

Use of Chicken Meat and Processing Technologies

가금육의 이용과 가공기술

Dong Uk Ahn

*Ph.D. Professor Department of Animal Science,
Iowa State University, Ames, IA 50011-3150*

Phone : 515-294-6595

Fax : 515-294-9143

e-mail : duahn@iastate.edu

안 동 옥 박사

아이오와 주립대, 미국



Use of Chicken Meat and Processing Technologies

Dong Uk Ahn

Department of Animal Science, Iowa State University, Ames, IA 50011-3150

Ph) 515-294-6595, Fax) 515-294-9143, e-mail: duahn@iastate.edu

Abstract

The consumption of poultry meat (chicken and turkey) grew the most during the past few decades due to several contributing factors such as low price, product research and development, favorable meat characteristics, responsive to consumer needs, vertical integration and industry consolidation, new processing equipments and technology, and aggressive marketing.

The major processing technologies developed and used in chicken processing include forming/restructuring, tumbling, curing, smoking, massaging, injection, marination, emulsifying, breading, battering, shredding, dicing, and individual quick freezing. These processing technologies were applied to various parts of chicken including whole carcass.

Product developments using breast, thigh, and mechanically separated chicken meat greatly increased the utilization of poultry meat. Chicken breast became the symbol of healthy food, which made chicken meat as the most frequent menu items in restaurants. However, the use of and product development for dark meat, which includes thigh, drum, and chicken wings were rather limited due to comparatively high fat content in dark meat.

Majority of chicken are currently sold as further processed ready-to-cook or ready-to-eat forms. Major quality issues in chicken meat include pink color problems in uncured cooked breast, lipid oxidation and off-flavor, tenderness PSE breast, and food safety.

Research and development to ensure the safety and quality of raw and cooked chicken meat using new processing technologies will be the major issues in the future as they are now. Especially, the application of irradiation in raw and cooked chicken meat products will be increased dramatically within next 5 years.

The market share of ready-to-eat cooked meat products will be increased. More portion controlled finished products, dark meat products, and organic and ethnic products with various packaging approaches will also be introduced.

1. Trends in Meat Consumption and Broiler Processing

(1) Current Status of Broiler Industry

FAO data indicated that the world production of chicken meat increased about 8-fold during past 40 years while the increases in beef and pork are 2-fold and 4-fold, respectively. In the U.S., the consumption of poultry meat (chicken and turkey) also showed linear increase during the past few decades and chicken became the number one meat consumed by Americans since early 1990's. Between 1970 and 2000, the *per capita* consumption of poultry became more than double while beef decreased by more than 20 Lb and pork remained unchanged (Table 2). Among the 100 Lb of poultry consumed in 2000, 82 Lb is chicken and is the largest of any meat type. Among the 82 Lb chicken meat consumed, 44.3 Lb was white

meat and 37.7 Lb was dark meat (Table 2).

In 1970s, 60 % of chickens were sold as whole bird, 30 % as cut-up parts, and only 10 % were used for further processing. However, the way of using poultry meat changed dramatically over the 30-year period : in 2000, only 10 % of chicken were sold as whole bird, 50 % as cut-up, and 40 % as furthered processed meat. The distribution channels of chickens also has experienced similar change during that period : grocery stores were the main distribution channel for poultry in 1970s but food service became the major in 2000. The importance of export market continuously grew over the 30-year period, and about 14~15 % of chicken produced in the U.S. was exported in 2000 (Table 3).

Table 1. World meat production (1,000 M/T)

Meat	1962	1972	1982	1992	2002
Beef & Veal	29,203	38,542	45,899	53,014	57,711
Pork	26,050	40,620	53,195	72,921	93,624
Chicken	7,880	14,654	25,194	38,915	61,892
Turkey	813	1,410	2,183	4,035	5,192
Poultry	9,194	16,824	28,451	45,257	72,238
Meat total	74,466	107,537	140,347	187,449	242,630

(FAO, 2003)

Table 2. Changes in per capita meat consumption in the U.S. (Lb)

Year	Beef	Pork	Poultry
1970	84.6	56.0	45.0
1975	88.2	43.0	45.6
1980	76.6	57.3	57.1
1985	78.9	51.7	64.2
1990	67.4	49.8	79.3
1992	66.5	53.1	86.2
1994	67.0	53.1	89.5
1997	66.9	48.7	90.9
2000	63.4	53.5	99.9

* White meat : 44.3 Lb, dark : 37.7 Lb, turkey : 18 Lb
(USDA, 2002)

(2) Factors Contributed to the Success of Poultry Industry

Several factors have contributed to the increased appeal of poultry products.

First, characteristics of poultry meat : the fat in poultry is almost exclusively associated with the skin and is easy to remove in response to dietary guidelines for reducing dietary fat. This is contrasted with mammalian meats such as beef and pork, which have more fat included in the lean part of the commonly consumed portions.

Second, the industry has been very responsive in developing new products to meet the changing consumer needs. A good example of this is the enormous success of nuggets and similarly formed products, breaded and battered products, fried products, and breast and thigh products. Introducing new products using wing and thigh, and mechanical separation of meats from back and neck portions of broiler carcass and using such meat in further processing significantly increased the value of poultry meat. Poultry scientists should be credited for their excellent work in both basic and applied research, which covered genetics, nutrition, management, and processing, to solve industry problems and to improve production and quality

Table 3. Changes in Market forms and Distribution in broilers between 1970 and 2000

	Market forms		
	Whole bird (%)	Cut-up (%)	Further processed (%)
1970	60	30	10
2000	10	50	40
	Distribution		
	Grocery stores (%)	Food Service (%)	Export (%)
1970	72	24	4
2000	38	48	14

(USDA, 2002)

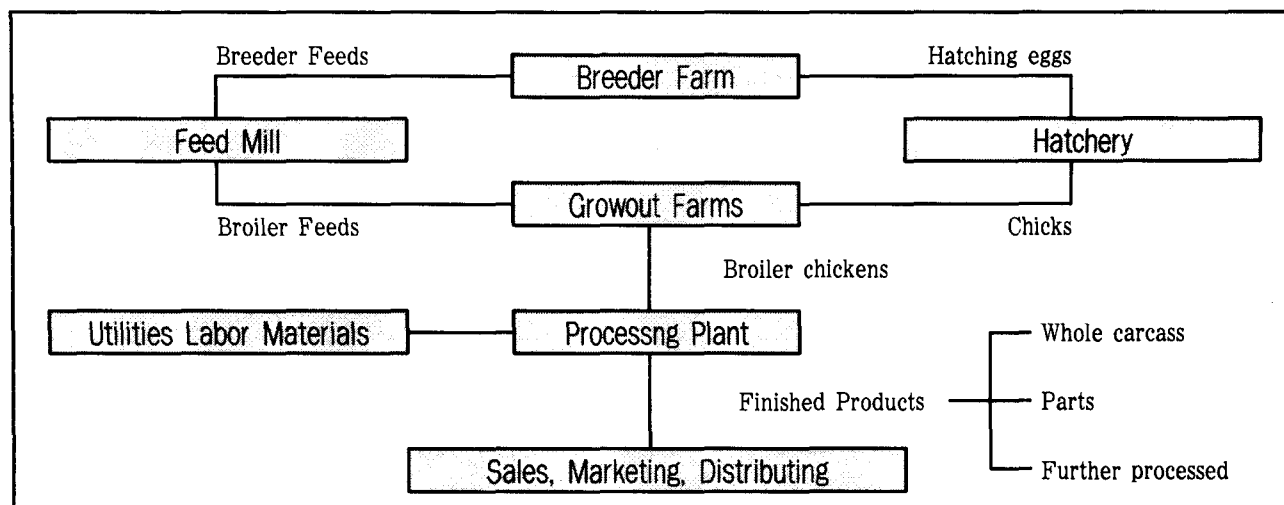


Figure 1. Material flow between the components of a vertically integrated poultry farm (Adopted from Sams, 2001)

of final products. Development of efficient, automated, and innovative slaughtering and processing equipments also played an important role.

Third, poultry is extremely versatile meat, a factor that has possibly contributed to the product development efforts. Poultry meat is more homogeneous in composition, texture and color, and a milder in flavor than red meats, making poultry easy to formulate products with various flavors.

Fourth, the U.S. broiler industry is a vertically integrated production, processing and distribution system where the physical production of birds is handled almost entirely by contract growers. The broiler industry is often considered as a role model for the industrialization of agriculture. The vertical integration has enabled the economic production

of broilers with uniform size, appearance, and composition. The uniformity has allowed processing plants to develop into highly automated slaughtering and processing facilities with efficiency (Figure 1).

Poultry industry is the most highly consolidated among agriculture and the consolidation is continue to grow. In 2001, about 90 % of broilers in the U.S. are produced by top 20 companies (Table 4).

Fifth, poultry industry has been aggressive in marketing and consumer education. While red meat industry was enjoying their inherited dominance and consumer preferences, poultry industry and researchers not only put enormous efforts in research and product development but also campaigning to win the heart of consumers since 1960s.

Thirty years after the efforts, poultry pro-

Table 4. Industry consolidation-Percentage (%) of total broilers produced by largest poultry companies(RTC meat basis)

Year	Firms 1-3	Firms 4-5	Firms 7-10	Firms 11-20	Others
1983	26.09	11.16	18.22	21.31	23.22
1990	35.47	10.76	16.26	16.93	20.58
1993	34.50	11.10	18.22	21.31	23.22
1995	38.50	12.20	15.20	17.60	16.50
1998	41.26	11.87	14.29	18.29	14.29
2001	40.60	14.60	17.10	16.90	10.80

(Broiler Industry, 1999/2002)

ducts became the most popular items in restaurants and fast food chains and poultry breast meat became the symbol of low fat, healthy meat. Poultry industry became the model for beef and pork industry in designing vertical integration for production, product development, distribution, and marketing.

