

食肉の加熱調理時における変異・発がん物質の生成及び 遺伝毒性の発現に対する食塩の抑制効果

増田 修一, 島村 裕子

静岡県立大学食品栄養科学部

概要 我々は日常的に食事を通して化学物質に曝露されており、特に加熱調理した畜肉中にはヘテロサイクリックアミン類(HCA 類), グリシドール脂肪酸エステル類(GEs 類)及び 3-クロロプロパン-1,2-ジオール脂肪酸エステル類(3-MCPDEs 類)等の変異・発がん物質が含まれている。また、食塩は調味料や保存料として、食品の加工製造、調理、摂取の各段階や防腐等の目的で使用されている。本研究では、食塩の新たな機能性として、畜肉を加熱調理した際の変異・発がん物質の生成に対する食塩の抑制効果を明らかにすることを目的とした。

各種畜肉(牛肉, 豚肉及び鶏肉)に、2.5~10%になるよう食塩を水に溶解して(10 mL 及び 20 mL)添加し、パティを製作した。食塩を添加した各畜肉パティを、ガス火調理で6分間(片面3分間)加熱した。加熱調理された各畜肉の色調(L*, a*, b*, W*値)を、色差計を用いて測定した。また、加熱調理された各畜肉からブルーコットン吸着法を用いて変異原物質の抽出を行った。得られた抽出試料の変異原性を、エームス試験(TA98, +S9mix)を用いて評価した。また、加熱調理した畜肉中の HCA 類(Norharman, MeIQx, IQ, PhIP, Trp-P-2, MeIQ, MeA α C, Harman)量を LC/MS/MS 法を用いて測定した。同様の条件で加熱した各畜肉を凍結乾燥し、得られた乾燥物について、ジエチルエーテルを用いたソックスレー抽出により脂質を抽出した。得られた脂質を固相カラムで精製し、試料中の各 GEs(パルミチン酸, ステアリン酸, オレイン酸, リノール酸, リノレン酸)及び各 3-MCPDEs(パルミチン酸, ステアリン酸, オレイン酸, リノール酸, リノレン酸)量を LC-MS/MS を用いて測定した。

牛肉, 豚肉, 鶏肉に食塩を添加して加熱調理したところ、食塩を添加していない各畜肉に比べ、変異原性が減少する傾向が確認できた。また、添加水量 20 mL では 10 mL に比べ、変異原性が減少した。加熱調理後の各畜肉の色調は、食塩の添加により明度を示す L*値と白色度を示す W*値が高くなる傾向がみられた。加熱調理された各畜肉中の HCAs 量は、食塩を添加することにより減少する傾向がみられた。GEs においても、各畜肉に食塩を添加して加熱調理することで、生成量は減少した。また、3-MCPDEs では、食塩を添加することにより、生成量は増加する傾向がみられた。GEs と 3-MCPDEs は脂質由来の同じ中間体から生成するが、食塩の添加により塩素化体である 3-MCPDEs の生成が促進したことが示唆された。

以上の結果より、食塩の添加によりタンパク質変性の抑制や食塩の保水効果等の要因により、変異原物質の生成が変動したことが示唆された。したがって、畜肉加熱時に食塩を添加することで、変異原性や変異・発がん物質の生成が抑制されたことから、今後、加熱調理における食塩の利用が期待できる。

1. 緒言

食品中には、様々な化学物質が含まれているが、その中には加工や調理時における加熱処理により生成する HEATOX(Heat-generated food toxicants)と呼ばれる毒性

物質があり、アクリルアミドや多環芳香族炭化水素(PAH), ヘテロサイクリックアミン類(HCAs), 終末糖化産物(AGEs)等が知られている^[1-4]。これらの物質は、前駆体物質含量、加熱温度や時間等により、生成量やヒト摂取量に差が出

てくることから、十分なリスク評価が行われていない。HCAs はタンパク質及びアミノ酸を多く含む食品を調理した際に生成し、これまで 20 種類以上の存在が確認されており^[5]、アミノ酸の分解、またアミノ酸、グルコース及びクレアチニンが前駆体となるメイラード反応により生成すると報告されている^[6]。これら HCAs は薬物代謝酵素 CYP1A2 により代謝活性化されて、DNA と付加体を形成することで突然変異が誘発され、がんが発症する。

我々はこれまでに、畜肉や魚肉の加熱調理時に、グリシドール脂肪酸エステル類 (GEs) と 3-クロロプロパン-1,2-ジオール脂肪酸エステル類 (3-MCPDEs) が生成することを報告している^[6]。GEs 及び 3-MCPDEs は、食用油脂の精製工程である高温での脱臭工程で生じ、塩化物イオンやグリセロール等の存在や高温及び加熱時間等の加熱条件等により、その生成量が変動する^[7]。GEs 及び 3-MCPDEs は、それぞれリパーゼの作用により、生体内で発がん物質であるグリシドール及び 3-MCPD が遊離する。以上のように、我々は日常的に加熱調理した畜肉を摂取することで、これら化学物質に曝露されているといえ、ヒトの健康リスクを考える上で、これら化学物質の曝露量を低減化することが重要である。

これら変異原物質の毒性を評価する方法として、エームス試験がある。使用する菌株は、ヒスチジン合成酵素の遺伝子に欠損が起きているため、ヒスチジンが培地中にないと増殖できないヒスチジン要求性 (His^-) の変異株である。この菌の遺伝子に変異・発がん物質が作用すると、変異部位に突然変異が起これ、野生株に戻ってヒスチジンがなくても増殖できるヒスチジン非要求性 (His^+) となる。この現象を利用して変異原性を検定する^[8]。

本研究では、各種畜肉に食塩を添加してパティ状に形成した後、熱調理し、エームス試験を用いて試料の変異原性の変動を評価した。また、LC-MS/MS を用いて、HCAs、GEs 及び 3-MCPDEs の定量を行い、畜肉を加熱調理した際のこれら変異・発がん物質の生成に対する食塩の抑制効果を検討した。

