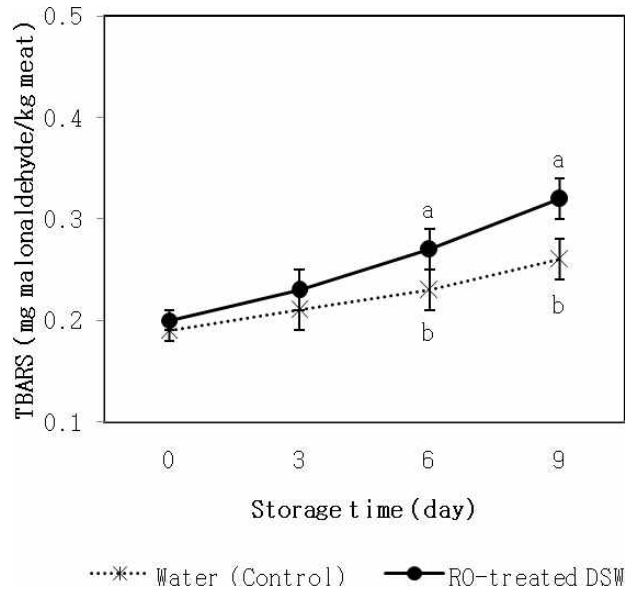


Fig. 1. Effect of reverse osmosis-treated deep sea water supplementation on the lipid oxidation (TBARS level) of chicken meat during storage at 4°C.

^{a,b}Means ± standard deviation in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$). Water (Control) = chicken meat supplemented with water and basal diet containing 0.21% salt; RO-treated DSW = chicken meat supplemented with reverse osmosis (RO)-treated deep sea water (DSW) diluted with deionized water at 1:20 (RO-treated DSW:deionized water) ratio and basal diet. TBARS = 2-thiobarbituric acid reactive substances.

기간 동안 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 따라서 도축 직후 육색은 역삼투 심층수의 급여에 따른 차이가 없었으나, 저장 중 육색은 이의 급여에 의해 어둡게 변하였다. 이러한 이유는 지방산화에 의한 육색의 변질 (Faustman and Cassens, 1990) 때문인 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 역삼투 처리한 심층수의 급여가 닭고기의 품질 특성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 1일령 Ross 308종 육계 병아리를 음용수의 종류에 따라 2처리구로 나누어 각각 식수(대조구)와 역삼투 심층수를 28일 동안 급여하였다. 대조구의 경우 0.21% 소금이 첨가된 사료를 급여하였으며, 역삼투 심층수 급여구의 경우 심층수 원수를 역삼투 처리한 후 3차 증류수로 1:20(역삼투 심층수:증류수)의 비율로 희석하여 제공하였다. 시료의 처리는 육성 완료시 처리구

Table 7. Effect of reverse osmosis-treated deep sea water supplementation on the meat color (CIE values) of chicken meat during storage at 4°C

Items	Storage time (day)	Treatments ¹	
		Water (Control)	RO-treated DSW
L* (Lightness)	0	60.17 ± 1.79	58.91 ± 1.96
	3	60.05 ± 1.94	57.79 ± 1.70
	6	59.63 ± 1.90 ^a	55.71 ± 1.95 ^b
	9	57.14 ± 1.83 ^a	53.39 ± 1.74 ^b
a* (Redness)	0	2.56 ± 0.85	2.83 ± 0.61
	3	2.32 ± 0.61	2.64 ± 0.45
	6	2.07 ± 0.54	2.32 ± 0.56
	9	1.69 ± 0.65	1.92 ± 0.51
b* (Yellowness)	0	6.73 ± 0.56	6.32 ± 0.87
	3	6.61 ± 0.65	6.16 ± 0.86
	6	6.34 ± 0.79	5.86 ± 0.95
	9	6.02 ± 0.59	5.54 ± 0.71

^{a,b}Means ± standard deviation in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

¹Water (Control) = chicken meat supplemented with water and basal diet containing 0.21% salt; RO-treated DSW = chicken meat supplemented with reverse osmosis (RO)-treated deep sea water (DSW) diluted with deionized water at 1:20 (RO-treated DSW: deionized water) ratio and basal diet.

