

名誉会員総説

畜産に関わって48年

三上 正幸

帯広畜産大学名誉教授

〒080-0838 帯広市大空町

1. はじめに

この度は北海道畜産学会名誉会員に推挙されたことに対して、関係者各位ならびに会員各位に感謝申し上げます。私が本学会に入会したのは、修士課程の時の学会発表を行った43年前でした。当時は日本畜産学会北海道支部であり、発表会場は新得畜産試験場の和室で、親しみのある雰囲気でした。その後38年間大学で教育と研究に携わり、また定年後は骨付き生ハム製造の会社を創り、現在に至っている。

2. 畜産との始まり

私は帯広生まれの北海道育ちであり、昭和36年帯広畜産大学酪農学科に入学した時がその始まりである。学部時代の指導教官は森本 明先生で卒業論文は「凍結乳のチーズ製造に及ぼす影響」であった。大学を卒業後は北海道大学大学院畜産学研究所に入り、酪農科学研究施設の有馬俊六郎先生の元で牛乳タンパク質の研究について指導を受けた。修士論文は「カゼインに対するレンニン作用の研究」で、チーズに関するテーマの研究を行った。修士課程終了後の昭和42年4月、帯広畜産大学の助手に採用され、始めは牛乳関係の教育と研究を行い、学位論文は「牛乳の γ -カゼインに関する研究」であった。その頃になると、タンパク質の分析技術も発展し、世界中の牛乳研究者が主にホルスタイン乳の牛乳タンパク質について研究を行うので、かなりの部分が解明されてきた。その後、上司である三浦弘之先生と共に研究室体制を組んでいて、研究室名の名称変更等もあり、食肉関係に力点を移した。白い牛乳タンパク質の研究から、赤い食肉タンパク質の研究と色は違っているが、タンパク質について研究を行ってきた。また、昭和60年から10ヶ月間英国食品研究所(旧食肉研究所)に留学する機会があり、食肉に関して多くの得るものがあり、その後色々勉強になった。以下に、これまでに行ってきた食肉関係の研究について記述する。

3. おもな研究成果

食肉関係の研究を発表すると良くある質問は、“それは食べるとどちらが美味しいか”と聞かれる。データーの数値は異なっているが、食べても差がない時もある。基礎的な研究を行っていても研究費の豊富な大学や研究室と較べると太刀打ち出来ないこともある。地方大学でなくては出来ないことや、応用的なことに特徴があると考え、以下のような研究について行ってきた。

1) 牛肉に対する電気刺激の影響

食肉のおいしさには多くの要因があるが、軟らかさは肉質を評価する最も重要なものの一つである。1970年代、肉質の改善を目的として電気刺激を検討したのはニュージーランドの研究者で、3,600Vという高電圧をラム枝肉に通電して軟らかくなることを報告した。その後ヨーロッパでは低電圧電気刺激法が研究され1980年代には多くの研究がなされた。我々は生後16~20ヶ月齢のホルスタイン去勢肥育牛、25~27ヶ月齢のヘレフォード去勢肥育牛あるいはホルスタイン経産牛を用い、放血後のと体に対して電気刺激を行った。

ホルスタイン去勢肥育牛を用いた実験の結果、剪断値で胸最長筋および中殿筋で共に軟化効果が認められ、特に60秒刺激区において軟化の効果は14日目になっても持続していた。食肉の熟成・軟化の目安となる3万ダルトン成分の出現は、電気刺激区では3日目で、対照区の5日目よりも早かった。また、トロポニンTの分解は、電気刺激区では5日目から始まり、対照区よりも早かった。電気刺激は食肉に含まれるプロテアーゼなどに対しても活性化を促すことも分かり、食肉の呈味を構成している成分であるペプチド量は多く、遊離アミノ酸のうちグルタミン酸も多かった。更に呈味成分に関するイノシン酸は、その減少の仕方は電気刺激区の方が緩慢で、高い値を維持した。

電気刺激による食肉の色調は、明るさを示すL*値では、高い値となり、明るい色調を示した。赤味を示すa*値も高い傾向にあった。しかし、ホルスタイン肥育牛の色調においてはメト化が早くなる場合もあった。