2. 研究方法

2.1 食塩を添加した畜肉パティの作製と加熱調理

食用の牛、豚及び鶏挽肉各 50 g (静岡市内スーパーで購入) に食塩の重量比が 2.5, 5, 10% となるように、塩化ナ

トリウム溶液 10 または 20 mL を添加し、200 回程度混捏した後、セルクルに詰め、パティ (100 mm×7.5 mm) を作製した。作製したパティをガス火加熱 (フライパン) により加熱処理した。加熱温度においては挽肉パティの縁の下を随時測定した。

2.2 加熱調理された畜肉の色調測定

加熱した試料にサランラップを被せ、1つのパティで3ヶ所の色調を、色差計 (TES-135A+, SATOTECH) を用いて測定した。得られた各値は、L*は明度を、a*及び b*は、色相と彩度を、W*は白色度を示している。

2.3 ブルーコットン法を用いた変異・発がん物質の抽出

各加熱調理した試料に熱湯 50 mL を加えミキサーを用いて粉碎し、3,000 rpm で 5 分間遠心分離した。遠心分離した上清を分液漏斗にとり、ヘキサン 60 mL を加えて 5 分間振とうした。分離した液の水相 (下相) を脱脂綿でろ過し、ろ液に Blue cotton 1.0 g を入れて 30 分間攪拌して Blue cotton に変異発がん物質を吸着させた。攪拌後 Blue cotton を取り出し、上記操作を 2 回繰り返した。2 回分の Blue cotton を MilliQ 水でよく洗浄した後、メタノール:25% アンモニア水 = 49:1 50 mL を加えて 30 分攪拌し、Blue cotton に吸着した変異発がん物質を溶媒に溶出させた。得られたメタノール:アンモニア水混液を濃縮乾固し、少量の DMSO に溶解してエームス試験用試料とし、また、メタノールに溶解して、HCAs 測定用試料とした。

2.4 エームス試験

試験管に試料溶液 100 μL を取り、37°C で 30 分間インキュベートした。S9mix 500 μL 、さらに *Salmonella typhimurium* 菌懸濁液 100 μL を加え、37°C で 20 分間インキュベートした。ソフトアガー 2 mL を加えて混合した後、最小グルコース寒天平板培地に播種し、速やかに均一に広げ、固化後シャーレを倒置して 37°C、48 時間培養した。その後、誘発した His^+ (ヒスチジン非要求性) 復帰変異コロニー数を計測した。また、陰性対照として DMSO を用いた。なお、同一検体について 3 枚のプレートを使用し、その平均値を算出し、陰性対照の 2 倍以上のコロニーが生育していたものを陽性と判定した。

2.5 LC/MS/MS を用いた HCAs の測定

HCAs の LC/MS/MS 測定は以下の通りに行った。(カラム:L-column2 ODS (化学物質評価研究機構, 2 μm , 75×2.1 mm,i.d.), カラム温度:40°C, 流量:0.2 mL/min, 注

入量:10 μ L, 移動相:A:アセトニトリル:30 mM ギ酸アンモニウム=1:1, イオン化:ESI(positive mode)。また, 各測定対象物質の m/z 値を以下に示す。(ノルハルマン:169.000→115.000, MeIQx:214.100→199.200, IQ:199.100→184.200, PhIP:225.100→210.100, Trp-p-2:198.100→181.200, MeIQ:213.200→198.200, MeA α C:198.100→181.200, ハルマン:182.900→115.200)。

2.6 GEs 及び 3-MCPDEs の測定用試料の抽出

各加熱調理した試料を, ミキサーを用いて粉碎し, 冷凍庫で凍結させた。凍結した試料を, 凍結乾燥機を用いて乾燥し, 得られた乾燥物を遮光・密封できるポリエチレン製の容器に移し, -80°C で保存した。試料を円筒濾紙中に入れ, ソックスレー抽出器の抽出管に挿入後, 抽出管の上部からジエチルエーテルを 70~80 mL 入れた。抽出管と冷却管を連結させ, マンニットヒーターを用いて, 8 時間抽出を行った。得られたジエチルエーテル抽出液量を無水硫酸ナトリウムで脱水した後, ロータリーエバポレーターで減圧濃縮を行った。ジエチルエーテルを留去後, 得られた粗脂肪試料を -80°C で保存した。

2.7 固相抽出法による GEs 及び 3-MCPDEs の精製

粗脂肪試料 1.0 g をガラスビーカーに取り, 適量の t-ブチルメチルエーテル:酢酸エチル(4:1, vol) 混合溶剤を加えて完全に溶解した。逆相固定抽出カートリッジ(Water, Sep-Pak Vac RC C18 cartridge)を使用直前にメタノール 4 mL を通して, コンディショニングを行った。調製した試料溶液 1 mL を逆相固定抽出カートリッジに通過させ, ガラス試験管に溶出液を採取した。カートリッジをメタノールで 3 回溶出し, 溶出したメタノールを試験管に加えた。合わせた溶出液を窒素パージして溶媒を蒸発留去させた。留去物にヘキサン:酢酸エチル(95:5, vol) 混合溶液を加えた後, ボルテックスミキサーで攪拌して溶解した。順相固相抽出カートリッジ(Sep-Pak Vac RC Silica cartridge 500 mg) を, 使用直前にヘキサン:酢酸エチル(95:5, vol) 混合溶液でコンディショニングを行った。ヘキサン:酢酸エチル溶液全量を, 順相固相抽出カートリッジを通過させ, 溶出液をガラス試験管に採取した。また, 留去物の入っていたガラス試験管をヘキサン:酢酸エチル(95:5, vol) 混合溶液で洗いこんだ後, 洗液をカートリッジに通過させて, 溶出液を合わせた。溶出液を窒素パージし, 溶媒を蒸発留去させた。留去物の入ったガラス試験管にメタノール:2-プロ

パノール(1:1, vol) 混合溶液を加えた。ボルテックスミキサーで攪拌した後, 溶液を遠心分離(3,000 rpm, 10 分)し, 上清を分析試料とした。測定時まで -20°C で遮光保存し, LC-MS 及び LC-MS/MS 測定試料とした。