2. Poultry Processing and Product Technology

(1) Preslaughter Handling and Slaughtering

Poultry production and processing involve a series of interrelated steps designed to convert live birds to ready-to-cook (RTC) whole carcasses, cut-up parts, or various forms of deboned meat products. The quality and acceptability of poultry meat as food depends largely upon physical, chemical, and structural changes of muscle as it is converted to meat. The diet and management of poultry during production influence muscle growth, composition and development, and preslaughter handling of chicken determine the conversion of muscle to meat, which determines the quality of chicken. Also other factors such as genetics, physiology and disease as well as feed and water withdrawal, catching, transportation, holding, unloading, shackling, stunning and killing can have significant impact on the quality of chicken meat.

Withdrawal of feed and water reduces incidence of carcass fecal contamination during slaughtering. The ideal length of feed withdrawal before slaughtering chicken should be the shortest amount of time required to empty the bird's digestive tracts. However, this time varies because of environmental conditions and management practices. The recommended feed withdrawal time for broilers before processing is between 8 and 12 hours. Longer feed withdrawal (13~15 hr) will increase live shrink, intestinal sloughing, and increase intestinal tearing during evisceration, which will increase the

likelihood of carcass contamination.

Some of the major preslaughter problems that may occur include bird injuries (bruising, broken or dislocated bones, and scratches) during catching and bird mortality during transportation. To reduce worker and bird stress, and bird injuries during catching, mechanical harvesting are under consideration. Although automatic broiler harvesters has been used in Europe for years, they are not used in the U.S. due to high capital investment. However, pressure from the producers in the European Union, a tight labor market, and animal welfare movement put pressure on using the automatic catchers in the U.S.

Although poultry is not required by law to be stunned before slaughter in the U.S., virtually all commercial poultry is stunned for humane, efficiency, and quality reasons. Stunning renders the bird unconscious prior to killing, which reduce struggle during killing, improve the efficiency of killing machine, more complete bleeding, and better feather removal during picking. Electrical stunning and gas stunning are the two most common stunning methods for chicken. Electrical stunning is the most commonly used in the U.S., and both electrical and gas stunning is used in Europe. The conditions of electrical stunning used in the U.S. and Europe are different. In the U.S., broilers are stunned at 10~20 mA for 10~12 sec, which is enough to make birds unconscious during neck cutting and bleeding. In most European countries, law requires birds to be

Table 5. Incidence of hemorrhage (%) by different stunning methods

Stun method	Breast fillets	Breast tenders
Gas/CO ₂	7.10	3.40
Electric	45.75	41.60
No stun	11.85	7.25

* Gas/CO₂ : 40 % CO₂ in air and 105 sec exposure.
Electric : 45 mA, 60 hz for 7 sec. (Bauer, 1997).

stunned at 90+ mA for 4~6 sec to prevent them from regaining consciousness mainly for humane reason. Harsher stunning conditions, however, can cause quality defect such as broken bones and hemorrhages from ruptured arteries and capillaries. Gas stunning is developed to replace electrical stunning in areas that require higher electrical conditions. Combinations of gases such as carbon dioxide, argon, and nitrogen are used.

Electrical stimulation of dead carcass at 450 volts, with a 2-second on-and-off pulse for 15 seconds immediately after bleed out speeds up postmortem chemical reactions and can reduce aging time by 60 %. The forceful contractions by high voltage provide mechanical tenderizing effect, and reduced aging time can save space, labor, time and energy for the processors.

Chilling the carcass immediately after evisceration is important for tenderness of chicken meat (Table 6). Chilling of chicken carcasses in the U.S. is accomplished using ice water. Air chilling is widely used in Canada and Europe. Air chilling involves circulating cold moist air around a processed carcass to reduce its temperature without causing excessive surface drying. Air chilling is less efficient way of lowering carcass temperature than water chilling, but air-chilled chicken meats are more flavorful and have denser muscle tissues than water-chilled meats. Water-chilled poultry tends to pick up quite a bit of moisture and shrink

more when the product is cooked. Also, air-chilled carcass has lower microbial counts and lower chance of cross contamination than water-chilled carcasses during chilling.

(2) Product Development and Processing Technologies

The major contributing factor for the success of poultry industry during past decades is products development using various parts of poultry meat. Researchers in academia, government research laboratory, and R&D department of private sectors put concerted efforts in developing products and processing technologies. The major processing technologies developed and used in chicken processing include forming /restructuring, tumbling, curing, smoking, masaging, injection, marination, emulsifying, breading, battering, shredding, dicing, and individual quick freezing. One or combinations of these processing technologies were applied to various parts of chicken. From whole chicken, injected, basted, smoked, and rotisserie were developed. Various injection and marination mix that can be used for whole chicken and parts were also developed. From breast, oven roasted breast, chicken breast roll, breast strips, breast tender, marinated chicken breast, diced and shredded, formed breast were developed. Developing breast meat products, and using the low fat, high protein, and tender characteristics of chicken breast as the selling point made chicken as the symbol of healthy food, which made chicken meat as the most frequent menu items in restaurants.

In contrast to breast meat, the use of and product development for dark meat, which includes thigh, drum, and chicken wings were rather limited due to comparatively high fat content in dark meat. The price of dark meat used to be only about 1/5 of the breast meat and a large proportion of dark meat has been

Table6. Effect of chilling treatments on pH, sarcomere length and shear force of broiler breast muscle.

	Water chilling treatments ^a		
	A	B	C
PH _{15min}	6.55	6.59	6.54
PH _{24 h}	5.81	5.79	5.80
Sarcomere length (m)	1.87	1.87	1.79
Shear force (kg/cm ²)	2.42 ^a	3.20 ^b	3.93 ^c

^aA : 10°C for 24h. B : 10°C for 10h followed by 0°C for 13h. C : 10°C for 23h. n=15. (Dunn et al., 1995)

exported. In recent years, however, breaded fried drum and wing products with various flavor and taste opened a new chapter for the use of underutilized dark meats.

Using mechanical deboner, meats from back and neck were separated and used for emulsified products. Using either breast or dark meat portion, various formed products such as chicken nuggets, patties, and finger foods were also developed. New product development was not limited to cooked products. Various forms of raw meat products were also developed to meet various consumer needs. All these processing technologies developed during past few decades diversified the utilization of chicken meat, which made the consumption of chicken meat the highest among meat types. Some of the products are sold as ready-to-cook raw meat forms and others are in ready-to-eat forms.

(3) Major Quality Issues in Chicken Meat

■ **Pink color problems** : Pink discoloration is one of the major quality defects in uncured broiler breast meat because consumers associate the presence of pink in uncured cooked poultry with undercooking or contaminated. The pink pigment was characterized as the heme complex with ligands such as pyridine, nicotinamide, and proteins. Oxidation-reduction potential of cooked poultry breast, pH, and the contents of total heme pigment and cytochrome c were the most important factors to the pink color development in cooked poultry breast meat. However, many other factors such as undenatured myoglobin, contamination with nitrite or nitrate, severe stress at, or absorption of combustion gases such as nitric oxide or carbon monoxide could also be involved in the generation of pink defect. Although usual concentration of nitrate and nitrite in turkey breast meat was not high enough to cause a pink color

defect, the possibility of pinking may be high by nitrate or nitrite under certain combined conditions such as high nitrate levels in feed or water supplies, a high microbial load, and long storage conditions. During cooking in a gas oven, as little as 0.4 ppm of nitrogen dioxide gas caused pinking of turkey roll, but the solubility of nitrogen monoxide gas at meat surfaces was not great than nitrogen dioxide. Irradiation also increases the pink color in poultry breast meat. The pinking in poultry could be reduced by addition of some ingredients such as nonfat dry milk or citric acid.

■ **Lipid oxidation and off-flavor**: Precooked uncured poultry meat products such as oven roasted turkey breast, breaded chicken nuggets and chicken strips are very susceptible to a quality defect called warmed-over flavor. Fatty acid composition, especially that of phospholipids of the muscle cell membranes, is important in determining the oxidative stability of meat, since the oxidative changes in meat are initiated mainly from the membrane components of muscle. Ionic iron is an important catalyst for lipid oxidation in both living tissue and meat. In living tissues under physiological conditions there is no real free ionic iron available for lipid peroxidation. Most of the iron involved in lipid peroxidation is loosely-bound, and can be released only under certain conditions. Cooked meat is more susceptible to lipid oxidation than uncooked meat. The high susceptibility of cooked meat to lipid oxidation involves at least three factors. First, iron containing proteins denatured by heat may lose their binding capability and release ionic iron. Second, the enzymes involved in aerobic metabolism (which consume oxygen) and the

defensive enzyme systems in tissues become inactive by heating. Third, the integrity of cell membranes is destroyed and oxygen is allowed to contact polyunsaturated fatty acids more easily. The heat denaturation also exposes the reactable domain of heme-pigment, considered as a primary ingredient for lipid oxidation, to oxygen and accelerates lipid oxidation. This problem is aggravated when additives such as salt are added in raw meat. Additionally, any degree of lipid oxidation in raw meat accelerates the development of oxidized off-flavors in cooked meat, due to the free-radical chain reaction nature of lipid oxidation. Warmed-over and rancid flavor and aroma scores correlated highly and consistently with TBARS values, and hexanal, an oxidative products of linoleic acid, is also used as an indicator of lipid oxidation. Lipid oxidation in cooked meat can be prevented using antioxidants and packaging. "Hot packaging" is an approach to reduce oxygen contact with meat by packaging meat immediately after cooking, while it is still hot. Since oxidative deterioration in meat is closely related to the incorporation of oxygen during and after processing procedures, reducing the opportunity for the meat products to come into contact with oxygen after cooking and subsequent storage can prevent oxidative change in cooked meat during storage (Table 7).

