乾燥肉のテクスチャーに及ぼす糖類の影響

松浦 基*・根岸晴夫*・吉川純夫*

Effects of Sugars on Texture of Dried Meat

Motoi MATSUURA*, Haruo NEGISHI* and Sumio YOSHIKAWA*

* Central Research Institute, Meiji Milk Products Co., Ltd.,
1-21-3, Sakae-cho, Higashimurayama-shi, Tokyo 189

In order to examine a role of added sucrose in texture of Chinese style dried pork, "nikukan", changes in the weight of sliced pork during drying and shear force values after drying were measured on the addition of various concentrations of sucrose or glucose. Stiffness of obtained dried pork decreased with an increase of the sugar concentration and its decrease was significant by sucrose. When sliced pork was dried at 50°C in the presence of various concentrations of sucrose or glucose, the weight of sliced pork decreased according to a first order reaction rate. A plot of the logarithmic rate constant versus the initial molarity of sugars give a straight line. The slope of the line for sucrose was steeper than that for glucose, indicating that sucrose was more effective than glucose to depress the drying rate of sliced pork. On the other hand, when a suspension of myosin B was heated in 0.16 M KCl at pH 5.5 and 50°C, its turbidity increased rapidly and reached a maximum value at the very early stage due to aggregation of myosin B. Addition of sugars depressed both the rate and the maximum value of turbidity. Such effect of sucrose was more pronounced than that of glucose. All the above results suggested that sucrose (added to sliced pork) contributed to softening of dried pork by drying uniformly the tissue due to retarding of its drying rate as well as by preventing muscle protein from excessive aggregation. (Received Sep. 7, 1989)

乾燥食肉（ジャーキーやサラミなど）に対する最近の消費傾向は、明らかにソフトな食感を有する食品が好まれる傾向にある。しかし、一般に市販されている国産、及び、米国産の乾燥食肉は非常に硬く、噛み切りにくい食感を有している。

ところで、“肉乾”は主に豚肉や牛肉を原料として台湾や中国で伝統的な手法で生産されている常温流通の乾燥食肉である¹⁾。肉乾は上述の乾燥食肉に比べて柔らかく、かつ、噛み切りやすい特有のテクスチャーを有しており、このような、柔らかく、噛み切りやすい乾燥肉製品は台湾や中国にしか見られない。肉乾がソフトなテクスチャーを有する原因が判明すれば、この方法を乾燥食肉に応用してソフトな商品を製造する事が可能と考えられる。しかし、肉乾については、食塩や砂糖の添加と水

分活性 (A_w) や保存性の研究例があるが²⁾³⁾、テクスチャーに関する研究は見られない。

本研究は肉乾の柔らかなテクスチャーの原因を解明し、ソフトな食感を有する乾燥食肉製品を製造するうえで必要な要因を解明する目的で行ったものである。

実験方法

1. 材料

原料肉は冷凍輸入豚肉（台湾産、そともも）を用いた。解凍後、脂肪、スジなどを除去し、厚さ 3 mm にスライスして実験に使用した。

ミオシン B は常法⁴⁾に従って、上記した冷凍輸入豚肉のモモ肉より調製し、0.16 MKCl, 20 mM Tris-maleate (pH 7.0) 溶液とした。

* 明治乳業株式会社中央研究所（〒189 東京都東村山市栄町 1-21-3）

2. 乾燥食肉試料の調製

食塩を 0.75%, ピロリン酸ナトリウムを 0.2% 含む基本ピクル液にシュクロース (0~75%), または、グルコース (0~75%) を添加してピクル液を調製した。スライスした豚肉に対し, このピクル液を 1/2 重量加え, 真空下で正転 10 分, 逆転 10 分, 停止 30 分, 合計 16 時間のマッサージを行った。このときの肉の pH は 5.25~6.05 だった。また, 肉中の糖含量と水分を測定し, 肉中の糖のモル濃度を計算した。マッサージ終了後の肉を金網の上に伸展し, 風速 1.43 m/sec, 50°C の条件下で乾燥に供した。

3. 分析方法

(1) 一般分析法

粗脂肪, 粗蛋白質, 食塩, 水分, 灰分, 及び, pH は常法により測定した。

(2) 糖類の定量法

グルコース, 及び, シュクロースの定量は酵素法 (ベーリンガー・マンハイム山ノ内(株), F-キット) を用いて行った。

(3) 硬さの測定法

乾燥食肉の硬さはレオメーター (不動工業(株)) で切断試験を行い, せん断力 (kg) を求めた。アダプターはカミソリ刃の背側を用いた。この値が小さいほど柔らかいことを示す。