2.8 GEs の測定

GEs(LC/MS)測定は以下の通りに行った。(カラム:L-column ODS, 5 μ m, 150×4.6 mm,i.d.), カラム温度:40°C, 流量:1 mL/min, 注入量:20 μ L, イオン化:APCI(positive mode), 移動相:A:メタノール:超純水 = 92:8, B:2-プロパノール, グラジエント条件:A(%)0分(100%)→20分(0%)→30分(100%)→60分(100%)。また, 各測定対象物質の m/z 値を以下に示す。(グリシドールパルミチン酸エステル:313.354, グリシドールステアリン酸エステル:341.450, グリシドールオレイン酸エステル:339.407, グリシドールリノール酸エステル:337.363, グリシドールリノレン酸エステル:335.385)。

2.9 LC/MS/MS を用いた 3-MCPDEs の測定

3-MCPDEs(LC/MS/MS)測定は以下の通りに行った。(カラム:L-column2 ODS, 2 μ m, 75×2.1 mm,i.d.), カラム温度:40°C, 流量:0.2 mL/min, 注入量:10 μ L, イオン化:ESI(positive mode), 移動相:A:メタノール:3 mM 酢酸アンモニウム=98:2, グラジエント条件:A(%)0分(100%)→5分(100%)→20分(35%)→30分(0%)→40分(0%)→45分(100%)→60分(100%)。また, 各測定対象物質の m/z 値を以下に示す。3-MCPD パルミチン酸ジエステル:604.500→331.200, 3-MCPD ステアリン酸ジエステル:660.500→359.300, 3-MCPD オレイン酸ジエステル:656.500→357.300, 3-MCPD リノール酸ジエステル:652.500→355.200, 3-MCPD リノレン酸ジエステル:648.500→353.200。

3. 研究結果

3.1 食塩を添加して加熱した畜肉の色差

加熱調理したパティの色差を色差計で測定し, その結果を Table 1 に示した。MilliQ 水を添加して加熱した各畜肉パティの色差と, 食塩を添加して加熱調理した畜肉パティの色差を比較すると, 明度を示す L*値及び白色度を示す W*値が増加する傾向がみられた。また, 水分含量を多くすることにより, 加熱が緩和されることから, 両値が低くなることが示唆された。さらに, 食塩を添加することにより,

Table 1. Effect of NaCl on the color parameters (Lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), and Whiteness (W*) of cooked meats.

Meat	Condition	L*	a*	b*	W*
Beaf	Water10 mL	27.94±2.70 ^a	11.85±8.26 ^a	8.15±2.99 ^a	26.07±1.95 ^a
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	31.35±3.46 ^{ab}	6.00±2.48 ^{ab}	8.76±1.31 ^a	30.49±3.42 ^a
	Saline10 mL (NaCl 5%)	30.87±3.40 ^{ab}	3.44±4.05 ^b	9.38±1.39 ^{ab}	30.04±3.27 ^{ab}
	Water 20 mL	31.37±4.83 ^{ab}	3.57±2.64 ^b	12.65±2.83 ^b	30.02±4.59 ^b
	Saline 20 mL (NaCl 5%)	36.60±3.84 ^{ab}	6.68±4.26 ^{ab}	9.87±1.90 ^{ab}	35.34±3.54 ^{ab}
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	42.70±15.11 ^b	3.46±1.67 ^b	10.06±0.82 ^b	41.60±14.66 ^b
Pork	Water10 mL	25.25±4.42 ^a	13.32±18.92 ^a	10.02±5.11 ^{ab}	21.55±7.55 ^{ab}
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	33.38±8.60 ^{ab}	7.44±5.63 ^a	9.02±4.02 ^{ab}	32.12±9.05 ^{ab}
	Saline10 mL (NaCl 5%)	37.68±3.48 ^b	11.59±4.32 ^a	14.47±3.94 ^{ab}	34.74±2.97 ^{ab}
	Water 20 mL	28.30±4.17 ^{ac}	12.13±16.46 ^a	8.19±3.61 ^a	25.26±4.86 ^a
	Saline 20 mL (NaCl 5%)	35.41±3.99 ^{bc}	4.74±2.81 ^a	11.46±2.48 ^{ab}	34.17±3.83 ^{ab}
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	48.56±4.83 ^d	4.65±1.89 ^a	15.30±3.47 ^b	45.99±5.15 ^b
Chicken	Water10 mL	43.14±4.93 ^a	13.79±7.77 ^a	19.40±2.96 ^a	37.88±4.86 ^a
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	46.95±4.50 ^a	7.69±3.00 ^a	23.86±3.90 ^a	41.10±3.62 ^a
	Saline10 mL (NaCl 5%)	51.47±5.82 ^a	14.39±5.86 ^a	19.44±8.22 ^a	45.02±5.98 ^a
	Water 20 mL	48.23±10.52 ^a	14.14±10.69 ^a	14.00±8.45 ^a	42.77±7.59 ^a
	Saline 20 mL (NaCl 5%)	52.15±3.74 ^a	10.20±7.03 ^a	21.70±7.35 ^a	45.75±4.88 ^a
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	52.80±7.78 ^a	7.70±7.37 ^a	21.11±6.64 ^a	46.95±7.79 ^a

a*値はマイナス方向(赤→緑方向), b*値は, プラス方向(青→黄)に増える傾向がみられた。以上の結果より, 畜肉に添加した食塩量が多くなるにしたがい, 加熱調理後の畜肉の焦げの生成が抑制されることで, L*値及び W*値が増加することが明らかになった。

3. 2 食塩を添加して加熱調理した畜肉の変異原性

食塩を添加した各畜肉の変異原性を **Table 2** に示した。加熱した牛肉パティでは, MilliQ 水を, 10 mL を添加して加熱したパティの培地のコロニー数 (Water 10 mL : 375±103.7) と食塩水を 10 mL 添加したパティの培地のコ

ロニー数 (Saline 10mL (2.5%) : 296±37.8, Saline 10 mL (5.0%) : 319±19.0) を比較したところ, コロニー数が減少した。MilliQ 水を 20 mL を添加したパティの培地のコロニー数 (Water 20mL : 253±38.4) と食塩水を 20 mL 添加した培地のコロニー数 (Saline 20 mL (5.0%) : 213±73.9, Saline 20 mL (10%) : 227±43.3) を比較したところ, コロニー数が減少した。加熱した豚肉パティでは, MilliQ 水 10 mL を添加して加熱したパティの培地のコロニー数 (Water 10 mL : 730.0±91.7) と食塩水を 10 mL 添加したパティの培地のコロニー数 (Saline 10 mL (2.5%) : 661.0±68.1, Saline 10 mL