마다 각각 5수씩 도축한 다음 가슴육을 4°C에서 9일 동안 저장하였다. 일반 성분 함량, 지방산 조성, 콜레스테롤 함량, 미네랄 함량, pH, 보수력 및 전단력은 역삼투 심층수의 급여에 따른 차이를 보이지 않았다. 지방산화(TBARS)는 저장 6일째부터 역삼투 심층수 급여구가 대조구에 비해 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 표면 육색은 역삼투 심층수 급여구의 명도(CIE L*)가 저장 6일째부터 대조구보다 유의적으로 낮았으나($P < 0.05$), 적색도(CIE a*)와 황색도(CIE b*)는 저장 기간 동안 처리구들간에 차이가 없었다. 결론적으로 역삼투 처리한 심층수를 육계에 급여했을 때 닭고기의 저장 중 육색이 어둡게 변하였으며, 지방산화 안정성이 감소하였다. 따라서 역삼투 처리 심층수의 급여는 닭고기의 품질을 저하시키므로 육계의 음용수로서 사용하는 것은 바람직하지 못하다고 판단된다.

(색인어 : 심층수, 역삼투, 닭고기, 지방산화, 육색)

사 사

본 연구는 한국수자원공사의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Agebevi T, Rouleau D, Mayer R 1983 Production and quality of Cheddar cheese manufactured from whole milk concentrated by reverse osmosis. *J Food Sci* 48:642-643.
- Association of Official Analytical Chemists 2007 Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Cho WM, Choi SB, Paek BH, Ahn BS, Kim JS, Kang WS, Lee SK, Song MK 2000 Effects of dietary supplements of clay mineral on the growth performance and immunity in Hanwoo calves. *Korean J Anim Sci & Technol* 42:871-880.
- Choi I 2005 Effects of dietary supplementation of loess on the performance and meat quality of broiler chicks. *Korean J Poultry Sci* 32:1-7.
- Conrad KM, Mast MG, Ball HR, Froning G, Neil JH 1993 Concentration of liquid egg white by vacuum evaporation and reverse osmosis. *J Food Sci* 58:1017-1020.
- Cros S, Ignot BL, Razafintsalama C, Jaouen P, Ourseau PB 2004 Electrodialysis desalination and reverse osmosis concentration of an industrial mussel cooking juice: Process impact on pollution reduction and on aroma quality. *J Food Sci* 69:C435-C442.
- Du M, Ahn DU 2002 Simultaneous analysis of tocopherols, cholesterol, and phytosterols using gas chromatography. *J Food Sci* 67:1696-1700.
- Faustman C, Cassens RG 1990 The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. *J Muscle Foods* 1:217-243.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226:497-509.
- Hamm R 1982 Über das wasserbindungsvermögen des fleisches. *Fleischerei* 33:590-599.
- Hataguchi Y, Tai H, Nakajima H, Kimata H 2005 Drinking deep-sea water restores mineral imbalance in atopic eczema/