(4) ミオシン B の濁度の測定法

ミオシン B は加熱すると凝集し, 懸濁液の濁度が増加する⁵⁾。これを筋肉蛋白質の熱凝集の一つの指標とした。即ち, 種々の濃度のシュクロース, または, グルコースを含む, 0.16 MKCl, pH 5.5 の条件下のミオシン B を 50°C の恒温セルに入れ, Hitachi-U-3200 を用い, 660 nm の吸光値の変化を記録した。

実験結果

1. 市販品の分析

横浜中華街で購入した肉乾の一般分析を行い, 結果を Table 1 に示した。これによると, 肉乾の水分は 16.79% であり, 一般に市販されているジャーキーとほぼ同様の値である。しかし, 炭水化物, 特に, 乾物 100 g 当たり 42.12 g もの多量のシュクロースが含まれることが特徴的であるように思われた。肉乾中の砂糖は水分活性を低下させ, 微生物の発育を抑制し, 肉乾の保存性を向上させる機能を有していると推定されている²⁾。同時に肉中にこれほど多量の異種材料が混入すれば, 肉は可塑性を増し, その結果, 柔らかなテクスチャーを有することが考えられた。もし, この推定が正しければ, シュクロース以外にも肉中に多量の適当な添加物を加えれば, 乾燥肉は可塑性を増し, 柔らかなテクスチャーに変化する可能性があると思われた。

2. 乾燥肉の硬さに及ぼす糖類の種類と添加量の影響

実験系として, 食塩 0.75%, ピロリン酸ナトリウム 0.2% を含む基本ピクル液にシュクロース (0~75%), または, グルコース (0~75%) を添加してピクル液を調製した。スライスした豚肉に対し, このピクル液を 1/2 重量加え, 真空下で正転 10 分, 逆転 10 分, 停止 30 分, 合計 16 時間のマッサージを行った。マッサージ終了後の肉を金網の上に伸展し, 風速 1.43 m/sec, 50°C の条件下に供した。

なお, 各々の肉の乾燥後の最終水分含量が約 18% になるように乾燥時間を調節した。

次いで, 乾燥肉の硬さ, 乾燥肉中の糖含量を測定し, 両者の関係を Fig. 1 に示した。

グルコースを添加した場合には肉中のグルコース含量が増加するに伴って乾燥肉のせん断力は若干減少し, 乾燥肉が若干柔らかくなることを示していた。一方, シュ

Table 1 Chemical composition of Chinese style dried pork "Nikukan"

Chemical composition (%)		Carbohydrate composition		
Water	16.79			
Protein	35.05			
Fat	7.18			
Carbohydrate	37.24	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; font-size: 3em; line-height: 1;">{</div>	(%)	(g/100 g dry)
Ash	3.40		Glucose	0.17
Others	0.34		Sucrose	35.05
Sum	100.00		Others	2.02
			Sum	44.75

Fig. 1 Effects of glucose (Δ) and sucrose ($\circ$) contents on dried pork stiffness

Sliced pork was massaged with 1/2 weight of a pickling solution containing 0.75% salt, 0.2% sodium pyrophosphate, and various concentrations of sugars. Then they were dried until their moisture content decreased to 18%. After drying process, shear force values and sugar contents of dried pork was measured.

クロースを添加した場合には、肉中のシュクロース含量が増加するにつれて乾燥肉のせん断力は大幅に減少し、乾燥肉はシュクロースを添加しない場合に比べて約1/2の硬さになることを示していた。同じ糖含量でグルコースとシュクロースを比較すると、シュクロースの方がグルコースよりも乾燥肉を柔らかくする度合いが大きいことを示していた。

従って、肉乾が柔らかいテクスチャーを有する原因は単に砂糖という大量の異質材料が肉中に混入した為ばかりではなく、添加する糖類の種類と添加量によって大きな影響を受けた結果であると推定された。

加熱・乾燥によって肉が硬化する原因は、(1)乾燥速度が速い為の表面硬化、(2)蛋白質の不可逆な凝集体形成による硬化。などが考えられている⁶⁾。そこで、乾燥速度に着目してシュクロースとグルコースの差異が生じた原因を検討した。