Table 2. Effect of NaCl on the mutagenicity of cooked meats

Condition	Beaf	Pork	Chicken
Water 10 mL	375.0 ± 103.7 ^a	730.0 ± 91.7 ^a	623.0 ± 79.9 ^a
Saline 10 mL (NaCl 2.5%)	296.0 ± 37.8 ^b	661.0 ± 68.1 ^{ab}	318.0 ± 187.2 ^a
Saline 10 mL (NaCl 5%)	319.0 ± 19.0 ^{ab}	632.0 ± 80.1 ^{ab}	314.0 ± 10.1 ^a
Water 20 mL	253.0 ± 38.4 ^a	578.0 ± 138.6 ^{ab}	543.0 ± 38.7 ^a
Saline 20 mL (NaCl 5%)	213.0 ± 73.9 ^{ab}	479.0 ± 48.9 ^{ab}	463.0 ± 56.7 ^a
Saline 20 mL (NaCl 10%)	227.0 ± 43.3 ^a	390.0 ± 47.6 ^b	327.0 ± 25.0 ^a

No. of TA98 (+S9mix) revertants/50g cooked meat

Cooked meat samples were tested with the Ames test using *Salmonella typhimurium* strains TA98 in presence of S9 mix. Data are presented as Means±SD. (n=3). ^{a-b}Values within each column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

(5.0%) : 632.0±80.10)を比較したところ、コロニー数が減少した。MilliQ 水を 20 mL 添加したパティの培地のコロニー数(Water 20 mL : 578.0±138.6)と食塩水を 20 mL 添加した培地のコロニー数(Saline 20 mL (5.0%) : 479.0±48.9, Saline 20 mL (10%) : 390.0±47.6)を比較したところ、コロニー数が減少した。加熱した鶏肉パティでは、MilliQ 水を 10 mL 添加して加熱したパティの培地のコロニー数(Water 10 mL : 623.0±79.9)と食塩水を 10 mL 添加したパティの培地のコロニー数(Saline 10 mL (2.5%) : 318.0±187.2, Saline 10 mL (5.0%) : 314.0±10.1)を比較したところ、コロニー数が減少した。MilliQ 水を 20 mL 添加したパティの培地のコロニー数(Water 20 mL : 543.0±38.7)と食塩水を 20 mL 添加した培地のコロニー数(Saline 20 mL (5.0%) : 463.0±56.7, Saline 20 mL (10%) : 327.0±25.0)を比較したところ、コロニー数が減少した。

3.3 食塩を添加して加熱調理した畜肉中の HCAs 量

食塩を添加してガス火調理した各畜肉パティ中の 8 種の HCA を、LC-MS/MS を用いて測定し、その結果を **Table 3** に示した。MilliQ 水を添加して加熱した牛肉、豚肉、鶏肉パティにおいて、Norharman, MeIQx, IQ, PhIP, Trp-P-2, MeIQ, ハルマンの生成が確認された。なお、これら HCAs の中で、Norharman が畜肉の加熱調理により、生成しやすいことが示唆された。また、各畜肉において、

MilliQ 水の添加量が 10 mL と 20 mL で比較したところ、これらの HCAs 量の生成は、添加量が 20 mL の場合において、抑制されることが明らかになった。

MilliQ 水を添加して加熱した畜肉パティと、食塩水を 10 mL 添加して加熱したパティ(Saline 10 mL (2.5%), Saline 10 mL (5.0%)), また食塩水を 20 mL 添加して加熱したパティ((Saline 20 mL (5.0%), Saline 20 mL (10%))において、HCAs 類の生成量を比較したところ、いずれの HCAs においても減少する傾向がみられた。なお、各添加条件下で作製して加熱した畜肉中において、MeAαC は検出限界以下であった。以上の結果より、畜肉に食塩を添加して加熱調理すると、HCAs 量が減少することが示唆された。

3.4 食塩を添加して加熱調理した畜肉中の GEs 量

食塩を添加してガス火調理した各畜肉パティ中の GEs を、LC-MS/MS を用いて測定し、その結果を **Table 4** に示した。MilliQ 水を添加して加熱した牛肉、豚肉、鶏肉パティにおいて、5 種類の GEs の中で、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、パルミチン酸の生成が確認された。しかし、リノレン酸のみ、豚肉において検出された。各畜肉において、GEs の合計を比較したところ、牛肉が他の畜肉に比べ、GEs 量が多かった。MilliQ 水を添加して加熱した畜肉パティと、食塩水を 10 mL 添加して加熱したパティ(Saline 10

