塩漬した豚肉の食味に及ぼす煮熟条件の影響†

塚正泰之*・福本憲治*・峯岸 裕*・阿武尚彦**
赤羽義章**・安本教傳***

Effects of Cooking Temperature and Time on Some
Characteristics of Pork Sausage

(Studies on Curing of Comminuted Pork Part V)

Yasuyuki TSUKAMASA*, Kenji FUKUMOTO*, Yutaka MINEGISHI*,
Takahiko ANNO**, Yoshiaki AKAHANE** and Kyoden YASUMOTO***

* Central Research Institute, Marudai Food Co., Ltd.,
21-3 Midori-cho, Takatsuki, Osaka 569

** Food Research Laboratories, Nippon Shinyaku Co., Ltd.,
Nishioji-Hachijo, Minami-ku, Kyoto 601

*** Research Institute for Food Science, Kyoto University,
Gokasho, Uji, Kyoto 611

Effects of cooking temperature (55 to 80°C) and time (5 to 360 min) on chemical and sensory characteristics of pork sausage were investigated. The pH values, free amino acid levels, color characteristics and taste acceptance of pork sausage varied with the cooking temperature and time. The pH values of the pork sausage increased with cooking. The higher the cooking temperature, the more rapidly decreased the residual nitrite levels. Free amino acid levels increased on low-temperature cooking (55°C), while decreased on high-temperature cooking (80°C). The color characteristics of sausage added with nitrite were judged to be better than those without nitrite. Sensory scores were also affected by nitrite addition.

(Received Oct. 29, 1990)

ハム、ソーセージは生肉を整形、塩漬の後、煮熟工程を経て製品となる。著者らは、先に塩漬条件と風味発現の関係について調べ、風味の発現には、亜硝酸塩の使用が必須であること、また、塩漬温度、時間が大きく影響していることを認めた^{1)~4)}。

塩漬条件と同様、煮熟条件によっても、ハム、ソーセージの品質は左右される。塩漬工程を経た後、適切な温度と時間煮熟されたハム、ソーセージは、独特の風味が醸し出され、肉色は淡いピンク色を呈し、適度に肉汁を

含んだ柔らかいものとなる。この煮熟条件は、最近では高エネルギー型のスモークハウス開発によって、より高温で、より短時間化される傾向にある。しかし、煮熟処理にともなう塩漬肉の風味の変化について調べた研究報告例は少ない。

そこで、本研究では塩漬後の豚肉を用い、煮熟条件を変えてソーセージを調製し、食味や成分の変化に及ぼす煮熟条件の影響について調べた。

† 豚肉の塩漬に関する研究(第5報)(前報, 文献4)

* 丸大食品中央研究所(〒569 高槻市緑町21-3)

** 日本新薬食品技術研究所(〒601 京都市南区西大路通り八条下ル)

*** 京都大学食糧科学研究所(〒611 宇治市五ヶ庄)

実験方法

1. 材料

本実験では、屠殺後、5℃にて24時間冷蔵庫にて保存した豚枝肉からカットした可及的新鮮で肉質の良いロース肉を選んで用いた。

2. ソーセージ試料の調製

前報¹⁾記載の方法に従って、豚ロース肉のひき肉にピクルを加えて、5℃で所定の時間塩漬した。この塩漬肉を55℃、65℃、80℃にて所定の時間煮熟処理して、ソーセージ試料を調製した。亜硝酸ナトリウムを添加せずに調製したソーセージを比較対照として用いた。

3. 分析方法

(1) 官能検査

熟練したパネラー8名により、ソーセージ試料の食味の良否を20段階(+10~-10)で評価した。評価の基準には、塩漬開始直後の亜硝酸塩添加系の豚肉を65℃で30分間煮熟し調製したソーセージ試料を用い、これに+5の評点を与えた。