- dermatitis syndrome. *Eur J Clin Nutr* 59:1093-1096.
- Hofmann K, Hamm R, Blüchel E 1982 Neues über die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mit Hilfe der Filterpapierpressmethode. *Fleischwirt* 62:87-92.
- Honikel KO, Hamm R 1994 Measurement of water-holding capacity and juiciness. Vol 9 Pages 125-161 In: *Advance in Meat Research*. Pearson AM, Dutson TR ed. Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK.
- Honikel KO 1998 Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci* 49:447-457.
- Hwang HS, Kim SH, Yoo YG, Chu YS, Shon YH, Nam KS, Yun JW 2009 Inhibitory effect of deep-sea water on differentiation of 3T3-L1 adipocytes. *Mar Biotechnol* 11:161-168.
- Joo EJ, Jung SJ, Son JH, Cho JK, Youn BS, Nam KT, Hwang SG 2007 Effect of dietary supplement of fermented clay mineral on the growth performance and immune stimulation in broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 34:231-236.
- Kane L, Braddock RJ, Sims CA, Matthews RF 1995 Lemon juice aroma concentration by reverse osmosis. *J Food Sci* 60:190-194.
- Kanner J, Harel S, Jaffe R 1991 Lipid peroxidation of muscle food as affected by NaCl. *J Agric Food Chem* 39:1017-1021.
- Katsuda S, Yasukawa T, Nakagawa K, Miyake M, Yamasaki M, Katahira K, Mohri M, Shimizu T, Hazama A 2008 Deep-sea water improves cardiovascular hemodynamics in Kurosawa and Kusanagi-hypercholesterolemic (KHC) rabbits. *Biol Pharm Bull* 31:38-44.
- Keohavong B, Lee JY, Lee JH, Yun SM, Lee MH, Lee SK, Kim GY, Ohh SJ 2010 Effects of drinking reverse-osmosis treated deep sea water on growth performance and immune response in broiler chickens. *Korean J Anim Sci & Technol* 52:213-220.
- Kim DM, Baek HH, Jin JS, Lee SE, Kim KH 1992 Factors influencing the removal of water soluble solids from soybean curd whey by reverse osmosis. *Korean J Food Sci Technol* 24:306-311.
- Kim Y, Oh Y 2009 Trends for patent applications for foods using deep sea water. *Food Science and Industry* 42:40-44.
- Kook K, Kim JE, Jeong JH, Kim JP, Sun SS, Kim KH, Jeong YT, Jeong KH, Ahn JN, Lee BS, Jeong IB, Yang CJ, Yang JE 2005 Effects of supplemental alkali feldspar-illite on growth performance and meat quality in broiler ducks. *Korean J Poult Sci* 32:245-254.
- Lee SH, Seo SH, Um JS, Paik IK 1996 Effects of supplementing of aluminosilicate MAXIMINERAL[®](72) on the performance of broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 23:121-128.
- Linder MC 1991 *Nutritional Biochemistry and Metabolism*. 2nd ed. Elsevier Scientific Publishing Company, NY, USA.
- Liu TK, Hwang HH, Yu JL, Kao RC 2008 Managing deep ocean water development in Taiwan: Experiences and future challenges. *Oce Coa Man* 51:126-140.
- Nakasone T, Akeda S 2000 The application of deep sea water in Japan. Proc 28th UJNR Aquac Panel Symp, UJNR Tech Rep 28:69-75.
- National Research Council 1994 *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev ed. National Academic Press, Washington, DC, USA.
- Park CI, Kim YJ 2001 Effect of additions of supplemental activated carbon on the fatty acid, meat color and minerals of chicken meat. *Korean J Food Sci Ani Resour* 21:285-291.
- SPSS 2005 SPSS 14.0 for Windows Evaluation Version, SPSS Inc., Illinois, USA.
- Sasaki T 2001 *Deep Sea Water*. Bestsellers Publishers Co., Ltd., Tokyo, Japan.
- Simnhuber RO, Yu TC 1977 The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J Japanese Soc Fish Sci* 26:259-267.
- Watanabe M, Ohtsu J, Otsuki A 2000 Daily variations in nutrient concentrations of seawater at 321 m depth in Toyama Bay, Japan Sea. *J Oceanogr* 56:553-558.
- Wettasinghe M, Shahidi F 1996 Oxidative stability of cooked comminuted lean pork as affected by alkali and alkali-earth halides. *J Food Sci* 61:1160-1164.
- Wood JD 1993 Production and processing practices to meet consumer needs. Pages 135-147 In: *Manipulating Pig Production IV*. Batterham E ed. Australasian Pig Science Association, Victoria, Australia.
- Yang CJ, Oh JI, Choi YJ, Kim CB, Mun ST, Han SG 2006 Effects of dietary yellow clay on growth performance and body composition in broiler chicks. *Korean J Poult Sci* 33: 263-271.
- Yoshioka S, Hamasa A, Cui T, Yokota J, Yamamoto S, Kusu-

- nose M, Miyamura M, Kyotani S, Kaneda R, Tsutsui Y, Odani K, Odani I, Nishioka Y 2003 Pharmacological activity of deep sea water: Examination of hyperlipidemia prevention and medical treatment effect. *Biol Pharm Bull* 26:1552-1559.
- Yu LP, Lee YB 1986 Effects of postmortem pH and temperature on bovine muscle structure and meat tenderness. *J Food Sci* 51:774-780.
- 김현주 2005 21세기 인류를 위한 순환재생형 해양자원: 해양 심층수의 개발 및 이용. 도서출판 신기술 서울. pp. 62-69. (접수: 2010. 10. 11, 수정: 2010. 11. 3, 채택: 2010. 11. 5)