Table 7. Effect of packaging methods on the TBARS values of cooked poultry breast meat patties during storage

Packaging method	Storage (days)			
	0	1	3	7
Hot-vacuum packaging	0.70	0.89	0.89	1.02
Cold-vacuum packaging	0.75	1.24	1.52	2.01
Aerobic packaging	0.79	1.72	3.66	7.81

(Ahn et al., 1993)

■ **Tenderness** : Toughness in chicken meat is not as serious a problem as in other meats such as beef. However, improper postslaughter handling can cause the chicken meat tough. Unlike in red meat, cold shortening is not a problem with poultry. However, heat shortening can cause chicken meat tough. Therefore, poultry should be chilled in ice water immediately after evisceration. Usually 8 to 24 hours of aging time is recommended to ensure chicken meat tender. Application of on-line electrical stimulation can reduce the aging time by about 60 %.

■ **PSE** : PSE conditions occur in pork most frequently, but this defect is being seen with increasing frequency in broilers and turkeys. PSE conditions occur due to accelerated postmortem glycolysis, which accelerate the decline in muscle pH while the carcass temperature is high. The low pH and high temperature combination causes the denaturation of muscle proteins, which makes the muscle pale in color, soft in structure, and low in water holding capacity. PSE animal has low tolerance to stress. Various factors such as genetic, and stress from environment and preslaughter handling can cause PSE conditions. It is believed that stress susceptible animals are unable to regulate the flow of calcium, a key regulator of muscle contraction and relaxation. Certain mutation in a protein that controls the calcium flow from storage compartment to the fluid surrounding the myofibrillar proteins (Ryanodine receptor) can make the channel leak. The Ca imbalance in muscle cells drastically accelerates energy metabolism and muscle activity, which increases the body temperature. PSE meat has unattractive color, has poor binding ability when used in formed products, and has very high cook loss (Table 8).

Table 8. Characteristics of PSE & normal broiler breast meat

Characteristics	PSE	Normal
pH at 2 hr postmortem	5.75	6.01
Lightness at 2 hr postmortem	63.90	55.10
Water holding capacity as expressible moisture	31.95	27.14
Drip loss during 24hr storage at 4°C(%)	4.87	3.80
Cook loss (%)	31.95	26.99

(Sams, 1999)

■ **Food safety** : Bacterial food-borne illnesses account for an estimated 76 million cases, 325,000 hospitalizations, 5,000 deaths, and \$6.7 billion in human medical and productivity losses annually each year in the U.S. About 26 % of foodborne outbreaks are linked to contaminated poultry and *Campylobacter*, *Salmonella* and *L. monocytogenes* are the major pathogens in poultry. Interventions at various steps and methods have been developed to reduce these pathogens in poultry. The epidemiology and transmission of *Campylobacter* and *Salmonella* in turkeys and broilers indicated that they spread easily during grow-out period via litter, feeders, drinkers, and air. Thus, intervention efforts for these microorganisms have been focused on identifying farm management practices, which may lower the prevalence of foodborne pathogens in birds. These include strict biosecurity efforts, including rodent and insect control, maintenance of drinkers, and assignment of boots and clothing to individual bird-houses. Clearly, reducing the on-farm prevalence of potential human foodborne pathogens will contribute to the overall decline in illness linked to poultry consumption. Dietary supplements such as vitamin E, selenium and conjugated linoleic acid are also being tested to determine their effect on stimulating the immune responses of live turkeys and enhancing gut clearance

of these pathogens. If effective, these dietary supplements will reduce the contamination of carcasses at slaughter and result in a decrease in human bacterial foodborne illness. At slaughtering plant, various microcidal agents such as sodium triphosphate, acidified chlorite, electrolyte water etc. are used in chill water or washing step to kill pathogens. *L. monocytogenes* enters the abattoir in low numbers with live birds and survives in the processing plant environment to subsequently contaminate processed foods. Unlike other pathogens, *L. monocytogenes* can grow under refrigerated conditions and resistant to salt. Although *L. monocytogenes* can easily be killed by cooking, they can grow during refrigerated storage if the cooked product is recontaminated with *L. monocytogenes* during repackaging and handling. Therefore, *L. monocytogenes* can be a serious threat to cooked meat products. To ensure safety of cooked poultry, addition of antimicrobial ingredients, hot water dipping, irradiation, and combination of those are under consideration. Irradiation is among the best-known methods for control of potentially pathogenic microorganisms in raw meat (Table 9), but its application is limited because of quality and health concerns about irradiated meat. Irradiation produces a characteristic aroma as well as alters meat flavor and color that significantly impact upon consumer acceptance. The generation of

Table 9. Susceptibility of foodborne pathogens in fresh meat to irradiation

Pathogen	D value (kGy)
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.40 - 0.60
<i>Salmonella</i>	0.40 - 0.50
<i>E. coli</i> O157H7	0.25 - 0.35
<i>Campylobacter</i>	0.14 - 0.32

(Radomyski et al. 1994)

off-odor and pink color defect is a critical issue for the use of irradiation in meat because consumers associate the presence of off-odor and off-flavor with undesirable chemical reactions, and a pink color in raw and cooked poultry breast meat with contaminating or undercooking. As a result of these consumer perceptions, poultry industry has difficulties in using irradiation to achieve its food safety benefits. Recent research indicated that volatiles responsible for off-odor were S-containing compounds such as methanethiol, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide, and dimethyl trisulfide generated by the radiolytic degradation of sulfur amino acids (Table 10). The pigment responsible for pinking in irradiated light meats was carbon monoxide-myoglobin(CO-Mb) and the changes of oxidation-reduction potential(ORP) in meat by irradiation played an important role in the formation of CO-Mb. Lipid oxidation in irradiated poultry can be a problem only under aerobic conditions and the volatiles

Table 10. Production of volatile compounds from sulfur-containing amino acid oligomers by irradiation

Volatiles	total ion counts x 10 ⁴	
	0 kGy	5 kGy
Glutathione (-Glu-Cys-Gly)		
Carbon disulfide	0 ^d	589 ^a
Dimethyl disulfide	0 ^b	214 ^a
Met-Gly-Met-Met		
Mercaptomethane	0 ^d	17,325 ^a
Dimethyl sulfide	0 ^b	201,541 ^a
(Methylthio) ethane	0 ^b	2,053 ^a
1-Heptanethiol	0 ^b	94 ^a
3-(Methylthio)-1-propene	0 ^b	122 ^a
Ethanthioic acid, S-methyl ester	0 ^b	170 ^a
2-Methyl-2-(methylthio) propane	92 ^b	149 ^a
Dimethyl disulfide	1,430 ^b	351,320 ^a
Methyl ethyl disulfide	0 ^b	1,935 ^a

^{a,b} Means with no common superscript differ significantly (p<0.05), n=4. (Ahn, 2002)

produced by lipid oxidation had no correlation with irradiation off-odor in meat (Table 11). Studies are under way to develop methods that can minimize or prevent irradiation-dependent quality changes in

Table 11. Effect of raw-meat packaging, irradiation, and cooked-meat packaging on lipid oxidation of cooked pork patties¹

	A-C-A	A-C-V	A-IR-A	A-IR-V	V-IR-A	V-IR-V
	TBARS (mg MDA/kg meat)					
0 day storage after cooking²						
0 day after IR ³	0.26 ^d	0.19 ^d	0.34 ^d	0.26 ^d	0.32 ^d	0.20 ^d
3 days after IR	0.61 ^a	0.61 ^a	0.67 ^a	0.67 ^a	0.59 ^a	0.59 ^a
3 days storage after cooking						
0 day after IR	2.46 ^{dx}	0.32 ^{dz}	2.83 ^{dx}	0.34 ^{dz}	1.68 ^{dy}	0.36 ^{dz}
3 days after IR	5.34 ^{ax}	0.71 ^{az}	4.85 ^{ax}	0.66 ^{az}	4.11 ^{ay}	0.79 ^{az}
7 days storage after cooking						
0 day after IR	3.48 ^{dx}	0.44 ^{dz}	3.44 ^{dx}	0.39 ^{dz}	2.44 ^{dy}	0.45 ^{dz}
3 days after IR	5.46 ^{ax}	0.81 ^{ay}	5.88 ^{ax}	0.79 ^{ay}	5.47 ^{ax}	0.75 ^{ay}

¹ Raw-meat patties were irradiated at 0 or 4.5 kGy dose (ave.)

² Samples were analyzed within 1 hr after cooking

³ Storage of raw meat before cooking. 0 d after IR samples were stored 2 hr after irradiation.

^{x,z} Different letters within a row are significantly different (P < 0.05).

^{a,b} Values with different superscript letters within a column of the same storage time after cooking are different(P<0.05), n=12.

* Abbreviation of treatments : A, aerobic packaging ; V, vacuum-packaging ; C, control, nonirradiated ; IR, irradiated at 4.5 kGy. (Ahn et al., 2000)

poultry and other meat products. However, most of irradiation research has been done in raw meat, and future irradiation research should emphasize more on cooked meat. Detection of foreign particles and bone chips in poultry products is also another major food safety issue. X-ray technology is currently employed to detect metals, contaminants and bone particles in poultry products.