特に90秒間と長くなるとこの傾向が現われやすかった。色調に一番効果的であったのはホルスタイン経産牛の場合で、電気刺激を行った方が明るく、赤味の保持は長く、メト化は遅かった。このように電気刺激は条件によりその効果は異なるが、多くの点で良い結果が得られた(MIKAMI *et al.*, 1990, 1991, 1993, 1994; 三上ら, 1991; 関川ら, 1995; SEKIKAWA *et al.*, 1999)。

2) 発酵ソーセージ(ドライソーセージ)に関する研究

発酵ソーセージは、ヨーロッパの伝統的な食肉製品で、一般的に非加熱でドライソーセージとよばれている。我が国において、発酵ソーセージは乳酸発酵のため酸味や発酵臭のため好まれなかった。この種の研究は三浦弘之先生が以前から行ってきていたが、当時は発酵ソーセージのスターターカルチャーの種類や取り扱い方に難点があった。近年凍結乾燥した混合タイプのもので入手できるようになり、利便性がましてきた。非加熱の発酵ソーセージの生産量は、我が国において極めて少ない。十勝は綺麗で乾燥した空気であるので、乾燥食肉製品の製造には適していると考えられた。

発酵ソーセージ製造の重要な点はスターターカルチャーを用いることと、湿度の管理である。食肉に食塩と香辛料を加えて、15~20℃で乾燥・熟成させると美味しいソーセージが出来る。しかし、乳酸菌を主体とするスターターカルチャーを添加すると、安定した製品が出来る。製造後20℃で3日目の乳酸菌数は $10^8 \sim 10^9$ cfu/gまで増加して優勢菌となり、pHは4.5~5.3まで低下し、他の有害細菌の生育を抑制出来る。その後温度を15℃に下げて5週間乾燥・熟成させる。湿度は90%から75%まで徐々に下げて、乾燥・熟成させる。急激な湿度の低下は大皺や陥没あるいは内部の空洞化を起すので、湿度管理は最も重要である。製品ではスターターカルチャーの種類により、pHは4.5~4.8と異なったが、pHの低いものは官能評価が良かった。発酵ソーセージは15~20℃の中温で熟成させるので、旨味や風味に関与するペプチド量は100g当たり876~964mgまで増加し、総遊離アミノ酸量は100g当たり609~764mgと大きく増加した。28~35日目の乾燥でAw(水分活性)は0.80~0.84まで低下し、室温保存が可能となった(三上ら, 1998, 2004; 関川ら, 2003)。現在、これらの技術は十勝の加工業者が製品化し、また、大学発ベンチャー会社でも製造・販売されている。

3) 骨付き生ハムに関する研究

骨付き生ハムの研究・製造を始めて今年で12年目であるが、1998年スペインのバルセロナで開催された国際食肉科学技術会議の「dry-cured ham」のシンポジウムに出席したのがきっかけである。その後パルマハムの見学をして知識を吸収して、さらに美味しい骨付き

生ハムの製造に取り組んだ。

「生ハム」という食肉製品の定義は、日本農林規格や食品衛生法に基づく食肉製品の規格基準にはないが、一般に使われ、食べられている。国産の生ハムはロース肉を用い短期間に製造するタイプがほとんどであるが、ヨーロッパでは骨付きも肉を用い長期間熟成するものが、古くから製造されてきている。近年スペインの科学者などによる研究報告が多数あるが、日本語によるものはほとんどない。そこで本来の骨付き生ハムの製造とそのデータを得るために実験を行なった。

原料豚肉は脂肪のついた重量が大きく、皮下脂肪の厚いものを使用する。塩漬は気温が10℃以下になる頃から始める。食塩の量は骨付きも肉重量の6%で、塩漬期間は1kg当たり1日で、12~14日である。除塩・乾燥後は別室で湿度50~60%、2.5~3ヶ月行ない、洗浄・乾燥に移る。その後過度な乾燥を防ぐため、赤肉表面に脂肪の塗布を5ヶ月目に行なう。これにより、全体が脂肪で覆われるため、水分の蒸発は緩慢となり、内部では水分と塩分が時間をかけて平衡化され、均一となる。骨付き生ハムの乾燥・熟成は、表面の観察と熟成庫内の温度・湿度を管理し、換気等にも注意しながら、1年、1.5年更に2年まで行った。