3. 乾燥中の肉の重量減少に及ぼすシュクロースの添加効果

ピクル液に混合したシュクロースの濃度を種々に変化させてマッサージを行ない、肉中のシュクロースのモル濃度を变化させた肉の50℃での乾燥中の重量の減少を測定し、Fig. 2に示した。なお、肉中のシュクロースのモル濃度はマッサージ済みの肉の一部を取りだし、シュクロース含量と水分含量を測定して計算した。

シュクロースを添加しない場合は、乾燥時間の経過と

Fig. 2 Time-dependent changes in weight of sliced pork in the presence of various concentrations of sucrose during drying at 50°C

Sliced pork was massaged with 1/2 weight of a pickling solution containing 0.75% salt, 0.2% sodium pyrophosphate and various concentrations of sucrose. Immediately after massaging, sucrose and moisture content was measured for each massaged raw pork. They contained 0 (Δ), 0.73 ($\circ$), 1.60 ($\square$), and 2.40 M (∇) sucrose. Then they were dried at 50°C. At appropriate intervals, their weight was measured.

共に、肉の重量は速やかに減少した。しかし、肉中の初発シュクロースの添加濃度が増すにつれて、重量の減少は遅くなることが示された。

次に、Fig. 2の縦軸を自然対数に変換してプロットし直し、Fig. 3に示した。これによると、いずれの場合も乾燥時間と重量の自然対数の間には直線関係が成立した。従って、今回行った乾燥条件下では、シュクロースの存在の有無に拘らず、重量は一次反応に従って減少することが示された。また、肉中の初発シュクロース濃度が増加するに従って、直線の勾配は緩やかになり、重量の減少速度が低下することを示していた。そして、この直線の勾配から重量の減少速度が算出可能であった。なお、図示はしないが、乾燥を途中で停止した後再度50℃で乾燥を行い、同時に重量の減少速度を測定すると、乾燥の停止前後では重量の減少速度に差がなかった。従って、Fig. 3で得られたシュクロースの添加による重量減少速度の遅滞は、シュクロースが混入した為に肉中の水分が相対的に減少し、その結果、重量の減少速度が遅くなったのではなく、シュクロースが肉中の水に対してなんらかの影響を及ぼした結果であると推定された。

Fig. 3より各々の直線の勾配(重量の減少速度定数

Fig. 3 First-order plots of the decrease in the weight of sliced pork containing various concentrations of sucrose during drying at 50°C

The values of ordinates of Fig. 2 was converted into natural logarithm. Symbols were the same as in Fig. 2; 0 (Δ), 0.73 ($\circ$), 1.60 ($\square$), and 2.40 M (∇) sucrose.

Fig. 4 Logarithmic plots of the apparent rate constants for the decrease in weight of sliced pork as a function of sugar concentration

The same data shown in Fig. 3 were used to illustrate this figures. (Δ) glucose, ($\circ$) sucrose.

と呼び、以後、 k_D と略す。)を算出し、肉中のシュクロース濃度に対してプロットした。また、同様の実験をグルコースを用いて行い、その結果も合わせて Fig. 4 に示した。

添加した糖の種類に関係無く、シュクロース、及び、

Fig. 5 Effect of glucose (left) or sucrose (right) on the heat-induced changes in turbidity of pork myosin B suspensions (0.16 M KCl, 20 mM Tris-maleate (pH 5.5)) containing 0 ($\circ$), 0.5 (Δ), and 1.0 M ($\square$) each sugar at 50°C

グルコースの両者の場合とも糖濃度の増加に伴って k_D は小さくなった。また、糖濃度と k_D の対数値の間には直線関係が成立した。この直線の傾きから、糖 1 モル当たりの k_D の減少度合い (e 値と仮称する) が算出可能であったが、その値は、シュクロースの場合は $e_S = 0.23$ 、グルコースの場合は $e_G = 0.10$ となった。この結果は、シュクロースとグルコースの両者を同じモル濃度で比較すると、シュクロースはグルコースよりも重量の減少速度を減速させる度合いが大きい事を意味している。

従って、肉乾が柔らかいテクスチャーを有する原因は、単に肉中に大量のシュクロースが添加された為でなく、シュクロースの方がグルコースよりも乾燥の速度を低下させ、均一な乾燥を行いやすくして、表面硬化を防止した結果ではないかと推定した。