■ **Packaging** : The major functions of packaging are extending shelf life and limiting contamination, but processors are beginning to add another message value added to the packaging. Over the past several years, various new packaging methods have been introduced to poultry products. Although the basic concepts of packaging, which include overwrapping, vacuum packaging, gas flush, and modified packaging are not changed, various modifications in containers, packaging materials, and sizes and shapes have been tested. Incorporation of antimicrobial agents or antioxidants into packaging materials are also being used. Use of proper packaging material and method is critical for not only for eye appeal but also for maintaining high eating quality of meat products.

3. Perspectives of Poultry Meat Processing

Research and development to ensure the safety and quality of raw and cooked chicken meat using new processing technologies such as additives, irradiation and high pressure treatments will be the major issues as they are now. Especially, application of irradiation in raw and cooked chicken meat products will be increased dramatically within next 5 years. One important emphasis of ensuring food safety using intervention technologies is maintaining good

eating quality of chicken products because no matter how effective the intervention technology is, the method cannot be used if consumers do not accept the product. The market share of ready-to-eat cooked meat products and individually quick frozen products will be increased. More portion controlled finished products using various packaging approaches will be introduced. Also, dark meat, organic and ethnic products market will be expanded rapidly.

4. References

- Ahn D.U., Olson D.G., Jo C., Love J., and Jin S.K. 1999. Volatiles production and lipid oxidation of irradiated cooked sausage with different packaging during storage. *J Food Sci* 64(2):226-229.
- Ahn D.U. 2002. Production of volatiles from amino acid homopolymers by irradiation. *J. Food Sci.* 67 (7):2565-2570.
- Ahn D.U. and Lee E.J. 2002. Production of off-odor volatiles from liposome-containing amino acid homopolymers by irradiation. *J. Food Sci.* 67(7): 2659-2665.
- Ahn D.U., Wolfe F.H., and Sim J.S. 1993. Prevention of lipid oxidation in pre-cooked turkey meat patties with hot packaging and antioxidant combinations. *J. Food Sci.* 58:283-287.
- Ahn D.U., Wolfe F.H., Sim J.S., and Kim D. H. 1992. Packaging cooked turkey meat patties while hot reduces lipid oxidation. *J. Food Sci.* 57:1075-1077, 1115.
- Bower P. 1997. Stunning results raise interests. *Poultry Marketing and Technol.* Apr/May. p20-22.
- Diehl J.F. 1995. *Safety of Irradiated Foods*. 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.
- Dunn A. Kilpatrick, D.J., and Gault N.F.S. 1995. Contribution of rigor shortening and cold shortening to variability in texture of

- pectoralis major muscle from commercially processed broilers. *Br. Poultry Sci.* 36: 401-413.
- FAO, 2003. FAOSTAT Agriculture data.
- Furuta M., Dohmaru T., Katayama T., Toratoni H., and Takeda A. 1992. Detection of irradiated frozen meat and poultry using CO gas as a probe. *J. Agric. Food Chem.* 40: 1099-1100.
- Jo C., Lee J.I., and Ahn D.U. 1999. Lipid oxidation, color changes, and volatiles production in irradiated pork sausage with different fat content and packaging during storage. *Meat Sci.* 51:355-361.
- Lee E. J. and Ahn D. U. 2003. Production of off-odor volatiles from fatty acids and oils by irradiation. *J. Food Sci.* 68:(1):70-75.
- Luchsinger S.E., Kropf D.H., Garcia-Zepeda C.M., Hunt M.C., Marsden J.L., Rubio Canas E.J., Kastner C.L., Kuecker W.G. and Mata T. 1996. Color and oxidative rancidity of gamma and electron beam-irradiated boneless pork chops. *J. Food Sci.* 61:1000-1004, 1093.
- Maurer A.J. 1996. Progress in non-fat poultry products. *Broiler Industry.* May, p16-24.
- Morrissey P.A., Brandon S., Buckley D.J., Sheehy P.J.A., Frigg J. '97. Tissue content of α -tocopherol and oxidative stability of broilers receiving dietary α -tocopheryl acetate supplementation for various periods pre-slaughter. *Brit.Poultry Sci.*38:84-88.
- Nam K.C. and Ahn D.U. 2002. Carbon monoxide-heme pigment complexes are responsible for the pink color in irradiated raw turkey breast meat. *Meat Sci.* 60 (1): 25-33.
- Nam K.C. and Ahn D.U. 2002. Mechanisms of pink color formation in irradiated precooked turkey breast. *J. Food Sci.* 67(2):600-607.
- Nunes K. 1995. The prime experiment. *Meat and Poultry.* March, p43-34.
- O'Connell, M.J. and Garner A. 1983. Radiation-induced generation and properties of lipid hydroperoxide in liposomes. *Int. J. Radiat. Biol.* 44:615.
- Patterson R.L. and Stevenson M.H. 1995. Irradiation-induced off-odor in chicken and its possible control. *Br. Poultry Sci.* 36: 425-441.
- Radomyski T., Murano E.A., Olson D.G. 1994. Elimination of pathogens of significance in food by low-dose irradiation: a review. *J. Food Protec.* 57:73-86.
- Sams A. 1999. Looking for solutions lape meat, poor yields. *Broiler Industry.* Nov. 1999. p 26-30.
- Sams A. 2001. *Poultry Meat Processing.* CRC Press, Boca Raton, FL.
- Tarte R. 1996. Sensitivity of *Listeria* to irradiation in raw ground meat, as affected by type of radiation, products temperature, packaging atmosphere and recovery medium. Ph D. Dissertation, Iowa State Univ., Ames, IA.
- Thakur B.R. and Singh R.K. 1994. Food irradiation-Chemistry and applications. *Food Rev. Int.* 10 (4):437-473.
- Winne A.D. & Dirinck P. 1996. Studies on vitamin E and meat quality. 2. Effect of feeding high vitamin E levels on chicken meat quality. *J. Sci. Food Agric.* 44:1691-1696

가금육의 이용과 가공기술

Dong Uk Ahn

Department of Animal Science, Iowa State University, Ames, IA 50011-3150

Ph) 515-294-6595, Fax) 515-294-9143

요 약 문

과거 20~30년 동안에 계육이나 칠면조육과 같은 가금육의 소비가 급성장하였는데 이렇게 되기까지는 매우 저렴한 가금육 가격, 많은 제품의 연구와 개발, 소비자들의 기호에 맞는 가금육의 특성, 소비자의 요구에 부응, 가금산업의 계열화와 통합, 가공에 관련된 장비들과 기술, 그리고 공격적인 마케팅 등과 같은 여러 요인들이 작용하였다.

그간에 연구 개발되어 활용된 가공기술로는 가금육의 성형/재구성, 텀블링, 염지, 훈연, 마사지, 염지액 주입, 향신료첨가, 유화, 빵가루도포, 액상도포, 종결, 절단 그리고 급속냉동과 같은 것들이 있다. 이처럼 발달된 가공기술들은 정육과 부분육 모든 부위에 사용되어졌다. 기계적으로 발골한 발골육 및 가슴과 다리 살코기를 이용한 다양한 제품의 개발로 인하여 가금육의 활용도가 더욱 증가하였다.

닭고기 가슴육은 건강식품의 상징이 되었고 고급식당과 요식업계에서 빠지지 않는 중요한 메뉴가 되었다. 그러나 다리, 날개, 복채와 같은 적육부분을 이용한 제품의 개발과 이용은 상대적으로 높은 지방함량 때문에 제한받아 왔다. 현재 대부분의 닭고기 제품은 구이용이나 인스턴트 제품 형태로 가공되어져서 판매되고 있다.

닭고기의 품질에서 중요한 문제는 비염지조리 가슴살에서 핑크색을 띠는 문제, 지방 산화, 이취, 가슴육에서의 PSE발생 그리고 안전성과 같은 것들이 있다. 새로운 가공기술을 이용하여 신선육과 조리된 가금육의 품질과 안전성을 보증하기 위해서는 지금까지 행하여져 왔듯이 향후 끊임없는 연구개발이 중요하다고 할 수 있다. 특히, 신선육과 익힌 가금육의 방사선 조사의 응용이 향후 5년 이내에 점차 증가하게

될 것으로 생각된다.

또한, 시장 점유율에서 인스턴트 식품용 육제품이 차지하는 비율이 점차 증가할 것이다. 또한 부분육을 이용한 완전제품, 적색육제품, 유기농이나 별미식 제품과 같은 형태의 다양한 포장육 제품이 도입 될 것으로 생각되어진다.