製品の細菌数は表面では0または30以下で非常に少ない。内部の細菌数もほとんど0であるので、生ハムの熟成は主に食肉由来のプロテアーゼによることが分かる。タンパク質の分解によるペプチドおよび遊離アミノ酸量は時間の経過と共に増加し、これらの酵素は2年を経てもなお活性が認められた。分析は4つの筋肉部位(大腿二頭筋;BF, 大腿四頭筋;QF, 半膜様筋;SM, 半腱様筋;ST)について行なった。1年から2年熟成における食塩濃度は、脂肪の多いSTが低く、水分含量も同様にSTが低い値であった。水分活性は0.80から0.86であったので、常温保存が可能であった。残存亜硝酸根も1ppmより少ないものであったが、切断面の肉色は好ましかった。しかし数時間空気にさらすと褐変しやすかった。

ペプチド量は熟成期間により異なるが、100g当たり1,277~2,278mgであった。総遊離アミノ酸量は100g当たり2,496~3,942mgであった。個々の遊離アミノ酸ではGluとAla, Leu, およびLysが特に多く、GlnとCys以外の他の遊離アミノ酸量も熟成により増加した。これはアミノペプチターゼが1年あるいは2年の長期に亘り活性を保持していると考えられた(三上ら, 2006)。骨付き生ハムについては多くの人々が訪ねてきて、その製造方法について伝えることが出来て、実際に製造販売しているところも出てきている。また、後で述べるように、大学発ベンチャー会社でも製造・販売している。

4) 肉醬に関する研究

現在、一般に大豆から作られる醤油が我が国における調味料の主体であるが、大昔には「しびしお」と言われる食肉を発酵させた調味料があった。そこで豚挽肉や鶏挽肉に麴と塩、さらにプロテアーゼを加えて、30℃で発酵させた調味料を得た。食塩濃度は15、20、25%の3種類、挽肉だけの場合と挽肉に水を5割加えたものを試料とした。一般細菌数は経時的に減少し、3ヶ月後に300以下になったが、水を加えたものは 10^2 cfu/g存在した。豚肉からタンパク質の回収率は30~55%、水を加えたものは56~79%であった。肉醬のペプチド量は3~7%、遊離アミノ酸量は4.4~8.9%であり、水を加えない方がこれらの成分は多く、臭みもなく良い味であった。食塩濃度は初日で20~26%と計算値よりも高い値であったが、3ヶ月後の製品では20~23%の範囲であった。このように食塩濃度が初日よりも低下するのは、タンパク質の分解によるペプチドや遊離アミノ酸量の増加により、食塩の溶解度が下がることが塩の結晶生成から考えられた(TRANG *et al.*, 2005; 三上ら, 2007)。定年後に、仲間20人で廃鶏を用いて趣味で鶏肉醬を造った。一般家庭は温度が低いので、1年程度の発酵期間で美味しいものが出来ている。

4. 定年後の食肉製品造り

平成17年3月に大学を定年退職した後も、前年度から製造中の骨付き生ハムの管理をしていたが、後継者が居ないと技術が途絶えてしまうことが会社設立のきっかけとなった。会社の設立にあたっては、北海道中小企業総合支援センターの補助金を申請したところ採択されたことも、もう一つの要因であった。

骨付き生ハムの製造は、大学の施設である食肉加工実習工場を借用し、使用料は共同研究費の形で支払っている。製造できる数量は熟成庫のスペースにより制限されるが、2年間で120本程度である。これまで大学の食肉加工実習工場は、保健所の製造許可を受けていなかったため、製品の販売はできなかった。今回会社の設立に当たり、食肉製品製造業の申請を行い許可され、食肉製品の販売が可能となった。従って、2年間熟成する骨付き生ハムの販売は、平成20年11月以降であった。

骨付き生ハムの製造法は、まず、原料豚肉は大きく育てた骨付きもも肉の使用、6%食塩による塩漬(約14日間)、3ヶ月後の洗浄、5ヶ月後に赤肉部分に脂肪を塗布し、その後合計2年間乾燥と熟成を行って製品にしている。骨付きもも肉の重量はおおよそ13kg前後で、脂肪層が厚く、外ももには脂肪交雑も入り、美味しい製品が出来る。骨付き生ハムは2年間の熟成中に30%程度減少し、製品表面の黄色く酸化した脂肪層