(2) 色度

ミノルタカメラ(株)製の色彩色差計 CR-100 型を用いて試料の断面の色度を測定した。

(3) その他

細菌数、pH、有機酸、残存亜硝酸根、遊離アミノ酸はいずれも前報¹⁾記載の方法によった。

実験結果

(1) 官能検査

55℃、65℃、80℃で所定の時間煮熟したソーセージの食味について官能検査した結果を Fig. 1 に示した。亜硝酸塩添加系を塩漬開始直後に煮熟して調製した(以下 C0 と略称)ソーセージの評点は、55℃、65℃、80℃で、それぞれ240分間、60分間、20分間の煮熟で最高値に達した。これらより長時間煮熟すると試料の評点はほぼ一定かやや低下する傾向にあった。亜硝酸塩無添加系では、55℃、65℃では、それぞれ120分間、60分間の煮熟で最も高い評点が得られたが、80℃では煮熟時間の延長にともなって加熱臭(レトルト臭)が強く感じられ、食味も低下した。

塩漬48時間後に煮熟して調製した(以下 C48 と略称)ソーセージについても、塩漬開始直後に煮熟したものと同様に、55℃での煮熟が最も高い評点を得た(Fig. 1B)。

食味の評点について有意差検定をしたところ、亜硝酸

Fig. 1 Changes in sensory scores of pork sausage cured with (solid symbols) and without (open symbols) nitrite at 5°C by cooking at 55°C (●, ○), 65°C (▲, △) and 80°C (■, □) for varied time

(A) not cured, (B) cured for 48 hours

塩無添加系では、C0ソーセージ、C48ソーセージ共に煮熟温度による違いを検出することができなかった。しかし、亜硝酸塩添加系のC0ソーセージでは、55℃で90分以上煮熟したものが、65、85℃で煮熟したものより有意に高い評点を与えた。C48ソーセージを65℃煮熟したものは、C0ソーセージと比較して食味の評価は高くなる傾向を示したが有意差は検出できなかった。

(2) 細菌数の変化

ソーセージ試料の調製に用いた塩漬開始直後の豚肉及び塩漬48時間後の塩漬肉の細菌数について測定した結果を Table 1 に示した。亜硝酸添加により、乳酸菌数、低温細菌数、酵母は1オーダー減少し、グラム陰性菌数は2オーダー減少した。また、塩漬中には生肉の細菌数は、先の報告¹⁾と同様に大きな変化がなかった。

(3) pH

55℃、65℃、80℃の煮熟処理にともなうC0及びC48ソーセージ試料のpHの変化を Fig. 2 に示した。亜硝酸塩添加系と無添加系を比較した場合、亜硝酸塩添加系の方が、前報¹⁾と同様、わずかにpHが高くなることが認められた。pHの上昇はC0の塩漬生肉よりもC48の塩漬生肉から調製したものの方が大きい傾向を示した。

亜硝酸塩添加系のC48塩漬生肉のpH上昇は65℃で煮熟した場合に大きかった。55℃で煮熟した場合の、

Table 1 Microbial counts of pork meat cured with and without nitrite at 5°C

	Standard plate count	Lactic acid bacteria	Psychrotrophic bacteria	Gram-negative bacteria	Yeast
With nitrite					
0 h	1.1×10^5	2.5×10^4	6.7×10^3	4.1×10^2	9.0×10
48 h	5.1×10^4	3.3×10^4	1.5×10^3	3.0×10^2	5.0×10
Without nitrite					
0 h	2.9×10^5	1.0×10^5	2.2×10^4	1.7×10^4	3.8×10^2
48 h	1.7×10^5	1.1×10^5	2.3×10^3	3.5×10^2	4.7×10^2

Fig. 2 The pH values of pork sausage cured for 0 (solid symbols) and 48 hours (open symbols) with (A) and without (B) nitrite at 5°C before cooking (★, ☆) and by cooking at 55°C (●, ○), 65°C (▲, △) and 80°C (■, □) for varied time

pH は煮熱初期には塩漬生肉に近かったが、煮熱時間の経過とともに上昇した。

(4) 乳酸含有量

Table 2 に煮熱後のソーセージ試料の乳酸含有量を示した。55°C の煮熱により乳酸含有量は若干増加する傾向を示したが、煮熱条件が乳酸含有量に及ぼす影響は小さかった。亜硝酸塩添加系と無添加系試料との間にも明瞭な差は認められなかった。