1. 육제품 소비 동향과 계육가공

(1) 육계산업의 현황

유엔식량농업기구(FAO)의 통계에 의하면 지난 40년 동안 쇠고기와 돼지고기의 생산은 각각 2배와 4배정도 증가하는데 반하여 세계 닭고기 생산은 약 8배 가량 증가하였다(Table 1). 미국에서 닭고기나 칠면조와 같은 가금육의 소비가 과거 20~30년 사이에 급격히 증가하였고 1990년대 초반 이후로 미국인들의 육류 섭취비율 중 닭고기 소비의 비중이 가장 높은 1위를 차지하게 되었다. 1970년과 2000년 사이에 1인당 소비된 쇠고기는 약 10 kg 이상 감소하였고 돼지고기의 경우 변화가 없었던 반면에 1인당

Table 1. World meat production (1,000 M/T)

Meat	1962	1972	1982	1992	2002
Beef & Veal	29,203	38,542	45,899	53,014	57,711
Pork	26,050	40,620	53,195	72,921	93,624
Chicken	7,880	14,654	25,194	38,915	61,892
Turkey	813	1,410	2,183	4,035	5,192
Poultry	9,194	16,824	28,451	45,257	72,238
Meat total	74,466	107,537	140,347	187,449	242,630

(FAO, 2003)

소비된 닭고기의 경우 2배 이상 증가한 것을 알 수 있다(Table 2). 2000년에 소비된 가금류 약 46 kg 중에서 약 38 kg은 닭고기였고 육류 중 가장 높은 비율을 차지하였다. 소비된 닭고기 약 38 kg 중에서 약 20 kg은 백색육이었고 약 18 kg 정도는 적색육이었다(Table 2).

1970년대의 경우, 닭고기의 60 % 정도는 생닭 형태로 판매, 유통되었고 30 % 정도는 부분육으로, 겨우 10 %만이 가공육으로 사용되었으나 최근 30년 사이에 가공육을 이용하는 방법에 있어 급격한 변화가 있어왔다는 것을 알 수 있다. 2000년의 경우에는 닭고기의 오직 10 %만이 생닭 형태로 판매, 유통되었고 50 % 정도는 부분육으로 40 % 가량이 가공육으로 사용되었다는 것을 알 수 있다. 닭고기 유통분야에 있어서도 마찬가지로 많은 변화가, 있었는데 1970년대에는 일반식료품 소매점 형태의 유통이 주를 이루었으나 2000년대에는 대형 식품유통업체 형태가 주를 이루게 되었다. 시장에서의 수출의 중요성 또한 최근 30년 사이에 끊임없이 성장했고, 2000년에 미국에서 생산된 닭고기의 약 14~15 %가 해외로 수출되었다(Table 3).

(2) 가금육 산업의 성공요인

가금산업이 성공할 수 있었던 몇 가지 요인들이 있다.

첫째, 가금육만이 가진 특징에서 찾아 볼 수 있다. 즉 다른 가축과 달리 지방층이 피부에만 달라붙어 있

고 살코기에는 지방함량이 적어서 지방섭취를 줄이고자 하는 이들에게 쉽게 식단을 작성 할 수 있다. 가금육과는 대조적으로 쇠고기나 돼지고기와 같은 포유동물의 육류에는 살코기부분에 지방함량이 높은 것이 특징이다.

둘째, 업계의 시장상황이 매우 민감하여 변화하는 소비자의 욕구를 충족시키기 위하여 새로운 제품을 개발하게 되었다. 예를 들면 너겟형태, 빵가루도포, 액상도포 제품, 튀긴 제품, 가슴과 다리 부분육 형태 등이 엄청난 성공사례를 가져 왔다고 할 수 있다. 날개나 다리를 이용한 새로운 제품의 도입과 닭고기 지육에서 등과 목부분을 기계적으로 발골한 제품이라든지 첨단가공 기술을 도입하여 생산된 제품들의 생산을 통해 가금육의 높은 부가가치가 창출되었다. 이는 가금육 제품들의 품질과 생산을 향상시키기 위해 그리고 산적인 많은 문제들을 해결하기 위해 유전, 영양, 가공, 관리 등 각가지 기초 및 응용연구들을 훌륭히 수행한 가금학자들에게 공을 돌려야만 한다. 효율화, 자동화, 최신시설을 갖춘 도계장과 가공공장의 도입 또한 가금산업 발달에 큰 기여를 하였다.

셋째, 가금육은 다양한 요리나 가공에 적합한 특성을 지니고 있어서 제품개발에 용이한 이점 때문에 많은 연구개발이 이루어졌다. 가금육은 적색육보다 색, 조직감, 조성에 있어 더 균질감을 유지하고 풍미감이 더 뛰어나며 다양한 풍미감을 지닌 제품을 생산하기 더 쉽다.

넷째, 미국의 육계산업시장은 생산, 가공, 유통 시

Table 2. Changes in per capita meat consumption in the U.S. (Lb)

Year	Beef	Pork	Poultry
1970	84.6	56.0	45.0
1975	88.2	43.0	45.6
1980	76.6	57.3	57.1
1985	78.9	51.7	64.2
1990	67.4	49.8	79.3
1992	66.5	53.1	86.2
1994	67.0	53.1	89.5
1997	66.9	48.7	90.9
2000	63.4	53.5	99.9

* White meat : 44.3 Lb, dark : 37.7 Lb, turkey : 18 Lb (USDA, 2002).

Table 3. Changes in market forms and distribution in broilers between 1970 and 2000

	Market forms		
	Whole bird (%)	Cut-up (%)	Further processed (%)
1970	60	30	10
2000	10	50	40
	Distribution		
	Grocery stores (%)	Food Service (%)	Export (%)
1970	72	24	4
2000	38	48	14

(USDA, 2002)

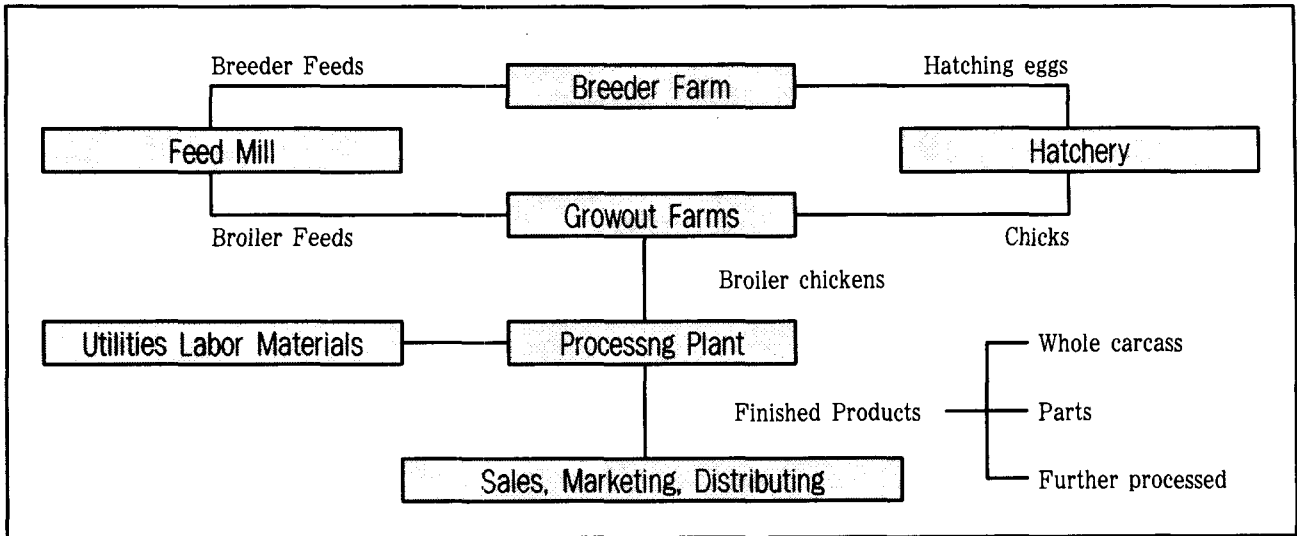


Figure 1. Material flow between the components of a vertically integrated poultry farm (Adopted from Sams, 2001)

시스템이 수직적으로 통합경영 되어지고 있는데 양계생산이 계약 사육자들에 의해 거의 전적으로 수행되어지고 있다. 육계산업은 농업분야에 있어 종종 중요한 농기업화의 본보기가 되고 있다. 수직적인 경영의 통합시스템은 체중의 균일도, 체조성, 외모를 가진 육계의 경제적인 생산을 가능하게 했다. 그와 같은 균일도를 통해 효율성을 지닌 자동화시설을 갖춘 도축장이나 가공공장 시설을 발전시킬 수 있는 것이 가능하다.(Figure 1). 가금산업은 농업분야에서 가장 통합적인 산업이고 계속해서 성장하고 있다. 2001년에 미국에서 육계의 약 90 % 정도가 상위 랭킹에 든 20개 회사에서 생산되어졌다(Table 4).

다섯째, 가금산업은 좀더 공격적인 소비자 교육과 마케팅을 수행해왔다. 적색육 산업이 적색살코기가 지닌 우수성과 소비자의 선호도를 바탕으로 제품개발에 노력을 기울이지 않았던 반면에, 가금산업계와 많

은 연구자들은 연구와 제품개발 뿐만 아니라 1960년대 이후로 소비자의 마음을 사로잡기 위하여 많은 캠페인을 펼쳤고 여러 가지 면에서 노력을 기울였다. 그와 같은 노력을 펼친 지 30년이 지난 후에야 가금을 이용한 제품은 레스토랑과 편의 식품점에서 가장 중요한 소비제품이 되었고, 가금육의 가슴살은 저지방, 건강식의 중요한 상징이 되었다. 쇠고기나 돼지고기 산업이 생산, 제품개발, 유통, 마케팅을 수직적인 통합 시스템으로 구축하고자 할 때 가금산업이 구축해 온 통합시스템이 중요한 모델로 받아들여지고 있다.