Table 3. Effect of NaCl on the formation of HCAs in cooked meat

Meat	Condition	Concentration (ng/g meat) (Concent ratio:%)								
		Total	Norharman	MeIQx	IQ	PhIP	Trp-p-2	MeIQ	MeAaC	Harman
Beaf	Water 10 mL	3.6±1.4 ^a	2.8±1.3 ^a (76.9)	0.10±0.04 ^a (2.8)	0.10±0.02 ^a (3.0)	0.33±0.00 ^a (10.4)	0.01±0.06a (0.4)	0.13±0.06a (3.8)	N.D.	0.10±0.03a (2.9)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	2.4±0.25 ^{ab}	2.0±0.23 ^{ab} (81.2)	0.12±0.02 ^a (4.9)	0.08±0.04 ^a (3.3)	0.10±0.01 ^b (4.2)	N.D.	0.06±0.03b (2.6)	N.D.	0.10±0.05a (3.6)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	1.5±1.4 ^b	1.2±1.4 ^b (65.8)	0.04±0.01 ^b (4.3)	0.03±0.01 ^b (3.0)	0.09±0.03 ^b (10.2)	N.D.	0.07±0.02b (7.9)	N.D.	0.09±0.02a (8.3)
	Water 20mL	4.3±0.61 ^a	3.5±0.60 ^a (81.9)	0.12±0.02 ^a (2.9)	0.10±0.00 ^a (2.3)	0.30±0.03 ^a (7.2)	0.02±0.02a (0.0)	0.11±0.03a (2.7)	N.D.	0.11±0.02a (2.6)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	2.7±1.0 ^{ab}	2.3±0.88 ^{ab} (84.2)	0.08±0.04 ^{ab} (2.7)	0.07±0.04 ^{ab} (2.4)	0.11±0.02 ^b (4.4)	N.D.	0.06±0.02ab (3.0)	N.D.	0.09±0.02a (3.4)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	0.40±0.37 ^b	0.25±0.29 ^b (47.3)	0.02±0.01 ^b (6.0)	0.03±0.02 ^b (12.4)	0.03±0.03 ^b (8.4)	N.D.	0.03±0.00b (17.3)	N.D.	0.03±0.02b (7.4)
Pork	Water 10 mL	10.3±4.0 ^a	8.1±3.7 ^a (77.9)	0.39±0.14 ^a (3.9)	0.31±0.07 ^a (3.4)	0.74±0.08 ^a (7.6)	0.04±0.03 ^a (0.3)	0.13±0.06 ^a (4.4)	N.D.	0.24±0.05 ^a (2.5)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	4.2±3.6 ^b	3.5±3.0 ^b (59.1)	0.10±0.08 ^b (6.1)	0.11±0.09 ^b (7.7)	0.10±0.09 ^b (4.6)	0.03±0.03 ^a (0.5)	0.12±0.09 ^a (14.7)	N.D.	0.24±0.20 ^a (7.2)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	2.2±0.70 ^b	1.4±0.58 ^b (61.3)	0.12±0.01 ^b (6.1)	0.13±0.01 ^b (6.4)	0.32±0.04 ^b (15.6)	N.D.	0.06±0.03 ^a (2.6)	N.D.	0.10±0.04 ^b (4.5)
	Water 20mL	5.2±0.72 ^b	3.8±0.64 ^b (72.5)	0.20±0.01 ^a (3.9)	0.20±0.02 ^a (3.9)	0.56±0.03 ^a (11.0)	0.03±0.01 ^a (0.5)	0.11±0.03 ^a (2.7)	N.D.	0.16±0.02 ^a (3.0)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	2.2±0.75 ^b	1.5±0.65 ^b (65.8)	0.13±0.03 ^b (6.0)	0.12±0.01 ^b (5.9)	0.11±0.01 ^b (5.7)	0.02±0.01 ^a (1.0)	0.17±0.05 ^a (8.4)	N.D.	0.15±0.05 ^a (7.3)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	2.4±0.44 ^b	1.7±0.39 ^b (70.6)	0.12±0.01 ^b (5.3)	0.12±0.04 ^b (5.3)	0.22±0.03 ^b (9.6)	N.D.	0.06±0.02 ^a (3.0)	N.D.	0.10±0.03 ^{ab} (4.3)
Chicken	Water 10 mL	6.3±2.0 ^a	4.2±1.7 ^a (64.9)	0.35±0.09 ^a (5.7)	0.19±0.04 ^a (3.1)	1.17±0.18 ^a (19.2)	0.02±0.01 ^a (0.3)	0.44±0.09 ^a (4.4)	N.D.	0.17±0.05 ^a (2.7)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	3.4±0.62 ^b	2.1±0.66 ^{ab} (60.7)	0.21±0.04 ^a (6.1)	0.10±0.09 ^{ab} (3.1)	0.68±0.04 ^a (20.5)	0.01±0.01 ^a (0.2)	0.13±0.02 ^b (6.0)	N.D.	0.14±0.03 ^a (4.0)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	1.9±1.6 ^b	3.5±3.0 ^a (59.1)	0.10±0.07 ^{ab} (6.8)	0.07±0.04 ^{ab} (6.1)	0.21±0.17 ^a (11.0)	0.03±0.02 ^a (4.0)	0.10±0.07 ^b (10.0)	N.D.	0.14±0.10 ^a (10.7)
	Water 20mL	5.7±1.1 ^a	3.5±0.81 ^a (60.3)	0.32±0.05 ^a (5.7)	0.24±0.01 ^a (4.3)	1.23±0.24 ^a (21.5)	0.01±0.01 ^a (0.1)	0.28±0.09 ^a (5.3)	N.D.	0.16±0.04 ^a (2.8)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	1.8±2.3 ^b	1.1±1.3 ^{ab} (41.7)	0.10±0.13 ^b (4.6)	0.08±0.10 ^{ab} (3.0)	0.27±0.36 ^a (10.1)	0.02±0.03 ^a (30.6)	0.13±0.17 ^{ab} (4.9)	N.D.	0.14±0.20 ^a (5.2)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	2.0±0.37 ^b	0.97±0.17 ^{ab} (49.8)	0.15±0.04 ^{ab} (8.1)	0.12±0.03 ^{ab} (6.0)	0.51±0.11 ^a (25.9)	N.D.	0.12±0.01 ^b (5.0)	N.D.	0.06±0.03 ^a (3.1)

Each value represents the mean ± SD for duplicate analyses of three replications. Means in columns with different letters are significantly different from meat without NaCl (Water 10mL) at P<0.05.

mL (2.5%), Saline 10 mL (5.0%)), また食塩水を 20 mL 添加して加熱したパティ(Saline 20 mL (5.0%), Saline 20 mL (10%))において, GEs 類の生成量を比較したところ, 各 GEs 及びその合計において減少する傾向がみられた。以上の結果より, 畜肉に食塩を添加して加熱調理すると, GEs 量が減少することが示唆された。

3. 5 食塩を添加して加熱調理した畜肉中の 3-MCPDEs 量

食塩を添加してガス火調理した各畜肉パティ中の 3-MCPDEs を, LC-MS/MS を用いて測定し, その結果を Table 5 に示した。MilliQ 水を添加して加熱した牛肉, 豚