(5) 残存亜硝酸根量の変化

亜硝酸塩添加系 C0 及び C48 試料を 55°C, 65°C, 80°C で煮熱してソーセージとした時の残存亜硝酸根量を Fig. 3 に示した。残存亜硝酸根量は煮熱温度が高いほど煮熱時間の経過とともに速やかに減少した。また、C0 よりも C48 ソーセージの残存亜硝酸量が少な

かった。

(6) 色調の変化

55°C, 65°C, 80°C の各温度で煮熱した後のソーセージについて、その色調を観察した結果、亜硝酸塩添加系試料の色調は、赤味に富み、製品として好ましい色調であった。特に、55°C、煮熱区の試料はやや透明感のある鮮明な赤色を呈していた。一方、亜硝酸塩無添加系の試料の色調は好ましいものとはならなかった。55°C 煮熱区の色調は、黄色味を帯びたくすんだ赤色を呈していたが、65°C, 80°C では、煮熱温度の上昇とともに灰白色に近づいた。

試料の断面の色度 (L 値, a 値, b 値) を測定した結果を Table 3 に示した。L 値は、亜硝酸塩の添加、無添加にかかわらず、煮熱温度の上昇とともに上昇した。食肉製品の赤さの指標である a 値は、亜硝酸塩添加系で無添加系に加えて明らかに高かった。亜硝酸塩添加系の a 値は、65°C 煮熱区が最も高かった。無添加系では温度の上昇により、a 値は低下した。黄色味の指標となる b 値は、無添加系の方が添加系より高かった。また、添加系、無添加系いずれも煮熱温度が上昇するほど、b 値は上昇した。

(7) 遊離アミノ酸量の変化

Fig. 4 に C0 及び C48 の塩漬生肉を 55°C, 65°C, 80°C で煮熱した時のソーセージ試料中の遊離アミノ酸量の変化を示した。煮熱温度によって遊離アミノ酸量は大きく変化することが認められた。C48 の 55°C 煮熱区では、遊離アミノ酸量は塩漬生肉の約 2 倍に増加したが、65°C 煮熱区は、わずかな増加にとどまり、80°C 煮熱区では、逆に減少した。いずれの煮熱区においても煮熱時間の経過とともに、遊離アミノ酸量はわずかに減少する傾向が見られた。C0 ソーセージにおいても同様な傾向が認められた。また、各温度における変化は C0 よりも C48 ソーセージの方が大きかった。しかし、遊

Table 2 Changes in the lactic acid content of pork sausage cooked under different conditions (mg/g)

Cooking temperature and time	With nitrite		Without nitrite	
	not cured	cured for 48 h	not cured	cured for 48 h
Cooked at 55°C				
30min	9.9	9.6	9.6	9.3
60	9.6	9.9	9.0	9.7
90	9.8	10.1	9.3	9.9
120	10.1	10.2	9.1	10.2
240	10.6	10.3	8.9	10.2
360	10.2	10.5	9.1	10.1
Cooked at 65°C				
10	9.9	—	9.3	—
15	9.8	9.4	9.1	9.0
30	9.8	9.5	8.8	9.0
60	9.4	9.4	9.0	9.0
90	—	—	—	9.1
120	—	—	—	9.6
Cooked at 80°C				
5	—	9.4	—	9.8
10	9.7	9.0	8.7	9.3
20	9.6	9.0	8.7	8.8
30	8.9	9.6	9.0	9.7
45	9.7	10.4	8.8	9.7
60	9.6	9.0	9.7	9.3

Fig. 3 Residual nitrite levels in pork sausage cured for 0 (solid symbols) and 48 hours (open symbols) with nitrite at 5°C by cooking at 55°C (●, ○), 65°C (▲, △) and 80°C (■, □) for varied time