2. 가금육 가공과 제품기술

(1) 도계전 다루기와 도살

가금육 생산과 가공은 생육을 구이용, 부분육, 그

Table 4. Industry consolidation-Percentage (%) of total broilers produced by largest poultry companies(RTC meat basis)

Year	Firms 1-3	Firms 4-5	Firms 7-10	Firms 11-20	Others
1983	26.09	11.16	18.22	21.31	23.22
1990	35.47	10.76	16.26	16.93	20.58
1993	34.50	11.10	18.22	21.31	23.22
1995	38.50	12.20	15.20	17.60	16.50
1998	41.26	11.87	14.29	18.29	14.29
2001	40.60	14.60	17.10	16.90	10.80

(Broiler Industry, 1999/2002)

리고 발골육제품과 같은 다양한 형태로 육제품화 하기 위한 일련의 작업을 말한다. 식품으로서의 가금육에 대한 만족감이나 품질은 주로 근육이 고기로 바뀔 때 나타나는 물리적, 화학적, 구조적인 변화에 따라 달라진다. 즉, 가금생산에 있어 사양관리는 근육의 성장, 체조성, 발달에 영향을 미치지만 도계전에 생계를 어떻게 다루느냐에 따라 닭고기의 품질과 근육의 변화에 영향을 미친다. 또한, 유전, 생리, 질병뿐 아니라 사료와 물의 공급중단, 포획, 수송, 계류, 이송, 다리걸기, 방혈과 도살과 같은 다른 요인들도 닭고기 품질을 좌우하는데 중요한 영향을 끼친다. 사료와 물의 공급중단 즉, 절식은 도살중 계육내 배설물의 오염 발생율을 감소시킨다. 도계전 절수, 절식 기간은 소화기관 내용물이 모두 배설될 수 있다면 짧을수록 좋겠지만 여러 환경조건들과 관리여건에 따라 달라질 수 있다. 가공전 가장 적절한 절식시간은 8~12시간 사이이고 그 시기가 더 길어졌을 때는 (13~15시간) 감량이 심해지고 장기관이 썩거나 내장 적출기간 동안 장기관이 찢기는 현상이 더 많이 발생하며, 지육의 오염발생 비율이 증가한다.

도계전 일어날 수 있는 중요한 몇 가지 문제점들이 있는데 운송중에 오는 닭의 폐사율이라든지 포획에서 오는 타박상, 뼈의 골절 혹은 탈골, 상처 등과 같은 신체적인 상해가 발생한다. 육계를 출하하기 위해 포획하여 상차시키는 과정에서 발생하는 노동력, 닭의 스트레스 및 닭에 발생하는 손상을 최소화하기 위해서는 기계식 포획기를 사용하는 것도 도움이 된다. 비록 유럽에서는 닭을 채집하는데 자동화된 포획 공정기를 오래 전부터 사용해왔지만 미국에서는 비싼 가격 때문에 사용하지 못했다. 그러나 유럽연합에서 작업자들로 부터의 압박, 노동시장의 품귀, 그리고 동

물의 복지에 관한 운동 등이 일면서 미국에서도 자동화된 포획기를 사용할 수밖에 없도록 하는 압력에 부딪혔다. 비록 미국에서는 도계전 닭을 기절시키는 것이 법적 강제조항은 아니지만 도계장에서 무통도살, 일의 효율성 및 품질 향상을 위해서 도계전 기절처리를 실시하고 있다.

기절처리(stunning)는 닭을 죽이기 전 무의식 상태로 만드는 것인데 도계과정에서 오는 버둥질을 줄이고 도계의 효율성을 향상시키며 닭을 완전히 방혈시키는 데도 도움이 되며 털뽑기 과정중에 오는 깃털을 제거하는데도 도움을 준다. 닭을 기절시키는 데에는 전기충격법과 탄산가스 마취법 두 가지가 가장 많이 사용된다. 전기충격법의 경우는 미국에서 많이 사용되며 유럽에서는 전기충격법과 탄산가스 마취법 두 가지 모두 사용된다. 미국과 유럽에서 사용되는 전기충격법의 형태는 다른데 미국의 경우는 10~12 초 동안 10~20 mA로 기절을 시키는데 이것은 목절단과 방혈기간 동안 닭을 충분히 무의식상태로 만든다. 대부분의 유럽연합 국가들의 경우는 법적으로 4~6초 동안 90+mA로 기절시키는데 이것은 주로 인도적인 차원에서 닭이 의식을 찾는 것을 방지하게끔 충분히 기절시키기 위해서이다. 그러나 기절처리 정도가 너무 심해지면 뼈가 부러진다는 등 동맥과 모세혈관의 파열로 오는 출혈 등과 같은 품질의 결함이 발생한다. 고단위 전기충격요법이 필요한 경우 전기충격법을 대체할 수 있는 안전요법으로 가스마취법이 개발되었으며 탄산가스, 아르곤, 그리고 질소가스 등이 사용된다(Table 5).

방혈후 즉시 도체에 450volt로 2초 간격 단속전류를 15초간 전기자극을 시키면 숙성시간이 60% 가까이 단축되고 사후강직 과정 중에 오는 화학적인 반응을 빨리 진행시킨다. 높은 전압으로 도체의 강력한 수축을 통해 기계적 연화작용을 유발시키고, 숙성기간이 단축되어 도계에 필요한 인력, 시간 그리고 에너지를 절감시킨다.

닭고기의 연도증진을 위해 내장적출후 즉시 지육을 냉각시키는 것이 중요하다(Table 6). 미국에서는 닭고기 지육의 냉각은 얼음물을 사용하는데 캐나다와 유럽에서는 공냉법이 가장 많이 사용된다. 공냉법은 고기의외표면이 과도하게 건조되지 않고 고기온도를

Table5. Incidence of hemorrhage(%) by different stunning methods

Stun method	Breast fillets	Breast tenders
Gas/CO ₂	7.10	3.40
Electric	45.75	41.60
No stun	11.85	7.25

* Gas/CO₂ : 40 % CO₂ in air and 105 sec exposure, Electric : 45 mA, 60 hz for 7 sec. (Bauer, 1997).

Table 6. Effect of chilling treatments on pH, sarcomere length and shear force of broiler breast muscle

	Water chilling treatments ^a		
	A	B	C
PH _{15min}	6.55	6.59	6.54
PH _{24 h}	5.81	5.79	5.80
Sarcomere length (m)	1.87	1.87	1.79
Shear force (kg/cm ²)	2.42 ^a	3.20 ^b	3.93 ^c

^aA : 10°C for 24h, B : 10°C for 10h followed by 0°C for 13h, C : 10°C for 23h. n=15. (Dunn et. al., 1995)

낮추기 위해 도체주위에 차갑고 습한 공기를 순환시키는 원리인데 수냉법보다 지육온도를 낮추는데 덜 효과적이다. 그러나 공냉법으로 처리된 닭고기는 수냉법에 의해 처리된 닭고기보다 풍미가 더 우수하고 근육조직이 더 치밀하게 되어 있다. 수냉법을 사용한 닭고기의 경우 수분을 더 많이 함유하고 있으며 익혔을 때 조직이 더 수축하려는 경향이 있다. 또한 공냉법 처리한 닭고기의 경우는 냉장기간동안 수냉법 처리한 계육보다 교차오염의 빈도가 더 낮고 미생물수도 더 적다.

(2) 제품개발과 가공 기술

과거 수십여 년 사이에 가금산업이 성장 발전하는데 기여한 핵심적인 성공 요인은 가금육의 다양한 여러 부위를 이용해서 제품을 개발하는데 있다. 대학이나 정부연구기관 그리고 사기업의 R&D부서 연구원들은 서로간의 협력을 통해 제품개발이나 가공기술에 많은 노력을 기울였다.

가금육가공에서 사용되고 개발된 중요한 가공기술들은 성형/재구성, 텀블링, 염지, 훈연, 마사지, 염지액 주입, 향신료첨가, 유화, 빵가루도포, 액상도포, 종절, 절단 그리고 급속냉동과 같은 것들이 포함되는데 이와 같은 가공기술들은 다양한 부위에 적용이 된다. 그리고 가금육에서 염지액주입, 베이스조리, 훈연, 굽는 기술(rotisserie) 등이 개발되었고 다양한 염지액주입과 향신료첨가를 혼합한 기술은 가금육 전체 및 부분육에 사용 될 수 있다.

또한 가금육으로부터 오븐에 구운 가슴살, 닭고기 가슴살 롤, 가슴안심살, 가슴살 텐더, 향신료를 넣은

가슴살, 종절과 절단, 성형가슴살 등과 같은 제품이 개발되었다. 가슴살을 소재로 한 각종 제품개발과 저지방, 고단백, 부드러운 육질 등의 특징으로 인하여 닭고기는 건강식품의 상징으로 알려져 왔으며 닭고기를 고급식당과 요식업계에서 가장 흔히 알려진 메뉴로 인식하게 되었다.

가슴육과 달리 다리살, 봉, 날개를 포함한 적색육을 소재로 한 제품의 개발과 이용은 상대적으로 높은 지방함량 때문에 제한을 받아왔다. 또한 적색육의 가격은 가슴육의 약 1/5 가량으로 값이 싸고 대부분은 수출용이었다.

그러나 최근 몇 년 사이에 다양한 풍미와 맛을 함유한 빵가루를 도포하여 튀긴 다리살과 날개제품이 개발되며 적색육을 이용하는데 새로운 장을 마련하게 되었다. 등과 목뼈를 기계적으로 발골한 고기를 유화시켜 제품으로 이용하기도 하였고 가슴이나 적색육부분을 이용하여 너겟, 패티, 그리고 핑거렛 형태의 다양한 제품이 개발되었다.