あるいは中心の骨などを取り除くので、可食部分は製品の50%程度となる。近年、脂肪は肥満のため一般に敬遠されているが、骨付き生ハムは赤肉だけの部分より、さしの入ったものあるいは白い脂肪の付いたものが大変美味しい。脂肪の摂取は肥満の原因と言われるが、肥満は脂肪の摂取よりも食べ過ぎによるもので、美味しい生ハムは沢山食べないことが肝心である。

一般に食肉製品の加工には色々な食品添加物を使用しているが、本製品の特徴は、食品添加物等を一切使用せず、海塩(昨年からは岩塩)だけで塩漬を行なっていることである。この方法はイタリアのパルマハムが海塩だけで製造しているのと同様であり、発色剤を使用しなくても赤い色調となっている。食塩も色々なものが入手できるようになったので、今まで何種類か使用した結果、食塩の質と量は大変重要である。精製塩は、聞えは良いが最低で、粗製の塩は、聞えは悪いが美味しい製品が出来る。昨年度からは岩塩を入手し、砕いて粉末にして、使用している。骨付き生ハムの内部は大きく分けると4つの筋肉部位があり、外ももの半腱様筋は脂肪交雑が入り、一番美味しいところで、次いで大腿二頭筋である。内ももの半膜様筋と大腿四頭筋は脂肪が少なく、食塩も良く浸透する部分である。このように骨付き生ハムは筋肉部位によって味が異なる。

骨付き生ハムの販売は、主にレストランやホテルなどに1本売りで行っている。その理由は切立てが一番美味しいことにある。スライスすると味が落ち、変色しやすく、賞味期限が短い。また、真空パックすると、薄くスライスしたハムが密着して剥がすのに苦労する。更に、手間と人件費がかかることなどが挙げられる。

2年間熟成した骨付き生ハムを真空包装しておく、それ以降の水分の蒸発防止、脂肪の酸化防止、更にカビの発生を抑えることが出来る。これを冷蔵庫で保管していても熟成は進み、3年あるいは5年間熟成したものは美味しくなっていた。一般の食品とは異なる性質であり、骨付き生ハムは保存食と言われたことが理解出来る。製造技術ではまだイタリアやスペインには及ばないが、美味しいものが出来ているので、骨付き生ハムに興味を持ち、根気よく試作・製造することにより、わが国におけるこの種の製品の生産量が少しずつ増加することを期待したい。

会社設立当時に、骨付き生ハムは2年間熟成したものを販売することにしていたので、この間売上がない。そのため株主の一部から「何か利益の出るものを作っては」と言うことで、加熱タイプのセミドライソーセージも製造し、大学内の生協で販売している。食の安全・安心が言われているので、この製品も十勝産の豚肉を使用し、添加物を使用しないで造っている。そのため始めは少し苦労したが、現在は美味しいものが出来て

いる。そのポイントは、新鮮な原料肉の使用、塩漬期間は7~10日間、筋周膜(コラーゲン)は出来るだけ入れ、脂肪分は筋周膜に付いているものを用い、挽肉にして低温でしっかり攪拌してミオシンを抽出し、食塩は岩塩を用いることにより、発色剤や結着剤などなくても組織の良い、ほんのりピンク色になるものが出る。品質の良い美味しいソーセージを造るためには、原料肉の選定や食肉の細切から始まる。途中の工程で少しでもミスがあると最終製品に現れる。大学の授業では添加物についても講義をしていたが、使わなくても美味しいものが出ることを実践している。必要な人がいれば、製造方法を教えて行きたいと思っている。

ソーセージはこの他にドライソーセージも製造している。乳酸菌などのスターターカルチャーを使い、35日間乾燥・熟成を行う非加熱タイプのものであるが、この場合は発色剤を使用しないと、脂肪の酸化が早く、美味しいもの出来ない。残存亜硝酸根は長期間の乾燥・熟成中に10ppm程度までに減少するので、ほとんど問題のない値である。このソーセージは大学在職中に行った研究であるが、販売するために、3~4回試作して商品化した。上記いずれのソーセージも骨付き生ハムに較べると短期間で製造出来るが、結構手間がかかるので大量生産は出来ないし、そのつもりもない。