肉, 鶏肉パティにおいて, 5 種類の 3-MCPDEs の中で, ステアリン酸, オレイン酸, リノール酸, パルミチン酸の生成が確認された。MilliQ 水を添加して加熱した畜肉パティと, 食塩水を 10 mL 添加して加熱したパティ(Saline 10 mL (2.5%), Saline 10 mL (5.0%)), また食塩水を 20 mL 添加して加熱したパティ(Saline 20 mL (5.0%), Saline 20 mL (10%))において, 3-MCPDEs 類の生成量を比較したところ, 各 3-MCPDEs 及びにおいて, 増加する傾向がみられた。以上の結果より, 畜肉に食塩を添加して加熱調理すると, 3-MCPDEs 量が増加することが示唆された。

Table 4. Effect of NaCl on the formation of GEs in cooked meat

Meat	Condition	Concentration (ng/g meat) (Concent ratio:%)					
		Total	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Palmitic acid
Beaf	Water 10 mL	231.3±236.0 ^a	80.8±86.5 ^a (23.6)	71.5±68.5 ^a (20.9)	3.1±2.92 ^a (33.4)	N.D.	75.9±78.8 ^a (22.1)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	153.9±61.7 ^a	34.2±12.3 ^a (22.2)	58.1±30.2 ^a (37.8)	N.D.	N.D.	61.6±19.6 ^a (40.0)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	115.0±47.7 ^a	26.7±9.8 ^a (23.2)	36.0±21.0 ^a (31.3)	N.D.	N.D.	52.4±17.9 ^{ab} (45.5)
	Water 20mL	133.9±81.6 ^a	37.1±22.0 ^a (25.9)	40.6±27.4 ^a (36.3)	N.D.	N.D.	56.1±32.7 ^{ab} (37.8)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	107.0±65.0 ^a	27.7±17.1 ^a (27.7)	38.9±23.5 ^a (30.6)	N.D.	N.D.	40.4±24.6 ^{ab} (41.9)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	80.5±22.7 ^b	22.8±0.81 ^a (28.3)	27.7±30.5 ^{ab} (34.4)	N.D.	N.D.	30.0±7.6 ^b (37.2)
Pork	Water 10 mL	141.1±99.0 ^a	24.4±11.3 ^a (17.3)	64.3±44.2 ^a (45.6)	N.D.	N.D.	52.3±43.7 ^a (37.1)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	54.6±9.9 ^b	9.6±1.7 ^b (17.6)	20.6±4.0 ^a (37.7)	6.9±7.0 ^a (10.5)	0.38±0.66 (0.58)	24.4±4.3 ^b (44.8)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	46.1±41.6 ^b	10.7±9.6 ^b (23.3)	15.6±14.5 ^a (33.8)	N.D.	N.D.	19.8±17.6 ^b (43.0)
	Water 20mL	66.1±59.1 ^b	13.3±11.8 ^b (20.2)	22.6±22.0 ^a (34.2)	6.9±7.0 ^a (10.5)	0.38±0.66 (0.58)	22.8±18.1 ^b (34.6)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	53.2±37.5 ^b	10.3±9.5 ^b (19.5)	18.2±11.7 ^a (34.2)	4.7±4.2 ^a (8.8)	N.D.	20.0±13.4 ^b (37.5)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	29.0±7.2 ^b	1.9±3.3 ^a (6.5)	12.0±7.6 ^a (41.4)	N.D.	N.D.	15.1±2.5 ^b (52.1)
Chicken	Water 10 mL	66.5±24.7 ^a	9.6±1.0 ^a (14.4)	25.2±16.3 ^a (37.8)	11.6±5.2 ^a (17.4)	N.D.	20.1±4.1 ^a (30.2)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	51.1±14.8 ^a	N.D.	23.4±6.4 ^a (45.7)	8.3±1.4 ^a (16.2)	N.D.	19.4±7.0 ^a (38.0)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	44.1±23.2 ^{ab}	N.D.	21.0±11.9 ^a (37.9)	8.6±6.2 ^a (17.5)	N.D.	14.5±5.2 ^a (30.2)
	Water 20mL	61.9±17.9 ^a	10.3±2.5 ^a (16.6)	24.4±6.0 ^a (39.4)	10.3±3.5 ^a (16.7)	N.D.	16.9±7.3 (27.3)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	51.0±3.0 ^a	3.7±6.4 ^{ab} (7.2)	25.5±15.3 ^a (50.0)	7.9±5.2 ^a (15.5)	N.D.	13.9±9.0 ^a (27.3)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	28.2±24.4 ^b	N.D.	13.8±1.1 ^b (39.0)	7.2±2.8 ^a (20.4)	N.D.	14.4±2.2 ^{ab} (40.7)

Each value represents the mean ± SD for duplicate analyses of three replications. Means in columns with different letters are significantly different from meat without NaCl (Water 10 mL) at P<0.05.

4. 考 察

食塩を添加して加熱調理した各畜肉の色調の変化を、色差計を用いて測定した。その結果、食塩含有量を増加させるほど、明るさを示す L*値や白色度を示す W 値が増加する傾向が確認できた。この要因として、食塩による畜肉の水分保水能が増加し、それに伴い、加熱温度上昇が緩和されたことが考えられた。また、加熱調理後の各畜肉

の変異原性について、復帰変異原性試験であるエームス試験 (TA98 株, +S9mix) を用いて評価した。その結果、食塩を添加することでコロニーが減少し、変異原性は減弱した。この要因として、色調変化の際と同様に、水分保水能が向上して温度上昇が緩和されたことから、加熱調理時における焦げ部分が減少したことが考えられた。畜肉や魚介類を加熱した際に生成する焦げ部分には、HCAs等の