새롭게 출시되는 제품의 개발은 조리제품에만 국한되지 않는다. 다양한 형태의 신선육 제품 또한 다양한 소비자들의 욕구를 충족시키기 위하여 개발되었다. 지난 10여년사이에 개발된 이와 같은 모든 가공기술들로 말미암아 닭고기의 이용성이 매우 다양해졌고 육류 중에서 닭고기 소비를 가장 높이 올리는데 기여하였다. 또한 제품의 일부는 구이용 형태로 소비되거나 또 일부는 인스턴트제품으로 소비되고 있다.

(3) 닭고기에서의 중요한 품질문제

■ **핑크색 문제** : 비염지 조리육에서 핑크색으로의 변색이 일어나면 소비자들은 이를 오염되거나 조리가 덜된 제품으로 인식하여 품질에 결함이 있는 것으로 간주하므로 비염지 가슴육에서 핑크색문제는 그만큼 중요시 된다. 핑크색으로의 색소침착은 피리딘, 니코틴아미드 그리고 단백질과 같은 결합유기물을 가진 혈색소로 특징지어질 수 있다. 조리시 가슴육의 산화-환원 지수, pH, 그리고 총 혈색소함량과 사이토크롬 C 등이 핑크색으로 발전하는데 가장 중요한 요인 중 하나이다. 그러나 변성이 일어난 마이오글로빈, 아질산

염, 질산염과 관련된 오염도, 심한 스트레스 혹은, 산화질소나 일산화탄소와 같은 연소가스의 흡수와 관련된 많은 중요한 여러 다른 요인들이 핑크색으로 유발되는 것과 관련되어 있다. 일반적으로 칠면조 가슴육에서 아질산염이나 질산염의 일반적인 농도가 핑크색을 유발할 만큼 충분히 높지는 않을지라도, 핑크색이 유발될 가능성은 사료나 음수공급, 높은 질산염 수준이나 많은 양의 미생물 수준 그리고 오랜 저장 상태와 같은 특별한 조건 하에서 아질산염이나 질산염에 의해서 높아질 수 있다. 가스오븐에 조리할 때 0.4 ppm 정도의 소량의 이산화질소 가스가 칠면조 육질의 핑크색 침착이 일어나지만 고기표면에서 일산화질소 가스의 용해도가 이산화질소의 용해도보다 더 높다. 방사선조사를 통해 가슴육의 핑크색이 더 증가하고 가슴육에서의 핑크색 침착은 지방함량이 없는 탈지우유나 구연산과 같은 원료를 첨가함으로써 줄일 수 있다.

■ **지방산패와 이취** : 전자오븐에 구운 칠면조 가슴육, 닭고기 너겟과 닭고기 안심과 같은 조리전 비염지가슴육은 산패취(warmed-over flavor)라고 불리는 품질의 결함에 매우 민감하다. 고기의 산화적인 변화를 결정하는 데에는 산화적인 변화가 주로 근육의 세포막 구성성분으로부터 전수됐기 때문에 지방산조성, 특히 근육세포막내 인지질의 지방산 조성에 따라 고기가 산패되지 않고 안정을 유지하는 정도가 좌우된다고 할 수 있다. 철분이온은 살아있는 조직과 고기 내에서 중요한 지방산화제이다. 그러나 살아있는 조직들은 지방의 과산화를 위해 유리된 철분이온을 이용할 수 없다. 지방의 과산화와 관련된 대부분의 철분은 느슨하게 붙어있고 특별한 조건에서만 분리된다. 삶은 고기는 생육보다 지방산화에 더욱 더 민감하다. 삶은 고기에서 지방산화가 잘 일어나는 데에는 적어도 다음 3가지에 기인한다. 첫째, 열에 의해 변성된 단백질을 함유하는 철분은 결합능력을 잃고 철분이온을 방출한다. 둘째, 산소를 섭취하는 조직내 호기성 대사와 관련된 효소와 방어효소 시스템은 열에 의해 비활성을 띤

다. 셋째, 세포막의 통합이 파괴되고 산소가 다 가불포화지방산과 더 쉽게 결합할 수 있게끔 해준다. 또한, 열변성은 지방산화를 가속화시키고 지방산화를 위해 중요한 것으로 알려진 heme색소의 작용범위를 산소에 노출시킨다. 이와 같은 문제는 소금과 같은 첨가제를 생육에 첨가시켰을 때 더 악화 될 수 있다. 부가적으로 생육에 있어 지방산화의 정도가 지방산화의 유리기 연쇄반응 때문에 조리육에서 산화된 불쾌취의 발달을 가속화시킨다. 산패와 구린내 그리고 풍미지수와 연관이 있어 TBARS(지방산패도)가나 헥사날(hexanal), 그리고 리놀렌산과 같은 산화력이 있는 것들이 지방 산화의 정도를 나타내는 표시제로 사용된다. 조리육에 있어 지방산화는 항산화제나 포장용을 이용하여 예방할 수 있다. "열포장"은 조리 후 여전히 뜨거운 상태에서 그 즉시 고기를 포장함으로써 산소와의 접촉을 최소한으로 줄일 수 있는 접근방법이다. 고기에서의 산패는 가공과정 중 이나 가공과정 후에 산소와 매우 밀접하게 관련되어 있기 때문에 육제품을 조리한 후나 저장 후에 산소와 접촉할 수 있는 기회를 줄임으로써 조리육에서 저장시 산화적인 변화를 막을 수 있다(Table 7).

■ **연도** : 닭고기의 질감은 소고기와 같은 다른 종류의 고기에 비해서 심각한 문제는 아니다. 그러나, 도계전 취급의 부주의는 닭고기를 질기게 만드는 요인이 될 수 있다. 적색육과 달리 저온단축은 가슴육에서는 심각한 문제가 아니다. 그러나, 고온단축은 닭고기를 질기게 만들 수 있다. 그렇기 때문에 내장적출 후 즉시 얼음물로 냉각

Table7. Effect of packaging methods on the TBARS values of cooked poultry breast meat patties during storage

Packaging method	Storage (days)			
	0	1	3	7
Hot-vacuum packaging	0.70	0.89	0.89	1.02
Cold-vacuum packaging	0.75	1.24	1.52	2.01
Aerobic packaging	0.79	1.72	3.66	7.81

(Ahn et. al., 1993)

시켜야 한다. 8~24시간의 숙성이 닭고기를 연하게 하기 위해 권장되었다. 전기자극을 통해 약 60 % 정도의 숙성시간을 단축시킬 수 있다.

■ **PSE** : PSE는 대부분 돼지고기에서 일어나지만, 닭과 칠면조에서도 빈번하게 일어난다. PSE는 급속한 사후해당작용 때문에 발생하고 지육의 온도는 높은데도 불구하고 근육내 pH는 급격히 저하하게 된다. 이처럼 낮은 pH와 높은 온도조건 하에서 근육내 단백질의 변성이 일어나는데 그 결과 육색이 창백하고 조직이 연화되며 보습성이 저하된다. PSE 가축은 스트레스에 저항력이 낮다. 유전적인 요인 이외에 환경에서 오는 스트레스 그리고 도살전 취급과 같은 다양한 요인들에 의해 PSE가 발생한다. 스트레스에 민감한 동물들은 근육의 수축과 이완에 핵심기능을 하는 체내 Ca의 흐름을 조절할 수 없는 것으로 잘 알려져 있다. PSE 가축에 있어서는 특정단백질에 돌연변이가 일어나 근육내 칼슘이 저장상태에서 Ryanodine 수용체인 근원섬유로 흐름에 이상이 생겨 PSE 현상이 일어난다. 근육세포내에 있는 Ca의 불균형은 에너지 대사와 근육의 활성을 가속화시키고 체온을 증가시킨다. PSE육은 좋지 않은 색이 발색되고 육제품 가공시 결합능력이 낮아지고 조리시 매우 높은 가열감량을 초래한다(Table 8).

■ **식품의 안전성** : 병원성 식중독 세균의 식품과 관련된 질병은 어림잡아 7,600백만 건이나 발생하고 325,000명이 병원에 입원중이고 5,000명 정도 사망하였으며 미국에서 한해 의료적인 손실

비용과 생산에 따르는 손해비용이 67억 \$에 이르고 있다고 한다. 식품과 관련된 발병원인의 약 26 %는 오염된 가금육과 관련되어 있고 캄필로박터, 살모넬라와 모노사이토크균이 가금류에서는 주요한 병원균으로 알려져 있는데 가금육에서 이와 같은 병원균을 감소시키기 위해 다양한 조치와 방법들이 강구되어 왔다. 칠면조와 닭고기에서 캄필로박터, 살모넬라의 발생 및 전염은 계분, 사료, 음수 및 공기를 통해 육성기 동안에 쉽게 전파 될 수 있다. 그래서, 이러한 세균성미생물체들에 대한 예방을 위한 노력의 일환으로 농장관리를 수행하는데 좀더 많은 노력을 기울여 왔고, 가금에서 식품과 관련된 전염병의 발병율을 낮출 수 있을 것이다. 이와 같은 농장관리의 수행은 엄격한 방역이나 설치류나 해충방제 관리, 각각의 계사내 지정된 장화나 유니폼, 그리고 음수의 공급유지와 같은 것들이 포함된다. 농장에서 식이성 병원균을 방제하게 됨에 따라 닭고기와 관련된 질병발생이 감소하게 되었다. 비타민 E나 셀레늄 그리고 CLA와 같은 사료첨가제를 통해 생칠면조내 면역반응을 증진시키는 효과와 소장내 이런 전염병을 말끔히 세척하는데 효과가 있는지 현재 시험중에 있다. 만약 이것이 효과가 있다면, 이와 같은 사료적 첨가를 통해 도계에서 오는 지육의 오염을 감소시키고 식품과 관련되어 있는 세균성질병을 감소시키는 결과를 나타낼 수 있을 것이다. 도계장에서 인산나트륨, 아염소산염 및 전해질 용액 등과 같은 다양한 미생물제제가 냉수에서 사용될 수 있고 전염병을 죽일 수 있는 세척제로도 사용될 수 있다. 모노사이토크균은 생계에 약간만 감염되어 도계장에 유입되어도 도계장에서 잘 살아남아 있다가 가공된 식품을 오염시킨다. 다른 병원균과 달리 이 균은 냉장상태에서도 생존할 수 있고 염에 저항성이 있다. 비록, 그것이 쉽게 조리중에 파괴된다 할지라도 조리된 제품이 재포장이나 취급처리 시 다시 오염이 되면 냉장저장 기간 중 다시 증식하게 된다. 따라서 모노사이토크균은 조리육 제품에 매우 위협적인 존재이므로 안전한 육제품을 생산하기 위해서는 항미생물 제제의 첨가, 뜨