4. ミオシン B の濁度形成に及ぼす糖類の防止効果

次に、ミオシン B 懸濁液 (0.16 M KCl, pH 5.5) に種々の濃度の糖を添加し、50°C で加熱処理を行い、経時的に濁度を測定し、Fig. 5 に示した。

いずれの条件下でも、ミオシン B の濁度は加熱によって急激に増加した後、漸増する傾向を示したが、糖類の添加によって増加の速度と最大到達濁度は減少する傾向を示した。また、濁度の増加速度と最大到達濁度に及ぼすシュクロースとグルコースの効果を同じ濃度で比較すると、何れの場合もシュクロースの効果の方がグルコースのそれよりも大きいことが示された。

この結果は、シュクロースは加熱による蛋白質の凝集

体形成をグルコースよりも阻害すること、及び、形成した凝集体の大きさもシュクロースの方がグルコースの場合よりも小さいことを示唆している。従って乾燥食肉の場合、シュクロースを添加した方がグルコースを添加するよりも、凝集体形成に伴う肉の硬化を防止できる為に、柔らかいジャーキーができることを示唆していた。

考 察

上平らは、球状蛋白質の熱変性に対する糖の変性防止効果を研究し、糖の分子内には equatorial に配向した OH 基が存在し、ピラノース環中の隣り合った C 原子と結合している (OH)_{eq} の O···O 間の距離 (2.86×10^{-10} m) は水の正四面体構造の最近接距離 (2.9×10^{-10} m) と一致していること、また、糖を水に溶かすと水の構造に入り込んで (OH)_{eq} は水分子と置き換わり、他の水分子と水素結合して、糖の周囲の水の構造を安定化すると説明している。さらに、このような反応機構は変性反応のみならず、水を介した多くの反応に当てはまることを報告している⁷⁸⁾。

また、大泉らは、サバ筋原繊維蛋白質の Ca-ATPase 活性の加熱変性に対する糖類の変性防止効果を定量的に算出し、 E 値として報告しているが、彼らの結果もシュクロースの変性防止効果はグルコースのそれよりも大きい ($E_S=0.77$, $E_G=0.67$) ことを示している。彼らは、糖類の変性防止効果は糖類が水の構造を安定化し、その結果として、蛋白質の変性が抑制されること、及び、変性防止の度合いは糖類の種類によって異なるが、これは糖の種類による水の構造の安定化の度合いが異なる為であると推定している⁹⁾。

乾燥中の肉の重量の減少速度を測定した本実験の結果も重量の減少速度の減速度合いはシュクロースの方がグルコースの場合よりも大きく ($e_S=0.23$, $e_G=0.10$)、大泉らの結果と一致する。ただし、各々の E 値に比べ、 e 値が小さいこと ($e_S/E_S=0.30$, $e_G/E_G=0.15$)、及び、シュクロースの場合とグルコースの場合の両者の比率に二倍の差異 ($E_S/E_G=1.15$, $e_S/e_G=2.30$) が認められる点が乾燥反応の特徴であると推定される。

しかし、添加糖濃度と重量の減少速度の対数値との間に直線関係が成立し、その直線の勾配が糖の種類によって異なる事実は、各々の糖が肉中の水の構造を安定化させること、及び、安定化する度合いは添加する糖の種類と濃度によって影響されることを示唆している。従って、柔らかい乾燥食肉を製造する為には添加する糖の種類と濃度が大切な要因であると思われる。

しかしながら、乾燥中の反応は水の減少に伴って糖類の濃縮が起こる反応であり、大泉らの研究結果を単純に当てはめて良いものかどうかは、今後の研究課題である。

蛋白質の凝集 (Fig. 5) と乾燥中の重量の減少 (Fig. 3) の結果を比較すると、蛋白質の凝集は、いずれの場合にも乾燥の極めて早い時期に終了しており、この間の肉の重量変化は 10% 未満である。従って、肉中に添加した糖類は、まず肉中の水の構造を安定化させ、加熱による蛋白質の巨大凝集体の形成を防止することに優先的に作用し、次いで、均一で細かい凝集体の中から安定化した水を除去する速度を低下させ、これによって均一な乾燥が可能となり、乾燥肉は柔らかいテクスチャーになるものと推定している。この点については現在さらに検討を続けている。