離アミノ酸量の変化に対する亜硝酸塩添加の影響はほとんど認められなかった。

特にデータは示さないが、煮熱時間の経過にともなって Glu 量が減少する傾向が認められた。しかし、他のアミノ酸には特異的な変化は認められなかった。

考 察

ハム、ソーセージの品質は塩漬条件ばかりでなく、煮熱条件によっても影響されると考えられる。本研究では、煮熱条件がソーセージの諸成分の変化や食味に与える影響について検討した結果、塩漬肉の煮熱温度によって、ソーセージの pH、残存亜硝酸根量、色調、遊離アミノ酸量、食味に違いの生じることを認めた。

肉の pH が加熱により上昇することはよく知られている⁶⁾⁷⁾が、塩漬肉を煮熱するとソーセージの pH は上昇した。HAMM⁷⁾は肉を加熱した時におこる化学的、物理的变化について詳細な実験を実施し、この pH の変化はタンパク質の変性にともなう分子の荷電や水素結合

Table 3 Color characteristics of pork sausage cooked for 60 min at different temperatures

		L	a	b
With nitrite	Not cured			
	Cooked at 55°C	63.4±0.273 ^{Ac}	7.9±0.19 ^{Ac}	2.6±0.058 ^{Ac}
	65°C	71.7±0.208 ^{Bc}	8.6±0.12 ^{Bc}	5.4±0.067 ^{Bc}
	80°C	74.1±0.404 ^{Cc}	8.4±0.088 ^{BCc}	5.2±0.19 ^{Bc}
	Cured for 48 hr			
	Cooked at 55°C	61.2±0.233 ^{Dc}	7.1±0.21 ^{Dc}	2.5±0.13 ^{Ac}
	65°C	72.8±0.186 ^{Bc}	8.4±0.33 ^{BCc}	4.7±0.088 ^{Cc}
	80°C	73.8±0.200 ^{Cc}	8.2±0.12 ^{ACc}	5.7±0.088 ^{BCc}
Without nitrite	Not cured			
	Cooked at 55°C	63.4±0.376 ^{Ac}	5.0±0.12 ^{Ad}	6.7±0.12 ^{Ad}
	65°C	71.9±0.0882 ^{Bc}	4.2±0.15 ^{Bc}	7.9±0.27 ^{Bd}
	80°C	76.6±0.116 ^{Cd}	2.2±0.058 ^{Cd}	8.2±0.22 ^{Bd}
	Cured for 48 hr			
	Cooked at 55°C	63.8±0.463 ^{Ad}	4.7±0.33 ^{ABd}	4.9±0.27 ^{Cd}
	65°C	72.6±0.463 ^{Bc}	4.3±0.15 ^{Bd}	7.5±0.21 ^{Bd}
	80°C	77.2±0.153 ^{Dd}	2.3±0.058 ^{Cd}	7.8±0.10 ^{Bd}

Values are means±SE (n=3).

^{ABCDE} Means with different superscripts within the same column are significantly different (p<0.05) for with and without nitrite, respectively.

^{cd} Means with different superscripts within the same column are significantly different (p<0.05); comparisons were made between the values for the same curing conditions and the same cooking temperature.

Fig. 4 Changes in the total free amino acid content in pork sausage cured with (solid symbols) and without (open symbols) nitrite at 5°C before cooking (★, ☆) and by cooking at 55°C (●, ○), 65°C (▲, △) and 80°C (■, □) for varied time

(A) not cured, (B) cured for 48 hours

量の変化に起因すると考えている。煮熟にともなう pH の上昇が、C0 よりも C48 の方が大きく、亜硝酸塩添加区ではさらに大きかった。このことは、塩漬、煮熟工程におけるタンパク質などの成分変化の程度を反映しているものと理解される。

製品の色調も、煮熟温度の影響を受けることが認められた。亜硝酸塩無添加系のソーセージ試料の色調は、黄色味を帯びたくすんだ赤色から灰白色を呈し、その色調は好ましいものではなかった。これに対し、亜硝酸塩添加系のソーセージの色調は赤味を帯びた好ましいものであった。