Table8. Characteristics of PSE & normal broiler breast meat

Characteristics	PSE	Normal
pH at 2 hr postmortem	5.75	6.01
Lightness at 2 hr postmortem	63.90	55.10
Water holding capacity as expressible moisture	31.95	27.14
Drip loss during 24hr storage at 4°C (%)	4.87	3.80
Cook loss (%)	31.95	26.99

(Sams, 1999)

Table 9. Susceptibility of foodborne pathogens in fresh meat to irradiation

Pathogen	D value (kGy)
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.40 - 0.60
<i>Salmonella</i>	0.40 - 0.50
<i>E. coli</i> O157H7	0.25 - 0.35
<i>Campylobacter</i>	0.14 - 0.32

(Radomyski et al. 1994)

거운 물에 담그기, 방사선 조사 등과 같은 조치를 취할 필요가 있다. 방사선 조사는 신선육에서 병원성 미생물을 억제하는데 가장 잘 알려진 방법이지만(Table 9), 방사선 조사를 한 닭고기에 대한 품질이나 건강에 대한 우려 때문에 제한적으로 사용되어 왔던 것은 사실이다. 육류의 방사선조사는 육의 풍미와 색조에 변화를 가져오게 되므로 소비자들의 선호도에 영향을 미치게 된다. 고기에서 방사선조사를 행하였을 때 가장 문제가 되는 것은 불쾌한 냄새와 핑크색이 유발된다는 것이다. 왜냐하면 소비자들이 닭고기를 구입할 때 문제가 되는 것은 오염되거나 조리전에 신선육이나 조리된 닭 가슴육에서 핑크색이 유발된다거나 화학적인 반응을 일으켜 불쾌취가 발생하는 것들을 중요하게 여기기 때문이다. 이런 소비자들의 인식 때문에 가금산업은 식품의 안전성에 좋은 영향을 끼치는 방사선 조사를 사용하는데 많은 어려움에 봉착해 있다. 최근 연구결과, 이취에 잘 반응하는 휘발성 물질은 황아미노산의 방사선 분해를 통해 발생하는 methanethiol, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide와 같은 황화합물들이 존재하기 때문이라고 보고하고 있다(Table 10). 방사선 조사를 받은 백색육에서 핑크색으로 색소의 침착이 이루어지는 것은 미오글로빈과 일산화탄소의 결합(CO-Mb) 때문인데, 방사선조사를 받은 고기에서 ORP(산화환원가)가 변하는 것은 CO-Mb 형성에 중요한 역할을 하기 때문이다. 방사선조사 닭고기에서 지

Table 10. Production of volatile compounds from sulfur-containing amino acid oligomers by irradiation

Volatiles	total ion counts x 10 ⁴	
	0 kGy	5 kGy
Glutathione (-Glu-Cys-Gly)		
Carbon disulfide	0 ^b	589 ^a
Dimethyl disulfide	0 ^b	214 ^a
Met-Gly-Met-Met		
Mercaptomethane	0 ^b	17,325 ^a
Dimethyl sulfide	0 ^b	201,541 ^a
(Methylthio) ethane	0 ^b	2,053 ^a
1-Heptanethiol	0 ^b	94 ^a
3-(Methylthio)-1-propene	0 ^b	122 ^a
Ethanthioic acid, S-methyl ester	0 ^b	170 ^a
2-Methyl-2-(methylthio) propane	92 ^b	149 ^a
Dimethyl disulfide	1,430 ^b	351,320 ^a
Methyl ethyl disulfide	0 ^b	1,935 ^a

^{a,b} Means with no common superscript differ significantly (p<0.05), n=4. (Ahn, 2002)

방산화는 호기성 상태에서만 오직 문제가 될 수 있고 지방산화에 의해 생성된 휘발성물질은 방사선 조사를 받은 고기에서 불쾌취와는 전혀 상관관계가 없다(Table 11). 최근 연구에 따르면 가금이나 다른 육류제품에서 방사선조사를 통해 품질의 변화를 막거나 최소화시킬 수 있는 방법이 연구중에 있다. 그러나 대부분의 방사선 조사에 관련된 연구는 신선육에서만 있어왔고 향후 조리 육제품에 대한 방사선조사에 관련된 연구가 필요하다. 가금육 제품에서 외부 이물질이나 뼈조각의 검출 또한 중요한 식품안전성에 영향을 미치는 요인이다. 가금육 제품에서 금속물질, 오염물질, 그리고 뼈조각과 같은 것들은 현재 X-ray 기술을 통해 찾아내어지고 골라내어진다.

■ 포장 : 포장의 중요한 기능은 저장기간의 연장과 오염방이지만 가공업자들은 포장기술을 부가 가치 창출의 한 가지 방법으로 활용하기 시작했다. 과거 몇 년 사이에 다양한 새로운 포장방법이 가금육 제품에 도입되었다. 비록 두루마리포장, 진공포장, 가스충전, 그리고 개조시킨 포장과 같은

Table11. Effect of raw-meat packaging, irradiation, and cooked-meat packaging on lipid oxidation of cooked pork patties¹

	A-C-A	A-C-V	A-IR-A	A-IR-V	V-IR-A	V-IR-V
TBARS (mg MDA/kg meat)						
0 day storage after cooking²						
0 day after IR ³	0.26 ^D	0.19 ^D	0.34 ^D	0.26 ^D	0.32 ^D	0.20 ^D
3 days after IR	0.61 ^a	0.61 ^a	0.67 ^a	0.67 ^a	0.59 ^a	0.59 ^a
3 days storage after cooking						
0 day after IR	2.46 ^{DX}	0.32 ^{DZ}	2.83 ^{DX}	0.34 ^{DZ}	1.68 ^{DY}	0.36 ^{DZ}
3 days after IR	5.34 ^{AX}	0.71 ^{AZ}	4.85 ^{AX}	0.66 ^{AZ}	4.11 ^{AY}	0.79 ^{AZ}
7 days storage after cooking						
0 day after IR	3.48 ^{DX}	0.44 ^{DZ}	3.44 ^{DX}	0.39 ^{DZ}	2.44 ^{DY}	0.45 ^{DZ}
3 days after IR	5.46 ^{AX}	0.81 ^{AY}	5.88 ^{AX}	0.79 ^{AY}	5.47 ^{AX}	0.75 ^{AY}

* ¹ Raw-meat patties were irradiated at 0 or 4.5 kGy dose (ave.)

² Samples were analyzed within 1 hr after cooking

³ Storage of raw meat before cooking. 0 d after IR samples were stored 2 hr after irradiation.

^{x,z} Different letters within a row are significantly different (P < 0.05).

^{a,b} Values with different superscript letters within a column of the same storage time after cooking are different. (P < 0.05). n=12.

* Abbreviation of treatments : A, aerobic packaging ; V, vacuum-packaging ; C, control, nonirradiated ; IR, irradiated at 4.5 kGy. (Ahn et al 2000)

기본적인 포장기술은 변하지 않았지만 컨테이너, 포장재료, 그리고 크기나 모양에서의 다양한 변화가 시도되고 있다. 적절한 포장재료와 방법의 이용은 우리의 시선을 끌기에 충분할 뿐만 아니라 식품으로써의 육제품 품질을 향상시키는 데에도 중요한 역할을 한다.

한편 가금육의 유통에서 볼 때 구이용이나 인스턴트제품 형태 그리고 냉동육제품의 시장 점유율이 증가하게 될 것이다. 아울러 다양한 포장기술을 이용한 엄격하게 관리된 완전육제품이 더욱 더 도입될 것이다. 또한 적색육 제품, 유기농이나 지역특산 제품이 급격히 확대될 것이다. ♣

3. 가금육 가공의 전망

첨가제, 방사선조사 그리고 고압처리 방법과 같은 새로운 가공기술을 이용한 닭고기의 신선육과 조리육 제품의 품질과 안전성을 높이려는 연구와 개발이 앞으로 중요한 과제가 될 것이다. 특히, 닭고기의 신선육과 조리육제품을 이용한 방사선조사의 활용은 향후 5년 내에 급격히 증가할 것이다.

이와 같은 기술을 이용하여 식품의 안전성을 보증하는데 한 가지 중요한 문제는 소비자의 입맛에 맞는 닭고기 제품을 생산하는 것을 유지하는 일인데 안전성이 아무리 높다고 하더라도 만약 소비자가 제품에 대해 만족하지 않으면 이와 같은 기술이나 방법들이 육가공에 활용되기는 어려울 것이기 때문이다.