Table 5. Effect of NaCl on the formation of 3-MCPDEs in cooked meat

Meat	Condition	Concentration (ng/g meat) (Concent ratio:%)					
		Total	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Palmitic acid
Beaf	Water 10 mL	19.5±4.2 ^a	2.4±0.89 ^a (12.3)	11.6±4.1 ^a (59.1)	2.9±0.33 ^a (15.5)	N.D.	2.6±0.86 ^a (13.2)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	37.5±7.2 ^b	4.5±2.1 ^a (11.9)	24.1±10.8 ^{ab} (63.6)	3.1±0.40 ^a (8.9)	N.D.	5.9±2.4 ^a (15.6)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	98.9±52.3 ^b	2.2±3.0 ^a (0.94)	23.3±31.9 ^{ab} (10.0)	63.1±25.5 ^b (63.8)	N.D.	10.3±10.4 ^b (4.4)
	Water 20mL	22.0±5.4 ^a	3.1±1.3 ^a (14.0)	13.2±5.7 ^a (59.8)	2.8±0.89 ^a (13.3)	N.D.	2.9±1.3 ^a (12.9)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	24.2±10.6 ^a	2.8±2.0 ^a (12.1)	15.0±12.9 ^a (59.3)	2.4±1.5 ^a (10.7)	N.D.	3.9±2.3 ^a (17.9)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	74.5±26.7 ^b	1.0±0.81 ^a (1.4)	37.7±30.5 ^{ab} (50.6)	24.4±12.1 ^b (32.8)	N.D.	11.3±10.0 ^b (15.2)
Pork	Water 10 mL	31.8±16.5 ^a	N.D.	26.7±13.9 ^a (84.0)	N.D.	N.D.	5.1±2.8 ^a (16.0)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	91.3±30.3 ^b	2.5±2.4 ^a (3.7)	41.7±28.0 ^a (41.2)	39.0±8.5 ^b (47.2)	N.D.	8.2±5.7 ^a (8.0)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	232.2±130.6 ^b	2.2±3.0 ^a (0.94)	23.3±31.9 ^a (8.2)	196.5±99.1 ^b (87.5)	N.D.	9.3±11.1 ^a (3.2)
	Water 20mL	33.6±10.9 ^a	N.D.	29.0±11.4 ^a (85.0)	N.D.	N.D.	4.6±1.8 ^a (15.0)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	112.3±67.1 ^b	N.D.	94.5±61.1 ^b (84.2)	N.D.	N.D.	17.8±8.8 ^a (17.9)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	273.7±71.9 ^b	0.41±0.38 ^{ab} (0.15)	34.7±26.7 ^a (11.6)	227.7±39.3 ^b (84.5)	N.D.	11.0±7.6 ^a (3.7)
Chicken	Water 10 mL	67.5±13.4 ^a	2.2±0.61 ^a (3.3)	43.3±13.6 ^a (64.2)	10.9±1.9 ^a (16.1)	N.D.	11.1±2.8 ^a (16.5)
	Saline10 mL (NaCl 2.5%)	81.3±24.8 ^a	N.D.	51.7±36.3 ^a (63.6)	9.7±6.2 ^a (12.0)	N.D.	19.9±14.0 ^{ab} (24.4)
	Saline 10 mL (NaCl 5%)	123.1±45.4 ^b	0.13±0.03 ^{ab} (0.11)	40.0±11.6 ^a (32.5)	66.6±19.2 ^b (54.1)	N.D.	16.4±5.5 ^a (13.3)
	Water 20mL	38.9±7.9 ^a	1.37±0.16 ^{ab} (3.5)	25.5±5.3 ^a (65.6)	6.4±0.58 ^a (16.5)	N.D.	5.6±0.47 ^a (14.4)
	Saline10 mL (NaCl 5%)	69.2±25.8 ^b	N.D.	47.0±21.9 ^a (67.9)	8.9±3.5 ^a (12.8)	N.D.	13.3±2.5 ^a (19.3)
	Saline 20 mL (NaCl 10%)	102.4±47.2 ^b	0.14±0.12 ^{ab} (0.14)	47.8±49.7 ^a (46.7)	37.9±19.2 ^{ab} (37.0)	N.D.	16.6±18.0 ^{ab} (16.2)

Each value represents the mean ± SD for duplicate analyses of three replications. Means in columns with different letters are significantly different from meat without NaCl (Water 10 mL) at P<0.05.

変異原性物質が含まれている^[9]。したがって、焦げ部分の減少に伴い、HCAs の生成が抑制した可能性が示唆された。

実際にHCAs類が食塩を添加して加熱調理した畜肉中に含まれているか LC/MS/MS を用いて測定した。その結果、各畜肉パティ全てにおいて、食塩を添加することにより、HCAs の生成が抑制されることが示唆された。この要因として、食塩を添加することで畜肉中のタンパク質が変性

し、その変性温度が上昇したことで、畜肉の温度上昇が緩和されたと考えられた。また、測定した 8 種類の HCAs の中で、Norharman 生成量が最も多く、次いで PhIP が多く生成した。IQ, MeIQ, Harman の生成が確認されたが、他の MeIQx, Trp-P-2 は確認されなかった。Norharman が最も多く検出された理由として、Norharman は Non-IQ タイプの HCAs の基本骨格であり、その中でも比較的低温で生成するからであると考えられた^[10]。さらに、PhIP, IQ 及び

MeIQx は畜肉を加熱した際に生成しやすいことが報告されており、本研究結果でも同様の結果が得られた^[10]。

食用油の高温加熱により、GEs 及び 3-MCPDEs が生成されることが報告されている^[11]。また当研究室では、畜肉パティの加熱調理により、GEs が生成することを明らかにしており、新たな摂取暴露源を明らかにした^[7]。さらに、魚肉を加熱調理すると、GEs に加え、畜肉では検出されなかった 3-MCPDEs が生成し、この生成に魚肉中の塩化物イオン(Cl⁻)の存在が関係していることが示唆された。

食塩を添加して加熱調理した各畜肉中の GEs 量を測定したところ、その生成量は減少した。これは、食塩の添加によって、加熱時の畜肉パティの温度上昇が抑制されたと考えられた。また、3-MCPDEs の生成量については、食塩の添加により増加したことから、3-MCPDEs の生成が促進されることが示唆された。GEs 及び 3-MCPDEs は畜肉中の脂質を起源物質としており、同じ中間体を経て生成することが報告されている。したがって、食塩を畜肉に添加することにより、塩化物である 3-MCPDEs の生成に反応が傾いたと考えられた。各畜肉における GEs 及び 3-MCPDEs の生成量が大きく異なった理由として、畜肉中の脂質量や水分量等の含有成分の違いであると考えられた。特に各畜肉中の脂肪酸組成が異なることから、脂肪酸由来の GEs 及び 3-MCPDEs の生成に影響したと示唆された。また、今回、使用した試料として挽肉を用いたが、用いられた動物部位の詳細は不明なことから、これも生成量の変動に関係していると思われる。