亜硝酸塩による肉の発色機構については古くから多くの研究が行われ⁸⁾、豚肉に添加された亜硝酸塩は、煮熟時に肉中もしくは添加した還元性物質の働きによって還元され酸化窒素となり、ミオグロビンと反応し、色調を安定化させると考えられている⁹⁾¹⁰⁾。著者らは、ソーセージ中の残存亜硝酸根量が、55℃、30 分間の煮熟でも他の温度に比べて、低レベルになることを観察した。このことは、亜硝酸根量の減少には、タンパク質による消費以外に肉中の酵素系¹¹⁾¹²⁾あるいは微生物が関与している可能性のあることを示唆している。

また、色調は、加熱温度とも関係があることが認められた。L 値は煮熟温度の上昇にともなって上昇した。この結果は、PALOMBO らの報告¹³⁾とも一致している。亜硝酸塩添加系での a 値は、65℃ 煮熟区が最も高く、次いで 80℃、55℃ 煮熟区の順であった。80℃ 煮熟区の a 値が 65℃ よりやや低かったのは、加熱色素の形成に、ミオグロビンやミオシン等の変性速度が関係しているためかもしれない。

食味について官能検査した結果、55℃ で煮熟した試料は、煮熟時間の経過とともに食味の評価は向上し、240 分で最も高くなることが認められた。65℃ で煮熟した試料の評価は、煮熟開始後短時間のうちに少し上昇し、その後、低下する傾向が認められた。また、80℃ では煮熟時間につれて低下することが認められた。これらのことから煮熟工程において、食味の向上をもたらすためには比較的低い温度でやや長時間の煮熟を行うことが重要であると考えられる。

試料中の遊離アミノ酸量も塩漬肉を煮熟する時の温度により大きく異なることが認められた。その遊離量は、55℃ で最も多く、温度が上昇するにつれて低下した。先の実験において、無菌化処理した豚肉を用いて塩漬した場合にも塩漬期間中に明らかに遊離アミノ酸の増加が認められたことから²⁾、煮熟による遊離アミノ酸量の増

加には、塩漬初期から肉に付着した微生物の酵素よりも、肉中の酵素の作用によるものと考えられる。筋肉に存在するプロテアーゼとして知られているカテプシン D は、pH 5.5、55℃ で 30 分の加熱後でもその活性の 43% が残存していることが報告されている¹⁴⁾。カテプシン D はエンド・プロテアーゼであるが、肉中のエキソペプチダーゼが煮熟中に作用する可能性は十分考えられる。そのため、酵素の失活がより大きくなると予想される 65℃、80℃ の煮熟に比較して、55℃ の煮熟ではその遊離量が多くなったのではないかと考えられる。80℃ の煮熟では、逆に遊離アミノ酸量の減少が認められ、官能的にもレトリト臭が感じられたことから、遊離アミノ酸やペプチドの分解反応が進行すると考えられる。

製品の風味の形成には種々の要因の関与が考えられる。例えば、自己消化酵素による呈味成分の増加、微生物による発酵生産物の寄与、また亜硝酸塩から生じた一酸化窒素と肉中の成分との反応生成物、アミノカルボニル反応による生成物などである。本研究では、官能検査の評点とソーセージ中の遊離アミノ酸量とは比較的良好に対応した関係が認められたことから、煮熟工程におけるアミノ酸の遊離反応は、食味形成の上で重要な反応だと考えられる。

塩漬開始直後と 48 時間塩漬後の肉について煮熟時の変化を比較したとき、塩漬した豚肉で遊離アミノ酸量の増大や pH の上昇が大きかった。このことから塩漬工程は肉の煮熟工程中に起きる変化を生じやすくさせているものだと考えられる。肉の整形、塩漬などの加工工程中に、細胞、特にリソソームの破壊が生じ、その中に存在する種々の酵素が活性化される。そして塩漬中にそれらの酵素による反応が進行する。この反応は低温での煮熟ではさらに促進されると考えられる。