今まで大学で食肉加工の講義や実習で、食肉製品を造ってきたが、販売目的となると「安全、安心、美味しい」の他に、「製品の見栄え」も良くなければならない。ソーセージの乾燥を行う時、水分を飛ばすのでセミドライソーセージでは30~33%、ドライソーセージでは41~43%減少する。この時、乾燥速度が早い時、また、充填がゆるい時には大皺となるので、販売出来ない製品もある。これら不良品も経験を重ねることにより、良いものが生産出来るようになった。

今後は気力と体力のある間は、美味しい食肉製品を造って行きたいと思っている。少しでも、帯広畜産大学の宣伝やイメージアップに貢献できれば幸いである。

5. おわりに

現在、前述した他にJICAの集団研修「畜産物の利用と保蔵技術」コースにもコースリーダーとして携わっていて、今年度で9年目になる。講義や実習は主に十勝在住の関係者に、また、見学等では道内あるいは本州の関係者にお世話になり実施している。民主党の事業仕分けで、JICA研修施設の見直しあるいは指摘があったが、可能なかぎり本コースの継続にも協力して行きたい。

文 献

- MIKAMI, M., T. KUDOH, A. HAYASHI, E. HIRUTA and H. MIURA. (1990) Effects of electrical stimulation on myofibrillar proteins and tenderness of beef muscle. *Agric. Biol. Chem.*, 54:531-532.
- 三上正幸, 木下康宣, 三浦弘之. (1991) 電気刺激した牛肉における核酸関連物質の変化について. *日畜会報*, 62:398-400.
- MIKAMI, M., Y. YAMADA, Y. WAKAHARA and H. MIURA. (1991) Effects of electrical stimulation on the sarcoplasmic proteins, peptide and amino acid contents of beef. *日畜会報*, 62:519-528.
- MIKAMI, M., M. SEKIKAWA and H. MIURA. (1993) Peptide and free amino acid content of electrically stimulated beef. *Meat Focus inter.*, 2:537-539.
- MIKAMI, M., M. NAGAO, M. SEKIKAWA, H. MIURA and Y. HONGO. (1994) Effects of electrical stimulation on the peptide and free amino acid contents of beef homogenate and sarcoplasm during storage. *日畜会報*, 65:1034-1043.
- 三上正幸, 川島寿子, 関川三男. (1998) 細菌性スターターカルチャーを添加した非加熱発酵ソーセージの微生物学のおよび理化学的性状について. *日畜会報*, 69: 53-61.
- 三上正幸, S. Dorj, 島田謙一郎, 関川三男, 福島道広, 山岸 真, 山腰和枝, 大美浪 源. (2004) 白かびを接種した発酵ソーセージの製造とその性質. *北畜会報*, 46:71-78.
- 三上正幸, 島田謙一郎, 関川三男. (2006) 骨付き生ハムの製造とその微生物学のおよび理化学的性質. *日畜会報*, 76:29-38.
- 三上正幸, N. H. Trang, 島田謙一郎, 関川三男, 福島道広, 小野伴忠. (2007) 豚肉発酵調味料“肉醬”の性質. *食科工*, 54:152-159.
- 関川三男, 背野公江, 三上正幸, 三浦弘之, 本郷泰久. (1995) 牛肉の色調に対する電気刺激の影響. *北畜会報*, 37:43-46.
- SEKIKAWA, M., K. SENO, K. SHIMADA, M. FUKUSHIMA and M. MIKAMI. (1999) Transaminase affects accumulation of free amino acids in electrical stimulated beef. *J. Food Sci.*, 64: 384-386.
- 関川三男, 河村多美, 藤井はるか, 島田謙一郎, 福島道広, 三上正幸. (2003) 発酵食肉製品に用いる有用細菌の食塩による生育阻害に対するアルギニンの緩和効果. *北畜会報*, 45:17-23.
- TRANG, N.H., K. SHIMADA, M. SEKIKAWA, T. ONO and M. MIKAMI. (2005) Fermentation of meat with koji and commercial enzymes, and properties of its extract. *J. Sci. Food Agri.*, 86:1829-1837.