また、Fig. 5 に示した実験結果についての速度論的な解析、及び、定量的な解析は現在検討中であり、これについては次報で述べる予定である。

以上の結果より、柔らかい食感を有する乾燥食肉を製造する為には、本実験で用いたシュクロースのように重量減少速度の減速度合いが大きく、かつ、加熱による筋肉蛋白質の凝集体形成を阻害するような物質を添加することが必須のように思われる。

ただし、シュクロースの場合には甘味が強く、乾燥肉が甘くなる欠点がある。事実、柔らかい食感を有する“肉乾”はかなり甘い。従って、上述した特性を有しながら甘味の少ない糖、もしくは、糖アルコールなどの変性防止剤を使用すれば、甘味が少なく、かつ、柔らかい食感を有する乾燥食肉が製造可能であると思われた。事実、この知見に立って著者らは既に、甘味が少なく、かつ、柔らかい食感を有した乾燥食肉を試作した。

要 約

肉乾中に含まれる高濃度のシュクロースがテクスチャーにどのような影響を及ぼしているかを知るために、豚モモ肉のスライス肉に種々の濃度のシュクロース及びグルコースを添加して、乾燥中の重量変化と乾燥後の乾燥肉の硬さを調べた。乾燥肉の柔らかさは、肉中に多量の糖類を添加した為ばかりではなく、添加した砂糖の種類によって影響を受けることが明らかとなった。

乾燥中の肉の重量の減少は一次反応に従っていたので乾燥速度の算出が可能であった。また、乾燥速度とモル濃度の間には直線関係が成立した。この直線の勾配から、シュクロースはグルコースに比べて乾燥中の肉の重量減少速度をより大きく減速させることが示された。

加熱によってミオシン B の濁度は急速に増加し、凝集体の形成を示唆したが、糖類は生じる凝集体の形成速度と度合いも減少させた。ただし、両指標とも、シュクロースの効果はグルコースのそれよりも大きかった。

以上の結果から、肉乾中のシュクロースには、乾燥速度を減少させ、均一な乾燥を行いやすくし、加熱による凝集体形成を阻害する作用がある為に、乾燥肉は柔らかいテクスチャーを有するものと推定した。

本論文を投稿するにあたり、懇切丁寧な助言を頂いた日本獣医畜産大学の沖谷教授に深謝いたします。また、“肉乾”の分析をお手伝い頂いた当研究室の田島由美子さん、立原由紀さんに感謝いたします。

文 献

- 1) CUANG, S.H.: Chinese Snacks Wei-Chuan

Cooking Book (Wei-Chuan Publishing Company Ltd.), p. 154 Taipei, Taiwan (1968)

- 2) OCKERMAN, H.W. and KUO, J.C.: *J. Food Sci.*, **47**, 1631 (1982).
- 3) KUO, J.C. and OCKERMAN, H.W.: *J. Food Sci.*, **50**, 1384 (1985).
- 4) EBASHI, S. and EBASHI, F.: *J. Biochem.*, **55**, 604 (1964).
- 5) YASUI, T., KAWAKAMI, H. and MORITA, F.: *Agric. Biol. Chem.*, **32**, 225 (1968).
- 6) 天野慶之: 食肉加工ハンドブック, p. 461 (光琳, 東京) (1980).
- 7) 上平初穂: 繊維と工業, **37**, 436 (1981).
- 8) 上平 恒: 化学, **36**, 257 (1981).
- 9) 大泉 徹・橋本浩二・小倉潤子・新井健一: 日水誌, **47**, 901 (1981).

(平成元年 9 月 7 日受理)

新 刊 紹 介

Water and Food Quality

T.M. HARDMAN 編

水分は食品の品質及び特性に深いかかわりを持っている。本書は水と食品に関する系統的な解説ではなく、関連するいくつかの事象を選んで、それらを新しい文献を主体として解説したものである。1. 食品品質と水分活性, 2. 食品の脱水, 3. 低水分食品の特性の説明, 4. たんぱく質と水との関連, 5. 低水分系における酵素の動向, 6. たんぱく質-安定エマルジョンとそれらの性質, 7. ゲル構造と食品バイオポリマー, 8. 水による肉質と食品品質, 9. 菓子製品への応用, 10. ビタミンの安定性に対する水分活性の影響, 以上の 10 章からなっている。

(Ts)

23 × 15 cm, 370 頁, 1989 年, 53 ポンド

Elsevier Applied Science Publishers,
London and New York