以上のことから、煮熟工程の初期あるいは 55℃ のような低温での煮熟過程で進行する反応は、塩漬工程で進行する反応の延長と考えられる。65℃ 付近の煮熟では、タンパク質の凝固やアミノカルボニル反応などが進行し、一定時間までは食味の向上が認められるが、より高温での煮熟はこれらの反応が過度に進み、食味や風味の劣化を引き起こしやすいと考えられる。そのため、食味の向上をもたらすには、比較的低温度でやや長時間の煮熟を行うことが好ましいと考えられる。しかし、現在の食品衛生法の製造基準では、食肉製品はその中心部の温度を 63℃ 30 分またはこれと同等の殺菌効果を有する方法で行なわなければならないことが義務づけられている。著者らが得た知見を製造工程に応用するには問題があるが、

食肉加工技術の改善をはかる上で興味ある知見であろう。

要 約

ハム、ソーセージの品質は塩漬条件ばかりでなく、煮熟条件によっても影響されることから、煮熟条件がハム、ソーセージの諸成分や食味に与える影響について検討した。

塩漬肉を煮熟するときの温度、時間により、ソーセージの pH、残存亜硝酸根量、色調、遊離アミノ酸量、食味に種々の違いの生じることが認められた。

煮熟によりソーセージの pH は上昇した。残存亜硝酸根は温度に依存して速やかに減少した。ソーセージの色調は亜硝酸塩添加系で優れていた。

塩漬肉を 55℃、65℃、80℃ で煮熟を行なった結果、試料中の遊離アミノ酸量は、55℃ で最も多く、65℃ 以上では、加熱分解により減少することが認められた。

煮熟条件をかえて調製した試料の食味について、官能検査を実施した結果、亜硝酸塩使用の有無も食味の評価に影響を及ぼすことが認められた。

本研究の一部は、(財)小森記念財団の学術助成金の援助によった。記して感謝する。

文 献

- 1) 福本憲治・塚正泰之・朝井 大・藤間能之・赤羽義章・安本教傳：日食工誌, 36, 208 (1989).

- 2) 塚正泰之・福本憲治・藤間能之・赤羽義章・鈴木富久子・安本教傳：日食工誌, 36, 279 (1989).
- 3) 藤野正行・阿武尚彦・赤羽義章・藤間能之・安本教傳：日食工誌, 36, 286 (1989).
- 4) 阿武尚彦・藤野正行・赤羽義章・藤間能之・安本教傳：日食工誌, 37, 421 (1990).
- 5) 日本薬学会編：衛生試験法・註解 1980 (金原出版, 東京), p. 311 (1980).
- 6) PAUL, P.C., BUCHTER, L. and WIERENGA, A.: *J. Agric Food Chem.* 14, 490 (1966).
- 7) HAMM, R.: "The Physiology and Biochemistry of Muscle as a Food", BRISKEY, E.J. and TRAUTMAN, J.C. (Eds.) The University of Wisconsin Press, Madison, p. 363 (1966).
- 8) 永田致治：肉の科学, 16, 1 (1975).
- 9) Fox, J.B. Jr. and ACKERMAN, S.A.: *J. Food Sci.*, 33, 364 (1968).
- 10) Fox, J.B. Jr. and NICHOLAS, R.A.: *J. Agric. Food Chem.*, 22, 302 (1974).
- 11) WALTERS, C.L. and TAYLOR, A. McM: *Biochem. Biophys. Acta*, 96, 522 (1965).
- 12) WATTS, B.M., KENDRICK, J., ZIPSER, M.W., HUTCHINS B. and SALEH, B.: *J. Food Sci.*, 31, 855 (1966).
- 13) PALOMBO, R. and WIJNGAARDS, G.: *J. Food Sci.*, 55, 601 (1990).
- 14) DRAPER, A.M. and ZEECE, M.G.: *J. Food Sci.*, 54, 1651 (1989).

(平成 2 年 10 月 29 日受理)