以上、本研究の結果より、畜肉に食塩を添加して加熱調理することにより、変異原性の誘導、及び HCAs, GEs, 3-MCPDEs の生成が抑制されることが明らかとなり、その要因として、食塩の持つ保水効果、タンパク質変性効果及び畜肉中含量による影響が示唆された。

5. 今後の課題

本研究では、食塩を畜肉に添加して加熱調理することで、変異原性や各種変異・発がん物質の生成が抑制されることを明らかにした。また、その作用メカニズムとして、食塩の保水効果や、タンパク質変性効果が理由として示唆された。しかし今回の研究では、食塩自体の変異・発がん性の誘導に関する直接的影響、またアクリルアミドや多環芳香族炭化水素 (PAH) 等の他の変異・発がん物質の生

成に対する影響を明らかにしていない。したがって、今後はこれらの点について、更なる研究を行う必要があると思われる。さらに詳細な検討を行うことで、食塩を用いた新たな使用法や調理法の開発を行いたいと考えている。

6. 文献

- [1] Muttucumaru, N., Powers, S., Elmore, J., Briddon, A., Mottram, D., Halford, N.: Evidence for the complex relationship between free amino acid and sugar concentrations and acrylamide-forming potential in potato. *Annals of Applied Biology*, **164**, 286-300 (2014).
- [2] Yao, Z., Li, J., Wu, B., Hao, X., Yin, Y., Jiang, X.: Characteristics of PAHs from deep-frying and frying cooking fumes. *Environmental Science and Pollution Research*, **22**, 16110-16120 (2015).
- [3] Puangsombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C., Smith, J.S.: Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. *Meat Science*, **90**, 739-746 (2012).
- [4] Sun, X., Tang, J., Wang, J., Rasco, B.A., Lai, K., Huang, Y.: Formation of advanced glycation endproducts in ground beef under pasteurisation conditions. *Food Chemistry*, **172**, 802-807 (2015). Weidenmaier C, Goerke C, Wolz C.: *Staphylococcus aureus* determinants for nasal colonization. *Trends Microbiol.*, **20**: 243-250 (2012).
- [5] IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Some Naturally Occurring Substances, Volume **56**, Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins (1997).
- [6] Inagaki, R., Hirai, C., Shimamura, Y., Masuda, S.: Formation of Glycidol Fatty Acid Esters in Meat Samples Cooked by Various Methods. *Journal of Food Processing & Technology*, **7(2)**, 557 (2016)
- [7] Frank, P., Patrick, B., Peer, F., Anne, F., Bertrand, M., Andrea, S.: On the necessity of edible oil refining and possible sources of 3-MCPD and glycidyl esters. *European Journal of Lipid Science and Technology*,

113, 368-373 (2011).

- [8] Ames, B.N., J. McCann and E. Yamasaki: Methods for detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella / mammalian - microsomal mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **31**, 347-364 (1975).22
- [9] Nagao M, Honda M, Seino Y, Yahagi T, Sugimura T: Mutagenicities of smoke condensates and the charred surface of fish and meat. *Cancer Lett.*, **2(4-5)**, 221-226 (1977).
- [10] Kato R.: Metabolic activation of mutagenic heterocyclic aromatic amines from protein pyrolysates.

Crit Rev Toxicol. **16(4)**, 307-348 (1986).

- [11] Frank, P., Patrick, B., Peer, F., Anne, F., Bertrand, M., Andrea, S.: On the necessity of edible oil refining and possible sources of 3-MCPD and glycidyl esters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **113**, 368-373 (2011).

7. 謝 辞

本研究は、公益財団法人ソルト・サイエンス研究財団平成 29 年度研究助成の支援を受けて行いました。ここに記して感謝致します。

Inhibitory Effects of Sodium Chloride on the Formation of Mutagens/Carcinogens and Expression of Genotoxicity during Cooking of Meat

Shuichi Masuda, Yuko Shimamura

University of Shizuoka, School of Food and Nutritional Sciences

Summary

This study was aimed at examining the effect of sodium chloride on the formation of toxic substances mutagens/carcinogens, such as heterocyclic amines (HCAs), glycidol fatty acid esters (GEs) and 3-monochloropropanediol fatty acid esters (3-MCPDEs) in cooked meat.

Sodium chloride was added to each meat (beef, pork and chicken) to be a final concentration of 2, 5 and 10% before forming meat patties. Each meat patty containing sodium chloride was heated for 6 minutes (each side for 3 minutes) by gas cooking. The lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*) and whiteness (W^*) of each cooked meat was measured by the color difference meter. Formed mutagens in cooked meat samples were extracted using a blue cotton-adsorption method. Mutagenicity of extracted samples was evaluated using the Ames test (TA 98, +S9 mix). The concentration of HCAs, such as Norharman, MeIQx, IQ, PhIP, Trp-P-2, MeIQ, MeA α C, Harman, in the cooked-meat extracts was determined using LC-MS / MS. After similarly cooked meat samples were lyophilized, lipids were extracted from samples by Soxhlet extraction with diethyl ether. The diethyl ether solution was evaporated to obtain lipids. Lipid samples were purified using a solid phase column. The concentration of 6 types of GEs and 6 types of 3-MCPDEs in the lipid samples were measured by LC-MS/MS.

The L^* and W^* of each cooked meat was decreased by the addition of sodium chloride. The addition of sodium chloride to meats reduced the mutagenicity of cooked samples. The concentrations of each HCA in cooked meats were decreased by the addition of sodium chloride. This is because the denaturation of protein and the water retention capacity in meat increased with the addition of sodium chloride. The concentration of GEs was decreased in cooked-meats with the addition of sodium chloride. However, the concentrations of 3-MCPDEs in cooked meats were increased. It is suggested that the formation of GEs and 3-MCPDEs was affected by the amount of lipids and water in the meat. GEs and 3-MCPDEs were generated from the same product intermediates from lipids. Therefore, it was suggested that the addition of sodium chloride tended to produce 3-MCPDEs rather than GEs. These results showed that the addition of salt to meat may inhibit the formation of mutagens in cooked meats.